

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 142**

51 Int. Cl.:

**H02K 7/11** (2006.01)

**H02K 9/06** (2006.01)

**H02K 49/10** (2006.01)

**H02K 9/14** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2020 E 20205175 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024 EP 3817201**

54 Título: **Motor de tracción eléctrica para vehículo**

30 Prioridad:

**04.11.2019 FR 1912346**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.12.2024**

73 Titular/es:

**ALSTOM HOLDINGS (100.0%)  
48 rue Albert Dhalenne  
93400 Saint-Ouen-sur-Seine, FR**

72 Inventor/es:

**BOUALEM, BENALI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 992 142 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**

Motor de tracción eléctrica para vehículo

La presente invención se refiere a un motor de tracción eléctrico para un vehículo, así como a un vehículo ferroviario que comprende dicho motor.

5 La invención se refiere al campo de los vehículos con tracción eléctrica o híbrida, en particular a los vehículos ferroviarios con tracción eléctrica, tales como un tren, un tranvía o un metro.

El documento JP2013211949A describe un motor eléctrico con un reductor magnético que transmite movimiento desde un eje giratorio a un ventilador externo.

10 El documento US6661144B1 describe un motor eléctrico autoventilado, con un limitador de velocidad de deslizamiento electromagnético, dispuesto entre una rueda de ventilación y un eje del motor.

El documento CN109415070A describe una unidad de actuación para un vehículo tractor, que comprende un motor eléctrico de alta velocidad alimentado por un convertidor electrónico de potencia, una caja de cambios y un acoplamiento mecánico acoplado a una rueda o conjunto de ruedas.

15 Se conoce la realización de un tren cuya propulsión se realiza mediante varios motores eléctricos autoventilados. Cada motor eléctrico incluye un rotor y un estator, así como un ventilador unido al extremo del eje del rotor. Cuando el rotor gira con respecto al estator, el ventilador ventila el motor para enfriarlo. Esto asegura que, cuando el motor está en funcionamiento, esté necesariamente ventilado, asegurando su propia ventilación, siendo accionada directamente la hélice de ventilación por el rotor. Por ejemplo, se espera que los motores sean asíncronos con una potencia nominal de aproximadamente 450 kW (kilovatios). Los motores asíncronos generalmente están diseñados para alcanzar una velocidad máxima de rotación del rotor de alrededor de 4500 revoluciones por minuto. Por tanto, un motor de este tipo probablemente pese, por ejemplo, unos 700 kg (kilogramos).

20 En aras de la eficiencia energética, planeamos equipar los nuevos trenes con motores con velocidades de rotación más altas, para obtener una mejor relación potencia/masa. Por ejemplo, un motor asíncrono con una potencia nominal de unos 450 kW y diseñado para alcanzar una velocidad máxima de 10.000 revoluciones por minuto puede pesar unos 400 kg, lo que supone una reducción de masa de unos 300 kg, a igual potencia, respecto a motores diseñados para operar a 4500 revoluciones por minuto.

25 Es necesario prever un medio de ventilación para estos motores de alta velocidad. Sin embargo, debido a la alta velocidad de rotación, proporcionar una hélice de ventilación fijada al rotor genera un ruido significativo durante el uso. Además, proporcionar medios de ventilación mecánicamente independientes del rotor es más complejo y no garantiza que la ventilación se realice necesariamente cuando el rotor gira.

30 La invención tiene como objetivo, en particular, resolver los inconvenientes de la técnica anterior antes mencionados y proponer un nuevo motor de tracción eléctrico para un vehículo que, si bien está autoventilado, es particularmente silencioso cuando su rotor gira a alta velocidad.

El objeto de la invención se define en la reivindicación 1.

35 Una idea que subyace a la invención es someter la rotación del ventilador a la del rotor a través del reductor magnético, para obtener la autoventilación del motor por el ventilador, girando el ventilador a una velocidad inferior a la del rotor. De este modo se reduce el ruido del motor a alta velocidad de rotación del rotor. El reductor magnético en sí es silencioso, especialmente en comparación con un reductor mecánico de tren de engranajes. Además, el reductor magnético tiene una alta eficiencia mecánica, es fácil de adaptar a los motores existentes y es fácil de mantener, en particular porque no requiere lubricación.

40 Según otras características ventajosas de la invención, tomadas individualmente o en combinación:

- el reductor magnético está construido de manera que las cantidades  $p_1$ ,  $n_2$  y  $p_3$  verifiquen la siguiente relación:

$$[\text{Math 1}] \quad n_2 = p_1 + p_3.$$

- la corona exterior es la corona impulsora, que está fijada con respecto al ventilador; la corona intermedia es la corona del estator, que está fijada con respecto al estator; y la relación de reducción se escribe

$$[\text{Math 4}] \quad R = \frac{w^5}{w^3} = -k$$

con  $[\text{Math 2}] \quad k = \frac{p_1}{(p_1 - n_2)} = -\frac{p_1}{p_3}.$

- la corona exterior es la corona del estator, que está fijada con respecto al estator; la corona intermedia es la corona impulsora, que está fijada con respecto al ventilador; y la relación de reducción se escribe

$$[\text{Math 3}] R = \frac{w5}{w3} = -\frac{k}{(1-k)}$$

con

5

$$[\text{Math 2}] k = \frac{p1}{(p1-n2)} = -\frac{p1}{p3}$$

- el rotor comprende un eje de rotor, que es coaxial con el eje principal, que gira a la velocidad  $w3$  cuando el rotor gira a la velocidad  $w3$ , y que soporta el ventilador a través de un cojinete de rodamientos, siendo el ventilador giratorio con respecto al rotor alrededor del eje principal.

10 La invención se refiere también a un vehículo ferroviario que comprende un motor como el definido anteriormente, garantizando el motor la tracción del vehículo ferroviario.

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo y realizada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

[Fig. 1] la figura 1 es una sección longitudinal parcial esquemática de un motor eléctrico según una primera realización, que se proporciona con fines ilustrativos pero que no corresponde a la invención;

15 [Fig. 2] la figura 2 es una sección longitudinal parcial esquemática de un motor eléctrico según una segunda realización, que se proporciona con fines ilustrativos pero que no corresponde a la invención;

[Fig. 3] la figura 3 es una sección longitudinal parcial esquemática de un motor eléctrico según una tercera realización según la invención;

20 [Fig. 4] la figura 4 es una sección longitudinal parcial esquemática de un motor eléctrico según una cuarta realización según la invención; y

[Fig. 5] la figura 5 es una vista frontal esquemática de un reductor magnético capaz de equipar los motores eléctricos de las figuras anteriores.

Para la primera realización, la figura 1 ilustra un motor de tracción eléctrico para un vehículo, es decir, un motor que activa, solo o en cooperación con otros motores, la conducción del vehículo.

25 El vehículo en cuestión es preferiblemente un vehículo ferroviario, que comprende uno o más motores como el ilustrado en la figura 1. El vehículo ferroviario puede ser un tren, tal como un tren de alta velocidad, o también ser un tranvía o un metro. Alternativamente, el motor se puede utilizar para un vehículo no ferroviario, por ejemplo un vehículo de carretera.

30 El motor eléctrico comprende esencialmente un estator 1, un rotor 3, un ventilador 5 y un reductor magnético 7. En la figura 1, estos elementos están representados parcialmente. El motor define un eje principal X1, que está fijo con respecto al estator 1.

El estator 1 es una parte fija del motor, que está destinada a fijarse al chasis del vehículo. El rotor 3 está destinado a estar unido mecánicamente a las ruedas del vehículo para provocar su rotación con el fin de hacer rodar el vehículo.

35 El estator 1 comprende una carcasa 11, atravesada por el eje X1, y un devanado de estator 12, alojado enteramente en el interior de la carcasa 11, y que presenta ventajosamente una forma anular coaxial con el eje X1. El devanado del estator 12 constituye aquí un inductor del motor. A través de la carcasa 11 se fija el estator 1 al chasis del vehículo.

40 Por ejemplo, la carcasa 11 comprende una pared trasera 16, atravesada por el eje X1. La pared 16 incluye opcionalmente una abertura centrada en el eje X1. Ventajosamente, la carcasa 11 comprende una pared frontal 17, atravesada por el eje X1 y que tiene una abertura centrada en el eje X1. La carcasa 11 comprende ventajosamente una pared periférica 19, de forma anular, coaxial con el eje X1, que conecta la pared frontal 17 con la pared trasera 16 para cerrar la carcasa 11.

El estator 1 comprende preferiblemente una brida 13, dispuesta fuera de la carcasa 11, ventajosamente en el lado de la pared frontal 17. La brida 13 tiene por ejemplo una forma anular coaxial con el eje X1, aquí una forma de corona, de modo que proporcione una abertura 14 para la circulación del aire de ventilación 23. La abertura 14 está ventajosamente centrada y atravesada por el eje X1.

45 El estator 1 comprende preferentemente un faldón 15, de forma anular coaxial con el eje X1, que se extiende hacia la pared trasera 16 desde la brida 13.

Preferiblemente, la brida 13 y, si se proporciona, el faldón 15, están unidos fijamente a la carcasa 11, mientras se

mantienen alejados de las paredes 17 y 19, mediante cualquier medio apropiado, incluyendo, por ejemplo, orejetas de fijación. Una pared externa del estator 1, formada por la brida 13 y el faldón 15, y una pared interna del estator 1, formada por las paredes 17 y 19 de la carcasa 11, forman ventajosamente una doble piel y proporcionan entre ellas una superficie anular. conducto 21, que comienza en la abertura 14 y termina en una abertura anular 20 formada en el extremo opuesto del faldón 15 alrededor de la pared 19. Durante el uso, el aire de ventilación circula dentro del conducto anular 21 según las flechas 23, desde la abertura 14 a la abertura 20, para ventilar el motor, en particular para ventilar el contenido de la carcasa 11, en particular el devanado 12 del estator. La abertura 14 es aquí una abertura de entrada de aire, mientras que la abertura 20 es una abertura de descarga de aire.

El rotor 3 puede girar con respecto al estator 1 alrededor del eje X1.

Preferiblemente, el rotor 3 comprende un eje de rotor 31, que es coaxial con el eje X1.

Ventajosamente, el rotor 3 atraviesa la carcasa 11 según el eje X1, de manera que el eje del rotor 31 atraviesa la carcasa 11, atravesando al menos la abertura formada por la pared 17. Por lo tanto, un extremo axial 33 del eje 31 emerge de la carcasa 11 a través de la pared 17. Preferiblemente, el extremo 33 no se extiende más allá de la brida 13.

En este caso, el eje 31 también pasa a través de la abertura formada por la pared 16. Por lo tanto, un extremo axial 34 del eje 31 sale de la carcasa 11 a través de la pared 16.

El eje del rotor 31 está soportado por la carcasa 11, de manera que pueda girar con respecto a la carcasa 11 alrededor del eje X1. Para ello, por ejemplo, la abertura de la pared 17 incluye un cojinete con elementos rodantes 25 centrados en el eje X1. Si el eje 31 pasa también a través de la pared 16, en particular a través de la abertura antes mencionada de dicha pared 16, dicha abertura comprende entonces también un cojinete con elementos rodantes 24, centrados en el eje X1. Cada cojinete 24 y 25 soporta el eje 31 con respecto a la carcasa 11 al tiempo que permite la rotación alrededor del eje X1. Es a través del eje 31 que el rotor activa la rotación de las ruedas del vehículo.

Dependiendo del tipo de motor, el rotor 3 comprende un imán de rotor permanente 32, un devanado de rotor o una jaula de rotor, que se fija con respecto al eje 31 al estar montado alrededor del eje 31. El imán de rotor permanente 32, el devanado o la jaula del rotor constituye el inducido del motor. En este caso, el motor es preferentemente un motor de imán permanente, de modo que el inducido del rotor es un imán permanente del rotor. Preferiblemente, se elige un motor síncrono de imanes permanentes. Alternativamente, se podría elegir un motor asíncrono u otros tipos de motores eléctricos.

El inducido 32 está dispuesto completamente dentro de la carcasa 11, estando centrado en el eje X1, y estando rodeado radialmente por el devanado del estator 12. Cuando se suministra energía eléctrica al motor, se suministra energía eléctrica al devanado del estator 12, lo que induce una rotación del inducido del rotor 32, alrededor del eje X1 respecto de un devanado del estator 12. En el caso donde se tenga que el inducido del rotor 32 esté formado por un devanado del rotor puede ser necesario suministrar también energía eléctrica al inducido del rotor 32, para que se induzca la rotación.

Más generalmente, una alimentación eléctrica al motor provoca una rotación del rotor 3 con respecto al estator 1 alrededor del eje X1.

El motor eléctrico está diseñado de modo que, en uso nominal del motor, o para uso del motor a velocidad de crucero, el rotor 3 gira a una velocidad  $w_3$  con respecto al estator 1 alrededor del eje X1, que puede describirse como "velocidad nominal". La velocidad  $w_3$  es preferentemente igual a aproximadamente 10.000 revoluciones por minuto. Esta velocidad  $w_3$  se consigue suministrando energía eléctrica al motor, en estado estacionario, bajo carga de tracción del vehículo. El motor eléctrico se puede denominar motor eléctrico de tracción de alta velocidad. De manera más general, se espera que la velocidad  $w_3$  sea superior a 5.000 revoluciones por minuto, y preferiblemente superior a 9.000 revoluciones por minuto.

Cuando el rotor 3 está a la velocidad  $w_3$ , el eje 31 y el inducido 32 también están a esta velocidad  $w_3$ .

También se espera que el estator 1 y el rotor 3 estén diseñados ventajosamente de manera que el motor tenga una potencia entre 50 kW y 2000 kW, preferiblemente entre 100 kW y 1000 kW. Preferiblemente se espera una potencia superior a 500 kW. Esta es la potencia mecánica nominal desarrollada por el motor.

El accionamiento de las ruedas del vehículo por el motor para el rodaje se realiza ventajosamente a través del extremo 34, que está conectado a dichas ruedas mediante una transmisión mecánica o cualquier medio apropiado.

Como se ilustra en la figura 1, el ventilador 5 forma una rueda de ventilación, que incluye, por ejemplo, aspas. En el ejemplo ilustrado, se espera que el ventilador 5 forme una rueda de ventilación centrífuga.

El ventilador 5 está montado preferentemente en el extremo 33 del árbol 31 mediante un cojinete 37, preferentemente un cojinete con elementos rodantes. En consecuencia, el ventilador 5 puede girar con respecto al rotor 3 alrededor del eje X1, y por tanto con respecto al estator 1. Axialmente, el ventilador 5 está preferentemente dispuesto entre la brida 13 y la carcasa 11, en particular la pared 17 de la carcasa 11, como se muestra en la figura 1, de modo que el ventilador

5 está protegido del exterior por la brida 13.

5 Cuando gira con respecto al estator 1, el ventilador 5 pone en circulación el aire de ventilación según las flechas 23. La rotación del ventilador 5 provoca por tanto la ventilación del motor, en particular de la carcasa 11, con el fin de enfriarlo. En el presente ejemplo, el aire de ventilación es aspirado axialmente por el ventilador 5 a través de la abertura 14, entregando el ventilador radialmente (con respecto al extremo 33 del eje 31) el aire en la parte del conducto 21 delimitada por la pared 17 y la brida 13. El aire de ventilación es guiado entonces en dirección axial, a lo largo de la carcasa 11, por la parte del conducto 21 que está delimitada por la pared 19 y el faldón 15, hasta la abertura 20.

10 El rotor 3, cuando gira a la velocidad  $w_3$ , acciona el ventilador 5 en rotación alrededor del eje X1 respecto del estator 1 a una velocidad de rotación  $w_5$  por medio del reductor magnético 7. El motor puede por tanto calificarse como "autoventilado".

15 Para reducir el ruido generado, en el contexto de un motor de alta velocidad, el reductor 7 está configurado de modo que el ventilador 5 gira a una velocidad  $w_5$  inferior a la del rotor  $w_3$ . Para ello, está previsto que el reductor 7 transmita la rotación del rotor 3 al ventilador 5 con una relación de reducción  $R=w_5/w_3$  inferior o igual, en valor absoluto, a 0,85, o incluso 0,5. Cuando el valor absoluto de la relación de reducción R es 0,5, el ventilador 5 gira la mitad de rápido que el rotor 3, en el mismo sentido de giro o en sentido contrario, lo que reduce considerablemente el ruido generado, mientras que la velocidad  $w_3$  es mayor que 5000 revoluciones por minuto, y especialmente si la velocidad  $w_3$  alcanza las 10.000 revoluciones por minuto.

20 Como se muestra en las figuras 1 y 5, el reductor magnético 7 comprende ventajosamente una corona interior 71, una corona intermedia 72 y una corona exterior 73. Estas tres coronas 71, 72 y 73 son coaxiales con el eje X1. La corona interior 71 está rodeada radialmente por la corona intermedia 72 y por la corona exterior 73. La corona intermedia 72 rodea radialmente la corona interior 71 y está rodeada radialmente por la corona exterior 73. La corona exterior 73 rodea radialmente la corona interior 71 y la corona intermedia.

25 Para la realización de la figura 1, el reductor 7 está dispuesto entre la carcasa 11, en particular la pared 17, y el ventilador 5. De este modo, el ventilador 5 cubre el reductor 7 y lo protege del exterior, en particular de cualquier polvo metálico que podría ser transportado por el flujo de aire de ventilación.

De manera más general, se prevé que el reductor 7 y el ventilador 5 estén ventajosamente fuera de la carcasa 11, lo que facilita su montaje y mantenimiento. Gracias a esta disposición particular, también es fácil modificar un motor preexistente añadiendo el ventilador 5 y el reductor 7 a un extremo del eje del rotor libre.

30 La corona interior 71 está fija con respecto al rotor 3, estando aquí montada mientras está fijada en el eje 31. En particular, la corona 71 está fijada en el extremo 33, preferiblemente entre los cojinetes 25 y 37. La velocidad de rotación de la corona interior 71 es por tanto igual a la velocidad  $w_3$ .

35 Como se ve mejor en la figura 5, la corona interior 71 comprende una pluralidad de imanes permanentes separados 74, que están distribuidos regularmente alrededor del eje principal X1. El número de imanes permanentes 74 y su disposición define un número de pares de polos magnéticos  $p_1$  de la corona interior 71. En el ejemplo ilustrado en la figura 5, los imanes 74 están en número par y definen una alternancia de polos positivos y negativos alrededor del eje X1, de modo que el número de pares de polos  $p_1$  sea cinco.

40 La corona exterior 73 comprende una pluralidad de imanes permanentes 76 separados, que están distribuidos regularmente alrededor del eje principal X1. El número de imanes permanentes 76 y su disposición define un número de pares de polos  $p_3$  de la corona exterior 73. En el ejemplo ilustrado en la figura 5, los imanes 76 están en número par y definen una alternancia de polos positivos y negativos alrededor del eje X1, de modo que el número de pares de polos  $p_3$  sea diez.

45 La corona intermedia 72, que puede describirse como "moduladora", que comprende una pluralidad de partes ferromagnéticas separadas 75, que están distribuidas regularmente alrededor del eje principal X1. Por ferromagnético se entiende que las piezas 75 tienen la capacidad de magnetizarse bajo el efecto de un campo magnético externo, aquí proporcionado por los imanes permanentes 74 y 76. La corona intermedia 72 comprende un número de piezas ferromagnéticas  $n_2$ . En la figura 5, el número de piezas ferromagnéticas 75 es catorce.

En el ejemplo de la figura 1, la corona exterior 73 constituye una corona de estator del reductor 7, en la medida en que la corona exterior 73 está fijada al estator 1, en particular a la carcasa 11, aquí a la pared 17. La velocidad de rotación de la corona del estator es cero.

50 En el ejemplo de la figura 1, la corona intermedia 72 constituye una corona impulsora, en la medida en que la corona intermedia 72 está fijada al ventilador 5. La velocidad de rotación de la corona impulsora es igual a la velocidad  $w_5$ .

Para obtener el mejor rendimiento del reductor 7, el reductor 7 está construido de modo que las cantidades  $p_1$ ,  $n_2$  y  $p_3$  verifiquen ventajosamente la siguiente relación:

[Math 1]

$$n2 = p1 + p3$$

Definimos una magnitud característica k del reductor 7, con la siguiente relación:

[Math 2]

$$k = \frac{p1}{(p1 - n2)} = -\frac{p1}{p3}$$

Para el caso de la figura 1, la relación de reducción se escribe:

[Math 3]

$$R = \frac{w5}{w3} = -\frac{k}{(1 - k)}$$

5

Por lo tanto, para el caso de la figura 1, elegimos los números n2, p1 y p3 para adaptar el valor de k, de modo que se obtenga la relación de reducción R deseada.

10

Para la segunda realización de la figura 2, todas las características del motor son idénticas a las descritas anteriormente para la figura 1 y están designadas por los mismos signos de referencia. El motor de la figura 2 difiere del motor de la figura 1 en que la corona intermedia 72 está fijada al estator 1, en particular a la carcasa 11, aquí a la pared 17, de modo que la corona intermedia 72 constituye la corona del estator, y porque la corona exterior 73 está fijada al ventilador 5 y constituye así la corona impulsora.

En este caso, la relación de reducción se escribe:

[Math 4]

$$R = \frac{w5}{w3} = -k$$

15

Para el caso de la figura 2, modificándose la relación entre la relación de reducción y la cantidad k respecto a la figura 1, posiblemente se modifiquen las cantidades n2, p1 y p3 para obtener la relación de reducción R deseada, con el objetivo de obtener que la velocidad w5 sea menor que la velocidad w3.

20

Así, al tener el mismo reductor 7, cuyas magnitudes p1, n2 y p3 están predeterminadas, podemos modificar la relación de reducción R mediante inversión de las coronas 72 y 73, es decir eligiendo cuál, entre las coronas 72 y 73, es respectivamente la corona impulsora o la corona del estator.

25

Para la tercera realización de la figura 3, todas las características del motor son idénticas a las descritas anteriormente para la figura 1, y están designadas por los mismos signos de referencia. El motor de la figura 3 difiere del motor de la figura 1 en que el reductor magnético 7 está dispuesto axialmente entre el ventilador 5 y la brida 13. La corona exterior 73, que constituye la corona del estator, está fijada al estator 1 por medio de la brida 13. Por ejemplo, se prevé que la corona del estator se fije a la brida 13 a través de una o más orejetas de fijación 29. La corona interior 71 se fija al extremo 33 del eje, contra el cojinete 37 o cercano, del lado exterior del ventilador 5. Esta disposición del reductor magnético 7 facilita su mantenimiento e instalación, en detrimento de su protección del exterior.

30

Para la cuarta realización de la figura 4, todas las características del motor son idénticas a las descritas anteriormente para la figura 3, y están designadas por los mismos signos de referencia, excepto que la corona intermedia 72 constituye la corona del estator y está fijada al estator 1 a través de la brida 13, en particular a través de la pestaña 29. La corona de accionamiento, constituida por la corona exterior 73, está por tanto fijada al ventilador 5.

35

Para el caso de la figura 4, modificándose la relación entre la relación de reducción y la cantidad k respecto a la figura 3, posiblemente se modifiquen las cantidades n2, p1 y p3 para obtener la relación de reducción R deseada, con el objetivo de obtener que la velocidad w5 sea menor que la velocidad w3.

40

Como se ilustra en las figuras 1 a 4, la invención se aplica a un motor cerrado autoventilado, en particular en la medida en que el aire de ventilación 23 circula a lo largo de la carcasa 11 que contiene el devanado del estator 12 y es atravesado por el rotor 3, y no dentro de la carcasa 11. Alternativamente, el motor es un motor abierto, donde el aire circulante pasa a través de la carcasa 11 y donde, preferentemente, el ventilador 5 está dispuesto dentro de la carcasa 11. En esta variante, la brida 13 y el faldón 15 no son necesarios.

Alternativamente, está previsto que el estator incluye el inducido, mientras que el rotor incluya el inductor, estando contenidos el inducido y el inductor preferiblemente dentro de la carcasa 11.

Cualquier característica descrita anteriormente para una de las realizaciones o una de las variantes puede implementarse en las otras realizaciones o variantes descritas anteriormente, siempre que sea técnicamente posible, dentro del alcance definido por las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Motor de tracción eléctrico para un vehículo, comprendiendo el motor:

- un estator (1);
- 5 • un rotor (3), que está diseñado para girar a una velocidad  $w_3$  superior a 5000 revoluciones por minuto, con respecto al estator (1), alrededor de un eje principal (X1) del motor, bajo el efecto de alimentar el motor con energía eléctrica;
- un ventilador (5), que está diseñado para girar con respecto al estator (1), alrededor del eje principal (X1), a una velocidad  $w_5$ , para ventilar el motor;
- 10 • un reductor (7), a través de la cual el rotor (3) acciona la rotación del ventilador (5), estando diseñado el reductor magnético (7) para transmitir la rotación del rotor (3) al ventilador (5) con una relación de reducción  $R = w_5/w_3$ ;

en el que

- un valor absoluto de la relación de reducción R es menor o igual a 0,85, preferiblemente igual a aproximadamente 0,5;
- 15 • El reductor magnético (7) comprende:
  - ◆ una corona interior (71), que está fija con respecto al rotor (3), que comprende una multitud de imanes permanentes (74) separados, que están distribuidos alrededor del eje principal (X1) y constituyen un número de pares de polos  $p_1$ ,
  - 20 ◆ una corona intermedia (72) que comprende un número  $n_2$  de piezas ferromagnéticas separadas (75) distribuidas alrededor del eje principal (X1), y
  - ◆ una corona exterior (73), que comprende una multitud de imanes permanentes (76) separados, distribuidos alrededor del eje principal (X1), que constituyen varios pares de polos  $p_3$ ;
- una corona de estator, elegida entre la corona intermedia (72) y la corona exterior (73), está fijada con respecto al estator (1);
- 25 • una corona de accionamiento, elegida entre la corona intermedia (72) y la corona exterior (73), aunque distinta de la corona del estator, está fijada con respecto al ventilador (5);
- el estator (1) comprende:
  - ◆ una carcasa (11) por la que pasa el rotor (3) según el eje principal (X1) y que contiene un devanado inductor (12) y un inducido (32) perteneciente al motor, y
  - 30 ◆ una brida (13), unida a la carcasa (11), que proporciona una abertura de circulación de aire (14) a través de la cual pasa el eje principal (X1); y
- el ventilador (5) está colocado fuera de la carcasa (11), entre dicha carcasa (11) y la brida (13), a lo largo del eje principal (X1), y está configurado para hacer circular aire de ventilación a través de la abertura de circulación de aire (14) para ventilar el motor;
- 35 • el reductor magnético (7) está dispuesto entre el ventilador (5) y la brida (13) a lo largo del eje principal (X1); y
- la corona del estator está fijada con respecto al estator (1) y está unida al estator (1) mediante la brida (13).

2. Motor según la reivindicación 1, en el que el reductor magnético (7) está construido de modo que los valores  $p_1$ ,  $n_2$  y  $p_3$  satisfacen la siguiente relación:

$$[\text{Math 1}] \quad n_2 = p_1 + p_3.$$

40 3. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que:

- la corona exterior (73) es la corona conductora, que está fija con respecto al ventilador (5);
- la corona intermedia (72) es la corona del estator, que está fija con respecto al estator (1); y
- la relación de reducción se escribe como

$$[\text{Math 4}] R = \frac{w_5}{w_3} = -k$$

con

$$[\text{Math2}] k = \frac{p_1}{p_1 - n_2} = -\frac{p_1}{p_3}$$

4. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que:

- 5
- la corona exterior (73) es la corona del estator, que está fija con respecto al estator (1);
  - la corona intermedia (72) es la corona conductora, que está fija con respecto al ventilador (5); y
  - la relación de reducción se escribe como

$$[\text{Math 3}] R = \frac{w_5}{w_3} = -\frac{k}{(1-k)}$$

con

10

$$[\text{Math2}] k = \frac{p_1}{p_1 - n_2} = -\frac{p_1}{p_3}$$

5. Motor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el rotor (3) comprende un eje de rotor (31), que es coaxial con el eje principal (X1), que gira a la velocidad  $w_3$  cuando el rotor (3) gira a velocidad  $w_3$ , y que soporta el ventilador (5) a través de un cojinete de rodamientos (37), siendo giratorio el ventilador (5) con respecto al rotor (3) alrededor del eje principal (X1).

- 15
6. Vehículo ferroviario que comprende un motor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, proporcionando el motor tracción al vehículo ferroviario.

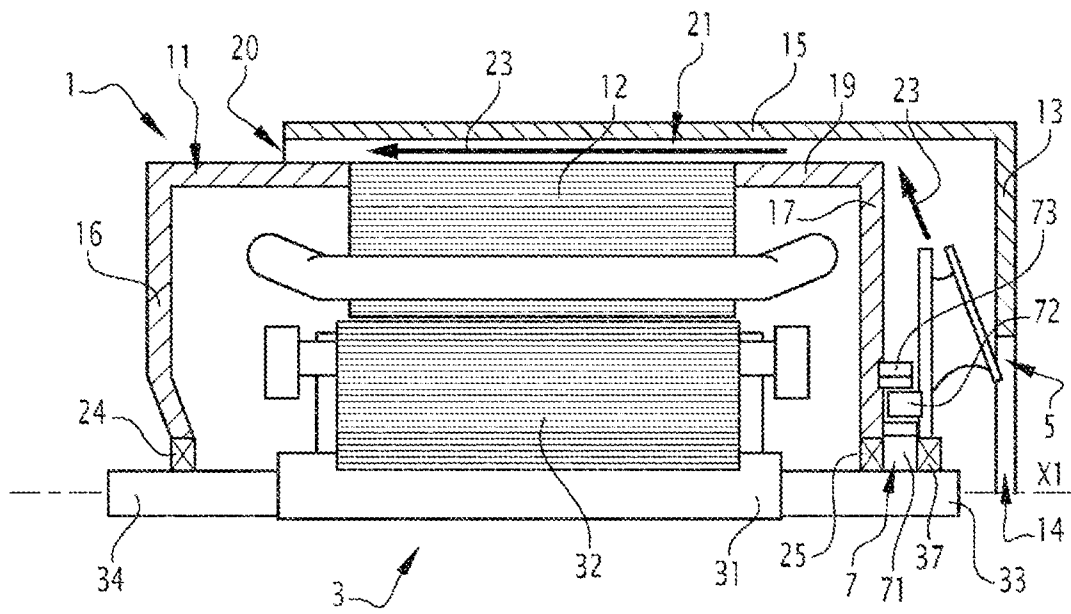
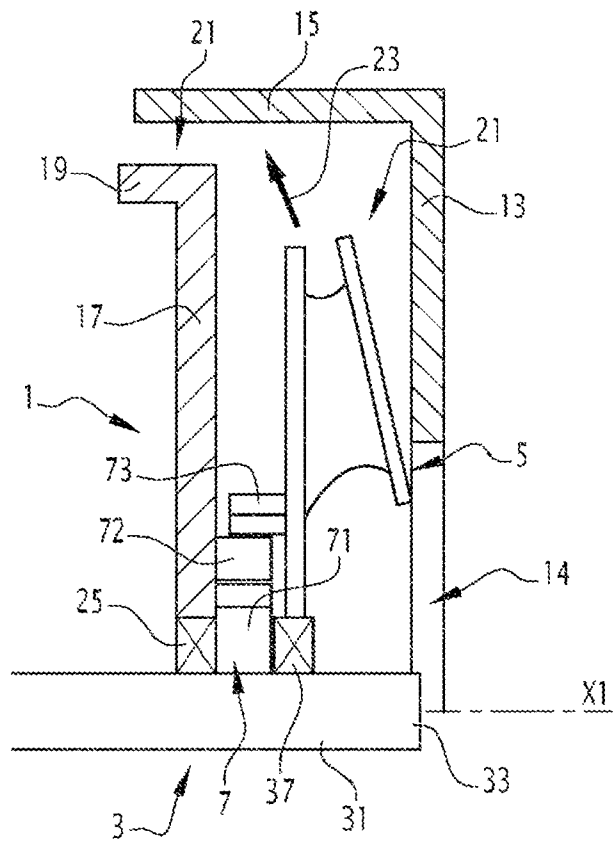
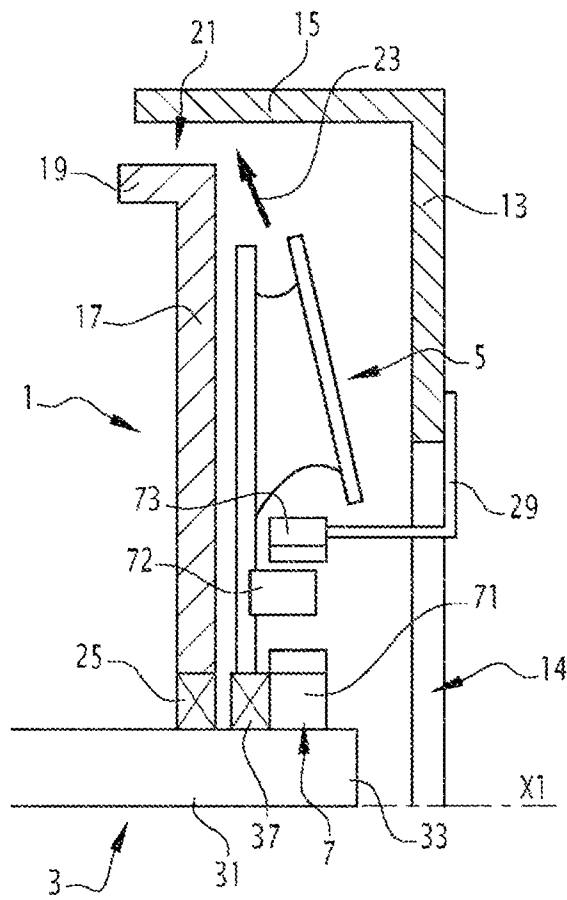


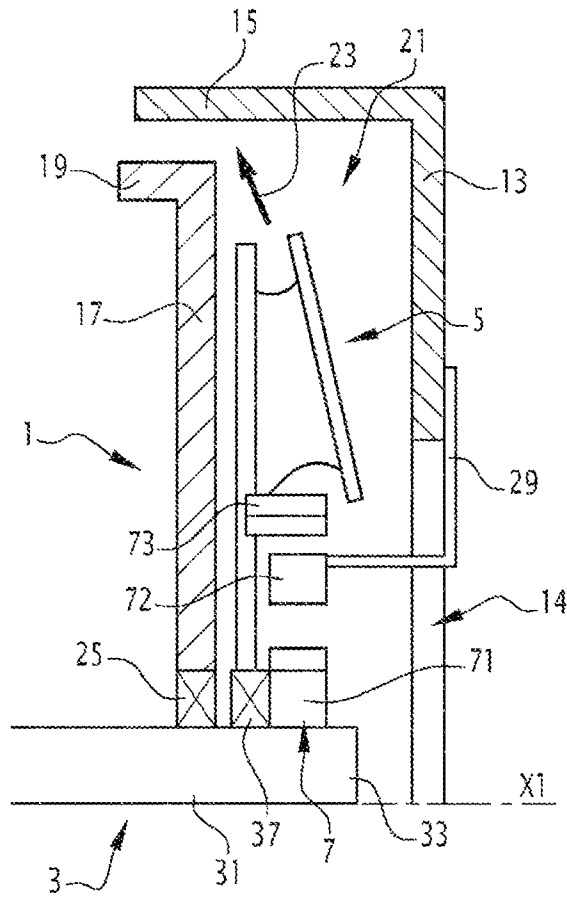
FIG.1



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**

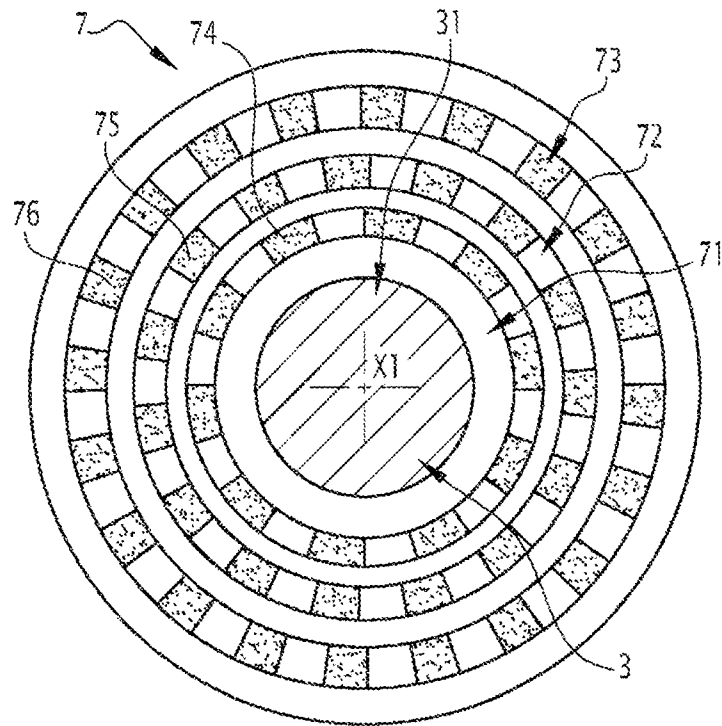


FIG.5