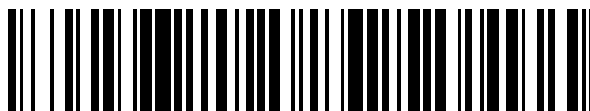


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 652 064**

51 Int. Cl.:

**H02K 1/20** (2006.01)

**H02K 5/20** (2006.01)

**H02K 9/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2007 PCT/EP2007/004296**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2008 WO08138379**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2007 E 07725215 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2158661**

54 Título: **Máquina eléctrica con sistema de refrigeración por aire**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**31.01.2018**

73 Titular/es:

**SUNDYNE CORPORATION (50.0%)  
14845 WEST 64TH AVENUE  
ARVADA, CO 80007, US y  
GARDNER DENVER DEUTSCHLAND GMBH  
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SAARI, JUHA;  
POWELL, CHARLES B.;  
REUNANEN, ARTHU y  
LANTTO, ERKKI**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 652 064 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 eléctrica con sistema de refrigeración por aire

**5 Campo de la invención**

La invención se refiere a la refrigeración de una máquina eléctrica que comprende un estátor que tiene un bobinado, un rotor y un entrehierro, que tiene una configuración generalmente cilíndrica.

**10 Antecedentes de la invención**

Las máquinas eléctricas requieren refrigeración, para eliminar el calor producido por las pérdidas de la máquina y para garantizar que las temperaturas en la máquina no superen las temperaturas de diseño máximas establecidas para las diversas partes de la máquina. Esas pérdidas son esencialmente las pérdidas en el hierro del núcleo del estátor, las pérdidas en el cobre del bobinado, las pérdidas en el rotor, las pérdidas de fricción en el entrehierro y las pérdidas de los cojinetes. Si se excede la temperatura máxima de diseño del bobinado, existe un riesgo de fallo en el aislamiento eléctrico de los hilos del bobinado.

Las máquinas eléctricas diseñadas para una alta velocidad de rotación necesitan un sistema de refrigeración más sofisticado que las máquinas eléctricas diseñadas para velocidades de rotación más normales de, por ejemplo, menos de 5000 minutos<sup>-1</sup>, porque las pérdidas se producen en un volumen de máquina más pequeño.

Eliminar de la máquina la cantidad de calor producido por las pérdidas con una alta eficiencia es una tarea importante porque la eliminación de calor requiere potencia y, por lo tanto, es un factor que reduce la eficiencia general de la máquina eléctrica. Una refrigeración altamente sofisticada es una valiosa contribución a la alta eficiencia general de la máquina eléctrica.

El documento GB 772 973 A divulga:

30 Una máquina eléctrica que comprende

(a) un estátor, que comprende un núcleo de estátor y un bobinado de estátor, que incluye una primera parte de bobinado alojada en espacios del núcleo de estátor y un bobinado de extremo como una segunda parte de bobinado, estando situado el bobinado de extremo axialmente delante de una primera cara frontal y de una segunda cara frontal opuesta del núcleo del estátor;

(b) una carcasa que aloja el estátor;

(c) un rotor que está soportado de forma giratoria;

(d) un entrehierro que tiene una configuración generalmente cilíndrica;

(e) una pluralidad de primeros conductos de gas de refrigeración distribuidos circunferencialmente que están situados en ubicaciones entre la primera y la segunda cara frontal del núcleo del estátor y que se extienden en una dirección generalmente radial entre una entrada externa respectiva y el entrehierro; y

(m2) un ventilador de aspiración que funciona para proporcionar un flujo de gas de refrigeración a través de la máquina eléctrica, estando el ventilador de aspiración en conexión de flujo de gas de refrigeración con esos espacios en la máquina eléctrica, que reciben el gas de refrigeración que sale del entrehierro.

**50 Sumario de la invención**

La invención proporciona una máquina eléctrica de acuerdo con la reivindicación 1.

Las realizaciones preferidas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes 2 a 16.

La invención proporciona además un turbocompresor y un turbogenerador, incluyendo cada uno una máquina eléctrica de acuerdo con la invención.

Los efectos ventajosos proporcionados por la invención comprenden lo siguiente:

Se proporciona una refrigeración particularmente intensa para el bobinado de extremo. Las porciones de extremo axialmente exteriores del bobinado de extremo se enfrían mediante chorros de refrigeración de choque de gas de refrigeración, mientras que las porciones axialmente internas del bobinado de extremo se enfrían mediante flujos más lentos de gas de refrigeración. Esta es una adaptación óptima a la distribución de las fuentes de calor y a la geometría del bobinado de extremo.

El diseño de la refrigeración proporcionado por la invención tiene una demanda de potencia relativamente baja en comparación con los diseños de refrigeración convencionales.

5 El diseño de la refrigeración proporcionado por la invención es particularmente adecuado para máquinas eléctricas que funcionan a altas velocidades de rotación en comparación con muchas máquinas eléctricas convencionales que funcionan a velocidades de rotación inferiores a  $5000 \text{ min}^{-1}$ .

10 En una realización preferida, el sistema de refrigeración incluye refrigeración líquida para la circunferencia exterior del núcleo del estátor y combina dicha refrigeración líquida con la refrigeración que se describe en el presente documento de tal manera que los canales de refrigeración líquida no interfieren con las vías de flujo de refrigeración por gas.

15 La máquina eléctrica de la invención, a pesar de su sistema de refrigeración altamente sofisticado, no implica complicaciones significativas o altos costes de fabricación.

En una realización a modo de ejemplo de la invención, la máquina eléctrica tiene una velocidad de rotación máxima de diseño de al menos  $20.000 \text{ min}^{-1}$ .

20 En una realización a modo de ejemplo de la invención, la velocidad de rotación máxima de diseño es de al menos  $40.000 \text{ min}^{-1}$ .

En una realización a modo de ejemplo de la invención, la velocidad específica de diseño del rotor es de al menos  $200 \text{ m/s}$ .

25 En una realización a modo de ejemplo de la invención, la máquina eléctrica tiene una potencia nominal de diseño de al menos  $140 \text{ kW}$ .

En una realización a modo de ejemplo de la invención, la potencia nominal de diseño es de al menos  $200 \text{ kW}$ .

30 En una realización a modo de ejemplo de la invención, la máquina eléctrica tiene pérdidas de diseño de menos del  $8 \%$  de su potencia nominal.

35 En una realización a modo de ejemplo de la invención, el ventilador tiene una potencia de diseño de menos del  $1,5 \%$  de la potencia nominal de la máquina eléctrica.

En una realización a modo de ejemplo de la invención, el bobinado del estátor tiene una temperatura máxima permitida de diseño de  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ .

40 En una realización a modo de ejemplo de la invención, la máquina eléctrica está diseñada de manera que al menos el  $60 \%$  del flujo total de gas de refrigeración pasa a través del primer y del segundo orificio.

En una realización a modo de ejemplo de la invención, el gas de refrigeración es aire.

#### 45 **Breve descripción del dibujo**

A continuación se esclarecen una realización preferida de la invención y características preferidas de la invención, en las que se hace referencia a un dibujo. El dibujo es una sección longitudinal y muestra esencialmente solo la mitad superior de un turbocompresor en forma algo esquemática.

#### 50 **Descripción detallada**

El turbocompresor 2 mostrado en el dibujo comprende una carcasa 4, un estátor 6 alojado en la carcasa 4, un rotor 8 que se extiende a través del estátor hueco 6, cojinetes 10 y 12 del rotor 8, y dos ruedas de compresor 14 y 16 montadas en el rotor 8.

55 El rotor 8 es, por ejemplo, un rotor de acero macizo o un rotor que tiene un cuerpo de acero macizo con un manguito de cobre delgado. El dibujo muestra dos cojinetes radiales activos 10, y en un lado axial, un cojinete magnético axial activo 12. Como alternativa, pueden proporcionarse dos cojinetes magnéticos axiales activos. "Cojinete magnético activo" significa un cojinete en el que la posición del rotor 8 con respecto al cojinete estacionario 10 o 12 se detecta continuamente y la fuerza magnética del cojinete varía continuamente para mantener el rotor 8 dentro de un intervalo predeterminado de posicionamiento en relación al cojinete.

60 El estátor 6 comprende un núcleo de estátor 18 que consiste en una pila de láminas de hierro en forma de anillo, y un bobinado de estátor 20 formado por hilos de cobre. Una primera parte de bobinado está alojada en espacios en forma de ranura en el núcleo del estátor 18, y una segunda parte de bobinado está en forma de un bobinado de extremo 22. El bobinado de extremo 22 comprende una primera parte delante de la primera cara frontal izquierda 24

5 del núcleo del estátor 18 y una segunda parte delate de la cara frontal derecha 26 del núcleo del estátor 18. El estátor 6 en su conjunto es generalmente simétrico con respecto a un plano medio 28 que se extiende perpendicularmente con respecto a un eje de rotación 30 del rotor 8. Aproximadamente en el centro axial del núcleo del estátor hay una pluralidad de primeros conductos de gas de refrigeración 21 distribuidos circunferencialmente, que se extienden en una dirección generalmente radial.

10 El estátor 6 está montado dentro de la carcasa 4. La porción central de la carcasa 4 rodea el núcleo del estátor 18 y comprende una pluralidad de segundos conductos 32 de gas de refrigeración distribuidos circunferencialmente que se extienden sustancialmente en la dirección axial. La carcasa 4 continúa más allá de la primera cara frontal 24 y más allá de la segunda cara frontal 26 del núcleo del estátor 18 y forma allí paredes de carcasa 34 sustancialmente cilíndricas que rodean el bobinado de extremo 22 a ambos lados del estátor 6. Cada porción de pared 34 comprende una fila de primeros orificios 36 distribuidos circunferencialmente o de segundos orificios 38 respectivamente (una fila en cada lado axial del motor) y una fila de terceros orificios 40 distribuidos circunferencialmente o de cuartos orificios 42 respectivamente (una fila en cada lado axial del motor). Los orificios primeros y segundos 36, 38 tienen un diámetro relativamente pequeño de, por ejemplo, 5 mm, mientras que los orificios terceros y cuartos 40, 42 tienen un diámetro mayor, por ejemplo, de 15 mm.

20 En el lado derecho, la carcasa 4 continúa más allá de la segunda cara frontal 26 con un espesor radial tal que los segundos conductos 32 de gas de refrigeración continúan aproximadamente la misma longitud axial que tiene la parte derecha del bobinado de extremo 22. En el lado izquierdo hay un canal anular de gas de refrigeración 44, limitado en su diámetro interior por la porción de pared 34y que está en conexión de flujo de gas de refrigeración con una entrada 46 y con los extremos izquierdos de los segundos conductos 32 de gas de refrigeración.

25 Si se desea, también puede proporcionarse un canal anular de gas de refrigeración en la porción extrema derecha de los segundos conductos 32 de gas de refrigeración.

30 La carcasa 4 continúa hacia el lado izquierdo para montar el cojinete axial 12 y uno de los cojinetes radiales 10. En el lado derecho, la carcasa 4 continúa para montar el otro de los dos cojinetes radiales 10. En el lado izquierdo, hay una pluralidad de terceros conductos 48 de gas de refrigeración distribuidos circunferencialmente que tienen las entradas al canal anular 44 y sus salidas a un espacio en el lado izquierdo del cojinete radial 10. En el lado derecho hay una pluralidad análoga de terceros conductos 48 de gas de refrigeración que, sin embargo, tienen sus entradas abiertas a los respectivos conductos 32 de gas de refrigeración y se extienden a un espacio en el lado derecho del cojinete radial derecho 10.

35 Un ventilador de soplado 50 mostrado esquemáticamente está en conexión de flujo de gas de refrigeración con el canal anular 44.

El flujo de gas de refrigeración es el siguiente:

40 El gas de refrigeración presurizado por el ventilador de soplado 50 se lleva al canal anular 44, desde allí, en un primer flujo, a los segundos conductos 32 de gas de refrigeración, desde allí, en un segundo flujo, a los primeros conductos de gas de refrigeración 21 y, como un tercer flujo, a los segundos y cuartos orificios 38, 42. Por otra parte, existe, como cuarto flujo, un flujo directamente desde el canal anular 44 a través de los primeros y terceros orificios 36, 40. El segundo flujo, que sale de los primeros conductos de gas de refrigeración 21, se divide allí y fluye hacia la izquierda y hacia la derecha a través del entrehierro 52.

50 Por medio de los primeros y segundos orificios 36, 38 se forman chorros de gas de refrigeración, que se dirigen a aquellas regiones del bobinado de extremo 22 que están más distantes de las caras frontales 24, 26 que el resto del bobinado de extremo 22. Los chorros de gas de refrigeración chocan con el bobinado de extremo 22 en esas regiones y se rompen en cantidades muy pequeñas de gas al chocar. Esto da como resultado una refrigeración muy intensa de esas regiones del bobinado de extremo 22.

55 El gas de refrigeración fluye a través de los terceros y cuartos orificios 40, 42 con una velocidad de flujo menor. Fluye a través de las regiones del bobinado de extremo 22 que están más cerca de las caras frontales 24, 26 que las regiones más distantes del bobinado de extremo 22 descritas en el párrafo anterior. Esos flujos más lentos pueden pasar a través de los espacios entre los haces de hilos que salen de las ranuras en el núcleo de estátor 18 y pueden enfriar ambas regiones de la circunferencia del rotor 8 que están detrás del bobinado de extremo 22 y pueden contribuir sustancialmente a la refrigeración del rotor 8.

60 Los flujos de gas de refrigeración dirigidos a los cojinetes radiales 10 pasan los cojinetes 10 en una dirección hacia el centro axial del motor. En el caso del lado izquierdo, este flujo también enfría el cojinete axial 10.

65 El gas de refrigeración que ha enfriado el núcleo del estátor 18, el entrehierro 52 y el bobinado de extremo 22 deja la carcasa 4 en dos corrientes 54, una en el lado izquierdo y otra en el lado derecho. La carcasa 4 tiene canales adecuados que se extienden sustancialmente de forma radial y dos canales anulares circundantes 56 para permitir los flujos de salida 54. El gas de refrigeración que ha enfriado los cojinetes 10, 12 se une con los flujos de salida 54.

La parte de la carcasa que monta el núcleo del estátor 18 está provista de acanaladuras circunferenciales 56 en su circunferencia exterior y está provista de un manguito de camisa 58 a su alrededor. De esta manera, se forma una camisa de líquido de refrigeración, en la que puede hacerse circular un líquido de refrigeración, tal como agua, a través de las acanaladuras 56. El dibujo ilustra que el canal anular 44 está situado en el lado izquierdo delante de las aberturas de entrada de los segundos conductos 32 de gas de refrigeración. De esta forma, el canal anular 44 se sitúa axialmente al lado de la camisa 56, 58 de líquido de refrigeración, de modo que no se requieren pasos radiales para que el gas de refrigeración pase a través de la camisa de líquido de refrigeración. Son posibles realizaciones de la invención sin camisa de líquido de refrigeración, y en este caso podría ser más conveniente colocar el canal anular 44 sustancialmente en la ubicación del plano medio 28, llegando así a un diseño simétrico del sistema de refrigeración de gas. Se destaca aquí que es posible reemplazar el grupo de primeros conductos de gas de refrigeración 21 por una pluralidad de tales grupos, en donde cada uno de los grupos incluye una pluralidad de conductos 21 distribuidos circunferencialmente. Los grupos tienen distancias axiales entre ellos.

El dibujo muestra que una primera rueda de compresor 14 está montada en la porción extrema izquierda del rotor 8 y que una segunda rueda de compresor 16 está montada en la porción extrema derecha del rotor 8. El aire o cualquier otro gas a comprimir pasa primero por la primera rueda de compresor 14, a continuación pasa a través de un refrigerador intermedio, y después pasa por la segunda rueda de compresor 16. La primera rueda de compresor 14 está rodeada por la primera carcasa del compresor (en el dibujo solo se muestra parte de la misma) y la segunda rueda de compresor 16 está rodeada por una segunda carcasa del compresor (en el dibujo solo se muestra parte de la misma).

Si uno reemplaza las ruedas del compresor 14, 16 por ruedas de turbina radiales, se proporciona un turbogenerador para electricidad. Se destaca que el motor eléctrico de la invención puede utilizarse para accionar cualquier equipo arbitrario y no se restringe para nada al uso de accionar un compresor. Lo mismo es cierto para el generador de corriente eléctrica de la invención que puede accionarse mediante cualquier equipo de accionamiento arbitrario.

Si se reemplaza el ventilador de soplado 50 por un ventilador de aspiración que aspire los flujos de salida 54, se proporciona una realización alternativa de la invención. El gas de refrigeración fresco se aspira en la máquina, por ejemplo, por medio del(los) canal(es) anular(es) 44.

Para dar un ejemplo no restrictivo, se proporcionan los siguientes datos de una realización ensayada: diseño tal como se muestra esquemáticamente en el dibujo; potencia del motor 300 kW; velocidad de rotación  $60.000 \text{ min}^{-1}$ ; aumento de presión creado por el ventilador de soplado 2,5 a 3 kPa por encima de la presión ambiente; caudal total de aire de refrigeración de 20 a  $25 \text{ m}^3/\text{min}$ ; consumo de potencia del ventilador de 2 a 2,5 kW; flujo dividido entre el bobinado de extremo 22 y los primeros conductos de gas de refrigeración 21 con una relación de aproximadamente 80/20; aumento de temperatura medio del aire de refrigeración que ha pasado el motor a aproximadamente  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura ambiente del aire  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura máxima en el motor (esto es en el bobinado de extremo) aproximadamente  $160 \text{ }^\circ\text{C}$ ; caudal de agua en la camisa de refrigeración 56, 58 es aprox.  $0.2 \text{ kg/s}$ .

El gas de refrigeración más preferido es el aire. El motor puede estar equipado con un convertidor de frecuencia. El ventilador puede accionarse por un motor eléctrico equipado con un convertidor de frecuencia.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina eléctrica (2) que comprende

- 5 a) un estátor (6), que comprende un núcleo de estátor (18) y un bobinado de estátor (6), que incluye una primera parte de bobinado alojada en espacios del núcleo de estátor (18) y un bobinado de extremo (22) como una segunda parte de bobinado, estando situado el bobinado de extremo (22) axialmente delante de una primera cara frontal (24) y de una segunda cara frontal opuesta (26) del núcleo de estátor (18);
- (b) una carcasa (4) que aloja el estátor (6);
- 10 (c) un rotor (8) que está soportado de forma giratoria;
- (d) un entrehierro (52) que tiene una configuración generalmente cilíndrica;
- (e) una pluralidad de primeros conductos de gas de refrigeración (21) distribuidos circunferencialmente que se sitúan en ubicaciones entre la primera y la segunda caras frontales (26) del núcleo de estátor (18) y que se extienden en dirección generalmente radial entre una entrada exterior respectiva y el entrehierro (52);
- 15 (e1) una pluralidad de segundos conductos de gas de refrigeración (32) distribuidos circunferencialmente que se extienden sustancialmente en la dirección axial;
- (e2) un canal anular de gas de refrigeración (44) limitado en su diámetro interno por una porción de pared (34) de la carcasa (4) y que está en conexión de flujo de gas de refrigeración con una entrada (46) y con los segundos conductos de gas de refrigeración (32);
- 20 (f) la carcasa (4) que comprende una pluralidad de primeros orificios (36) dirigidos hacia el bobinado de extremo (22) delante de la primera cara frontal (24) del núcleo del estátor (18) para dirigir los chorros de gas de refrigeración contra el bobinado de extremo (22) para la refrigeración por impacto del mismo;
- (g) la carcasa (4) que comprende una pluralidad de segundos orificios (38) dirigidos hacia el bobinado de extremo (22) delante de la segunda cara frontal (26) del núcleo de estátor (18) para dirigir los chorros de gas de refrigeración contra el bobinado de extremo (22) para la refrigeración por impacto del mismo;
- 25 (h) la carcasa (4) que comprende una pluralidad de terceros orificios (40) dirigidos hacia el bobinado de extremo (22) delante de la primera cara frontal (24) del núcleo del estátor (18) para dirigir un flujo de gas de refrigeración a través del bobinado de extremo (22) y hacia una porción del rotor (8) detrás del bobinado de extremo (22);
- (i) la carcasa (4) que comprende una pluralidad de cuartos orificios (42) dirigidos hacia el bobinado de extremo (22) delante de la segunda cara frontal (26) del núcleo del estátor (18) para dirigir un flujo de gas de refrigeración a través el bobinado de extremo (22) y hacia una porción del rotor (8) detrás del bobinado de extremo (22);
- 30 (j) los orificios primeros y segundos (36, 38) tienen un diámetro pequeño y los orificios terceros y cuartos (40, 42) tienen un diámetro mayor;
- (k1) la pluralidad de segundos conductos de gas de refrigeración (32) distribuidos circunferencialmente que están en conexión de flujo de gas de refrigeración con los orificios primeros, segundos, terceros y cuartos (36, 38, 40, 42);
- 35 (k2) las entradas exteriores de los primeros conductos de gas de refrigeración radiales (21) que se abren en los respectivos segundos conductos de gas de refrigeración (32);
- en donde
- 40 (n) los primeros orificios (36) están distribuidos circunferencialmente y dispuestos a distancia de la primera cara frontal (24) del núcleo del estátor (18) y
- (o) los segundos orificios (38) están distribuidos circunferencialmente y dispuestos a distancia de la segunda cara frontal (26) del núcleo del estátor (18) y
- 45 (p) los terceros orificios (40) están distribuidos circunferencialmente y dispuestos con una distancia de la primera cara frontal (24) del núcleo del estátor (18) menor que los primeros orificios (36) y
- (q) los cuartos orificios (42) están distribuidos circunferencialmente y dispuestos con una distancia de la segunda cara frontal (26) del núcleo del estátor (18) menor que los segundos orificios (38); y
- (m) en donde la máquina eléctrica (2) comprende además al menos uno de:
- 50 (m1) un ventilador de soplado (50) que puede funcionar para proporcionar un flujo de gas de refrigeración a través de la máquina eléctrica (2), estando el ventilador de soplado (50) en conexión de flujo de gas de refrigeración con la entrada (46), con el canal anular de gas de refrigeración (44), con los conductos de gas de refrigeración primero y segundo (21, 32), con los primeros orificios (36), con los segundos orificios (38), con los terceros orificios (40) y con los cuartos orificios (42); o
- 55 (m2) un ventilador de aspiración que puede funcionar para proporcionar un flujo de gas de refrigeración a través de la máquina eléctrica (2), estando el ventilador de aspiración en conexión de flujo de gas de refrigeración con esos espacios en la máquina eléctrica (2), que reciben el gas de refrigeración que sale del entrehierro (52), con los primeros orificios (36), con los segundos orificios (38), con los terceros orificios (40) y con los cuartos orificios (42).
- 60

2. La máquina eléctrica (2) de la reivindicación 1, en la que todos dichos primeros conductos de gas de refrigeración (21) están dispuestos generalmente en un plano común que se extiende perpendicularmente con respecto a un eje de rotación (30) del rotor (8).

65 3. La máquina eléctrica (2) de la reivindicación 1, en la que hay al menos dos grupos de dichos primeros conductos de gas de refrigeración (21), estando dispuestos los primeros conductos de gas de refrigeración (21) en cada uno de

los grupos generalmente en un plano común que se extiende perpendicularmente a respecto a un eje de rotación (30) del rotor (8).

5 4. La máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el bobinado del estátor (6) y los orificios primeros a cuartos (36, 38, 40, 42) tienen un diseño que es generalmente simétrico con respecto a un plano medio (28) que se extiende perpendicularmente con respecto a un eje de rotación (30) del rotor (8).

10 5. La máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el canal anular de gas de refrigeración (44) está dispuesto en la primera cara frontal (24) o en la segunda cara frontal (26) del núcleo de estátor (18).

15 6. La máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el ventilador (50) está ubicado desplazado de un plano medio (28) del núcleo del estátor (18) que se extiende perpendicularmente con respecto a un eje de rotación (30) del rotor (8).

7. La máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde el núcleo del estátor (18) comprende una camisa de líquido de refrigeración (56, 58).

20 8. La máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende al menos un cojinete magnético axial (12) y dos cojinetes magnéticos radiales (10).

25 9. La máquina eléctrica (2) de la reivindicación 8, que comprende una pluralidad de conductos de gas de refrigeración (48) distribuidos circunferencialmente, que están en conexión de flujo de gas de refrigeración con el ventilador (50) para suministrar gas de refrigeración a los cojinetes magnéticos (10, 12).

10. La máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde la máquina eléctrica (2) es un motor eléctrico asíncrono que tiene un rotor sin bobinado (8) o un generador de corriente asíncrono que tiene un rotor sin bobinado (8).

30 11. Una unidad de turbocompresor que comprende la máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 como motor y al menos una rueda de compresor (14, 16) montada en el rotor del motor (8).

35 12. La unidad de turbocompresor de la reivindicación 11, que comprende una primera rueda de compresor radial (14) montada en una primera porción de extremo del rotor (8) y una segunda rueda de compresor radial (16) montada en una segunda porción de extremo opuesta del rotor (8).

13. El turbocompresor de la reivindicación 12, diseñado de tal manera que el aire a comprimir pasa primero a la primera rueda de compresor (14), posteriormente se enfría y después pasa a la segunda rueda de compresor (16).

40 14. Una unidad de turbogenerador que comprende la máquina eléctrica (2) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 como generador de corriente y al menos una rueda de turbina (14, 16) montada en el rotor (8) del generador de corriente.

45 15. La unidad de turbogenerador de la reivindicación 14, que comprende una primera rueda de turbina radial (14) montada en una primera porción de extremo del rotor (8) y una segunda rueda de turbina radial (16) montada en una segunda porción de extremo opuesta del rotor (8).

50 16. La unidad de turbogenerador de la reivindicación 15, diseñada de manera que un flujo de gas pasa primero a la primera rueda de turbina (14) y después pasa a la segunda rueda de turbina (16).

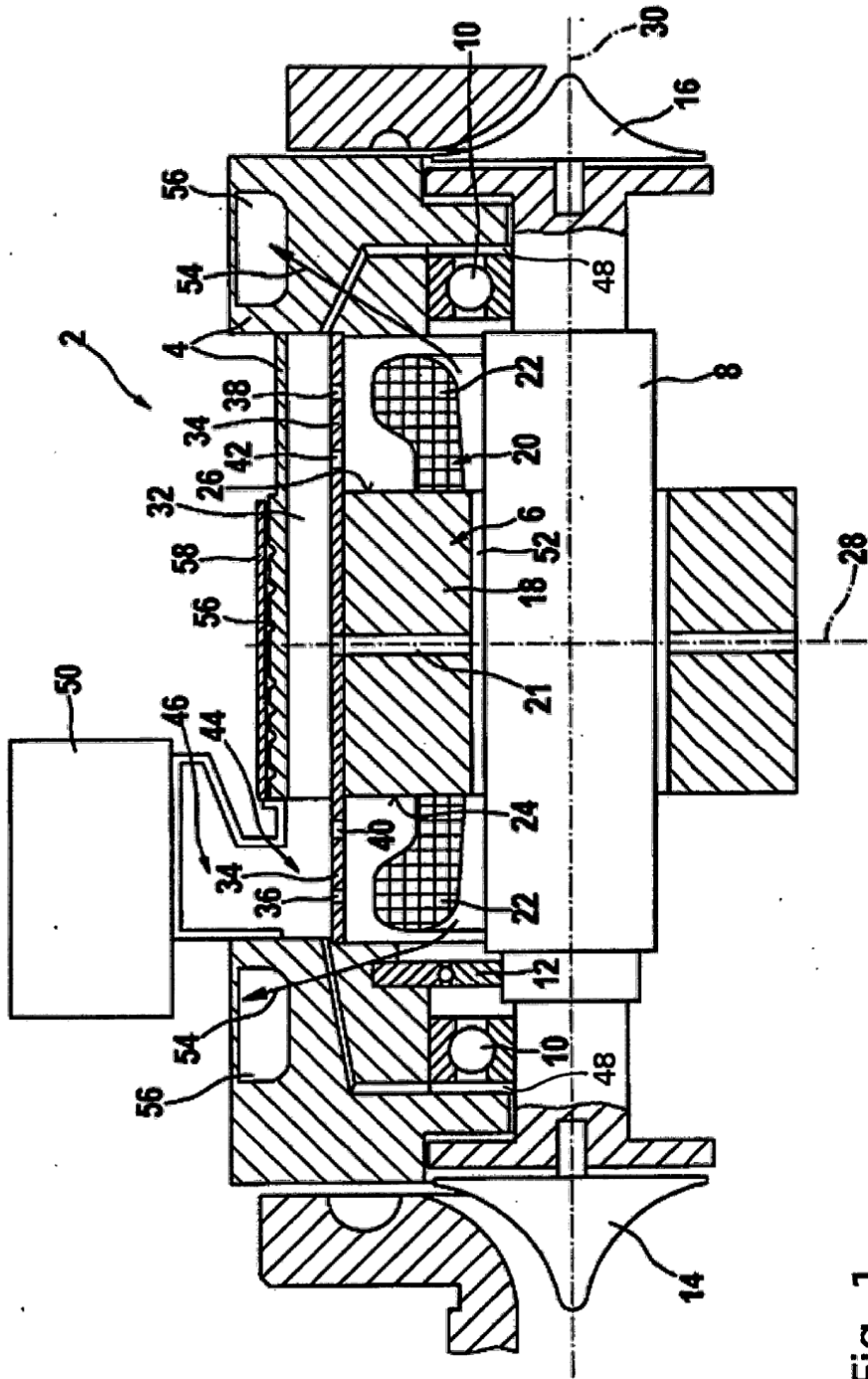


Fig. 1