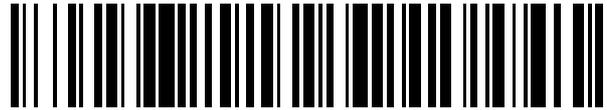


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 543**

51 Int. Cl.:

H02K 1/24 (2006.01)

H02K 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2010 E 10726133 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014 EP 2589132**

54 Título: **Máquina de reluctancia síncrona que utiliza barreras de flujo magnético del rotor en calidad de canales de refrigeración**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.04.2014

73 Titular/es:

ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:

LENDENMANN, HEINZ y
ÖSTERHOLM, VESA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 455 543 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 de reluctancia síncrona que utiliza barreras de flujo magnético del rotor en calidad de canales de refrigeración.

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a la refrigeración de una máquina de reluctancia síncrona (SynRM), en la que se utiliza la estructura de rotor inherente de una SynRM para mejorar una distribución de temperatura dentro de la máquina.

Técnica anterior

- 10 Una SynRM que utiliza solamente el principio de reluctancia para crear el par no tiene conductores de ninguna clase en el rotor. Por tanto, en comparación con máquinas de inducción y máquinas con devanados de excitación de campo, el rotor de una SynRM tiene pérdidas significativamente más bajas y, por tanto, una temperatura de funcionamiento más baja. Dado que se ha considerado convencionalmente que una SynRM no necesita refrigeración del rotor, una SynRM convencional no comprende medios de circulación de aire dentro del alojamiento de la máquina. El estator de una SynRM es refrigerado disponiendo un ventilador externo en un extremo no accionador (lado N) del alojamiento de la máquina. El flujo de aire del ventilador es obligado a seguir la superficie envolvente del alojamiento de la máquina. Debido a que el ventilador está en un extremo de la máquina y el efecto de refrigeración es más alto cerca del ventilador, existe una significativa temperatura de diferencia entre el lado de accionamiento (lado D) y el lado N de la máquina.

- 20 El documento US 5,831,367 revela un rotor para una máquina de reluctancia síncrona. Se ha mencionado en la columna 6, líneas 37 a 40, que se puede conseguir una circulación de aire equipando anillos de jaula de ardilla con aletas. Se requiere refrigeración en el rotor según el documento US 5,831,367, ya que el motor utiliza tanto el principio de reluctancia como el principio de inducción para crear el par. Es la corriente inducida en la jaula de ardilla enseñanza de la refrigeración requerida no puede aplicarse directamente a una máquina que no comprenda conductores de ninguna clase en el rotor. Además, el documento US 5,831,367 no describe detalles acerca de cómo se hace circular el aire dentro del alojamiento de la máquina.

- 30 Dado que una SynRM convencional no comprende medios de circulación de aire dentro del alojamiento de la máquina, el interior de dicho alojamiento de la máquina no comprende pasajes para el aire circulante. Un rotor típico de una SynRM comprende pasos axiales a través de los cuales puede fluir aire, pero, dado que un rotor típico no tiene un trayecto de flujo de retorno a través del estator o radialmente por fuera del estator, el equipamiento del radio exterior del rotor con aletas según el documento US 5,831,367 no haría que circulara efectivamente aire dentro del alojamiento de la máquina. Por tanto, se requerirían modificaciones en el estator o el alojamiento del motor de una SynRM convencional para hacer que circule el aire.

- 35 El documento US 2006/0222528 revela una máquina de reluctancia síncrona en la que se utilizan barreras de flujo magnético en calidad de canales de refrigeración. Un refrigerante gaseoso es forzado a fluir a través de las barreras de flujo magnético en una sola dirección.

El documento US 2007/0024130 revela una máquina asíncrona en la que circula aire refrigerante en dos direcciones opuestas dentro del rotor a través de canales previstos particularmente para fines de refrigeración.

- 40 El documento US 2007/0024129 revela una máquina asíncrona, más precisamente una máquina de inducción, en la que el rotor y el estator están provistos de canales de refrigeración que se extienden en la dirección axial de la máquina. Fluye aire en dos direcciones opuestas en canales de refrigeración diferentes antes de que sea evacuado al ambiente del alojamiento de la máquina. Los canales del rotor y del estator están previstos particularmente para fines de refrigeración, y el aire es obligado a fluir en dos direcciones a fin de impedir una refrigeración no uniforme entre los extremos axiales opuestos de la máquina.

Sumario de la invención

- 45 Un objeto de la invención consiste en proporcionar una SynRM con una distribución de temperatura mejorada dentro de la máquina.

Este objeto se consigue por medio del dispositivo según la reivindicación 1 adjunta.

- 50 La invención se basa en la constatación de que, aun cuando una alta temperatura no se considera convencionalmente como un problema para una SynRM, se pueden conseguir grandes ventajas equilibrando las temperaturas entre extremos opuestos de la máquina y dentro de discos de rotor individuales. La estructura de rotor inherente de una SynRM permite alcanzar este equilibrado de temperatura con medios sencillos.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una máquina de reluctancia síncrona que comprende un

rotor que tiene una pluralidad de discos de rotor. Cada disco del rotor comprende una pluralidad de barreras de flujo magnético longitudinales configuradas para dar al rotor una estructura magnética anisótropa. Los discos del rotor están apilados juntos para formar un núcleo de rotor de tal manera que las barreras de flujo magnético definen canales que se extienden en una dirección axial del núcleo del rotor, en donde el aire es forzado a fluir a través de una barrera de flujo magnético de un polo del rotor en una dirección axial y a través de otra barrera de flujo magnético del mismo polo del rotor en una dirección axial opuesta. Haciendo que el aire fluya en ambas direcciones a través de las barreras de flujo magnético de un polo del rotor se puede regular con más precisión la distribución de temperatura entre porciones diferentes de un disco del rotor.

Según una realización de la invención, el aire es forzado a fluir a través de parte de las barreras de flujo magnético de un disco del rotor en una dirección axial y a través de parte de las barreras de flujo magnético del mismo disco del rotor en una dirección axial opuesta. Haciendo que el aire fluya en ambas direcciones a través de los discos del rotor y, por tanto, a través de todo el núcleo del rotor no se requiere un trayecto adicional de flujo de retorno de aire.

Según una realización de la invención, el aire proveniente del extremo más caliente de la máquina es forzado a fluir a través de una barrera de flujo magnético radial más interior del rotor. Dado que típicamente la porción central de un disco del rotor necesita una refrigeración mínima, es ventajoso hacer que el aire más caliente fluya a través de estas porciones y, respectivamente, que el aire más frío fluya a través de las porciones que necesitan una refrigeración máxima.

Según una realización de la invención, el núcleo del rotor está dividido en al menos dos secciones de rotor axiales dispuestas consecutivamente sobre un eje común y separadas por un hueco axial, siendo obligado el aire a fluir a través de los canales de cada una de las secciones axiales del rotor y en una dirección radial a través del hueco axial. Gracias a estas medidas se consiguen una trayectoria de flujo y una circulación de aire que aseguran una distribución de temperatura uniforme dentro de la máquina.

Según una realización de la invención, un ventilador radial está dispuesto en el hueco axial. Gracias a esta medida se consigue un medio sencillo para implementar la circulación del aire.

Según una realización de la invención, el ventilador axial comprende platos extremos con aberturas para dirigir el flujo de aire. Dirigiendo el flujo de aire de esta manera se puede regular con una precisión aún mayor la distribución de temperatura entre porciones diferentes de un disco del rotor.

Según una realización de la invención, el ventilador radial comprende palas curvadas. Con palas curvadas se mantiene en un bajo nivel el ruido generado por el ventilador.

Según una realización de la invención, se fuerza aire a fluir a través de los canales con independencia de la dirección de rotación del rotor. Es ventajoso diseñar la circulación de aire para que tenga lugar en ambas direcciones de rotación del rotor, ya que una SynRM típica funciona en ambas direcciones.

Según una realización de la invención, el rotor no comprende conductores configurados para crear un campo magnético en el rotor y producir pérdidas resistivas cuando está funcionando la máquina. Aun cuando las pérdidas resistivas provocadas por conductores del rotor no están presentes en una SynRM pura y, por tanto, el calentamiento del rotor no es reconocido convencionalmente como un problema asociado con una SynRM, se pueden conseguir todavía las grandes ventajas mencionada anteriormente mejorando la distribución de temperatura dentro de la máquina.

Según una realización de la invención, el aire es hecho circular dentro de un alojamiento de la máquina y se impide un libre intercambio de aire entre el interior y el exterior del alojamiento de la máquina. Al impedir un libre intercambio de aire, el aire de dentro del alojamiento de la máquina es menos propenso a contaminarse con suciedad proveniente del exterior del alojamiento de la máquina.

Breve descripción de los dibujos

Se explicará la invención con mayor detalle haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

- La figura 1 muestra un rotor de una SynRM,
- La figura 2 muestra una realización de un rotor con alas,
- La figura 3 muestra una realización de un rotor con palas y tapas,
- La figura 4 muestra una realización de un rotor con un ventilador y
- La figura 5 muestra una realización de un ventilador.

50 Descripción de realizaciones preferidas

Haciendo referencia a la figura 1, un rotor de una SynRM consta de una pluralidad de discos de rotor 110. Cada disco 110 del rotor tiene una pluralidad de trayectos de flujo magnético longitudinales 120 separados por barreras de flujo magnético 130 en forma de aberturas llenas de aire. Las barreras de flujo magnético 130 están configuradas para dar al rotor una estructura magnética anisótropa que define un cierto número de polos magnéticos del rotor. En la realización de la figura 1 el número de polos del rotor es igual a cuatro. Los trayectos de flujo magnético 120 están conectados uno a otro por unos estrechos nervios tangenciales 131 en la periferia de los discos, y algunos de ellos están conectados adicionalmente con puentes radiales 132 que cruzan las barreras de flujo magnético 130 en el centro. Cuando se apilan juntos los discos 110 del rotor para formar un núcleo de rotor 100, las barreras de flujo magnético 130 definen unos canales 140 que se extienden en una dirección axial del núcleo 100 del rotor. Según la presente invención, se fuerza aire a circular a través de estos canales 140 para permitir una distribución de temperatura sustancialmente uniforme entre los extremos axiales opuestos de la máquina.

La figura 2 muestra un primer medio para forzar aire a fluir por los canales 140. Una superficie extrema axial 160 del núcleo 100 del rotor está provista de unas alas 150 que empujan aire a través de los canales radiales más interiores 140.1. En la realización de la figura 2 solamente los canales radiales más interiores 140.1 están provistos de alas 150, pero es posible que cualquiera de los canales restantes 140.2, 140.3, 140.4 sea provisto de unas alas correspondientes 150. Las alas 150 siguen generalmente a la forma de las barreras de flujo magnético 130 y tienen un borde 150.1 elevado desde una superficie extrema axial 160 del núcleo 100 del rotor. Las alas 150 están configuradas de tal manera que una parte del borde elevado funciona como un borde delantero cuando el rotor gira en el sentido de las agujas del reloj, y la parte restante del borde elevado funciona como un borde delantero cuando el rotor gira en sentido contrario al de las agujas del reloj.

Cuando el rotor de la figura 2 gira en cualquier dirección, las alas 150 hacen que fluya aire en una dirección axial a través de unos primeros flancos 140.1a de los canales radiales más interiores 140.1 y que el aire retorne en una dirección axial opuesta a través de los canales restantes 140.2, 140.3, 140.4, incluidos unos segundos flancos 140.1b de los canales radiales más interiores 140.1. Se produce una circulación de aire correspondiente cuando el rotor gira en la dirección opuesta. El aire es obligado así a circular entre el lado N y el lado D de la máquina, siendo igualmente efectiva la circulación del aire con independencia de la dirección de rotación. En lugar de tener un ala 150 extendiéndose sobre toda la longitud de una barrera de flujo magnético 130, las partes de ala que funcionan en direcciones de rotación diferentes pueden implementarse como dos o más alas separadas 150. Si el rotor está diseñado para girar en una dirección solamente, puede omitirse parte de las alas 150 o éstas puede configurarse de nuevo para provocar una circulación de aire con la dirección de rotación escogida.

Para hacer más eficiente la circulación del aire, ambas superficies extremas axiales 160 del núcleo 100 del rotor pueden estar provistas de alas 150. Por ejemplo, una superficie extrema axial 160 del núcleo 100 del rotor puede estar provista de unas alas 150 que hagan que circule el aire cuando el rotor gira en el sentido de las agujas del reloj, y la superficie extrema axial opuesta 160 del núcleo 100 del rotor puede estar provista de unas alas correspondientes 150 que hagan que circule el aire cuando el rotor gira en sentido contrario al de las agujas del reloj. Se puede utilizar cualquier combinación de alas 150 que haga que circule el aire entre el lado N y el lado D de la máquina.

Las alas 150 pueden ser de cualquier forma apropiada para producir la circulación del aire. Especialmente, las alas 150 no necesitan estar inclinadas, sino que un borde recto perpendicular a las superficies extremas axiales 160 puede constituir también un ala 150. En una realización de la invención el rotor 100 comprende en uno de sus extremos axiales una placa extrema de 5 mm de espesor con rayos radiales de borde recto entre los polos del rotor, funcionando los rayos como alas 150 en el sentido de la presente descripción.

Es esencial para la consecución de la circulación del aire que haya una diferencia de velocidad entre las alas 150 y el aire que rodea a dichas alas 150. Evidentemente, deberá impedirse sustancialmente un torbellino de aire dentro del alojamiento de la máquina de tal manera que se mantenga efectivamente una diferencia de velocidad necesaria durante el funcionamiento de la máquina.

La dirección del flujo de aire a través de canales individuales 140 puede tener también su significado. A efectos de ejemplo, puede suponerse que la máquina tiene un ventilador externo en el lado N de la misma. Por tanto, el lado N está más frío que el lado D. Por otra parte, durante el funcionamiento de la máquina los trayectos de flujo magnético radiales más exteriores 120 tienden a calentarse más que la porción central de los discos 110 del rotor. Esto se debe a que la porción central tiene un área conductora de calor grande hacia el árbol del rotor que actúa como disipador de calor, mientras que los trayectos de flujo magnético restantes 120 están conectados al árbol del rotor solamente a través de los nervios tangenciales 131 o los puentes radiales 132, los cuales no proporcionan una capacidad adecuada de conducción de calor. En consecuencia, los trayectos de flujo magnético radiales más exteriores 120 necesitan más refrigeración que la porción central, y, por tanto, es ventajoso dejar que el aire más frío procedente del lado N fluya por los canales radiales más exteriores 140.2, 140.3, 140.4, al tiempo que se deja que el flujo de retorno desde el lado D tenga lugar a través de los canales radiales más interiores 140.1. Sin embargo, dado que el propósito general de la presente invención es equilibrar la distribución de temperatura entre los extremos opuestos de la máquina, la influencia de la dirección de flujo puede seguir siendo enteramente marginal.

Como resulta evidente por lo anterior, la circulación del aire no solamente equilibra la distribución de temperatura entre los extremos opuestos de la máquina, sino que también equilibra la distribución de temperatura dentro de discos individuales 110 del rotor. Como consecuencia, se reducen las tensiones mecánicas y la deformación de los discos 110 del rotor, y se consigue un rotor más duradero.

5 La figura 3 muestra un segundo medio para forzar aire a fluir por los canales 140. Este segundo medio hace uso de un fenómeno centrífugo con ayuda de palas radiales 170 y tapas someras 180 que cubren parte de los canales 140 en una superficie extrema 160 del núcleo 100 del rotor. Las palas 170 de un rotor en rotación empujan el aire hacia fuera y hacen así que circule el aire. En el ejemplo de la figura 3 las palas 170 aspiran el aire a través de los segundos canales 140.2 contados en la dirección radial desde la abertura 190 del árbol. El aire retorna parcialmente por los terceros y cuartos canales 140.3, 140.4, pero principalmente por los primeros canales 140.1 muy próximos a la abertura 190 del árbol. En caso de que sean los trayectos de flujo magnético radiales más exteriores 120 los que necesiten una refrigeración máxima, las palas 170 del ejemplo deberán situarse en el extremo más caliente de la máquina.

15 En lugar de cubrir solamente las tres barreras de flujo magnético radiales más exteriores 130 según la figura 3, las palas 170 y la tapa 180 pueden abarcar los cuatro canales 140 de un polo del rotor. En tal caso, se cubren preferiblemente tan solo los canales 140 de cada segundo polo del rotor de tal manera que los canales 140 de los polos restantes funcionen como trayectos de flujo de retorno para el aire.

20 La figura 4 muestra un tercer medio para forzar aire a fluir por los canales 140. El núcleo 100 del rotor está dividido en dos secciones de rotor axiales 200a, 200b consecutivamente dispuestas sobre un eje común 210 y separadas por un hueco axial 220. Un ventilador radial 230 en forma de palas de ventilador radiales 240 entre dos platos extremos circulares 250 está dispuesto dentro del hueco axial 220. Cuando gira el rotor, el ventilador 230 hace que la presión del aire en el hueco axial 220 aumente en dirección radial desde la abertura 190 del árbol hacia fuera. Los platos extremos 250 están provistos de unas aberturas de flujo adecuadas 260 para permitir que el aire fluya por los primeros canales 140.1 hacia el ventilador 230, en dirección radial hacia fuera a lo largo del hueco axial 220, y fluya además por los canales restantes 140.2, 140.3, 140.4 alejándose del ventilador 230. Se consigue una distribución de temperatura sustancialmente uniforme entre los extremos axiales opuestos de la máquina dejando que los flujos de aire provenientes del lado N y del lado D de la máquina se mezclen en el hueco axial 220.

25 Las aberturas de flujo 260 en los platos extremos 250 pueden modificarse a fin de dirigir aún mejor el flujo de aire. Por ejemplo, si se desea un flujo de aire incrementado por los cuartos canales 140.4, los platos extremos 250 pueden ser provistos de unas aberturas de flujo de retorno 260 solamente en estos cuartos canales 140.4, al tiempo que se deja que los platos extremos 250 cubran completamente los segundos y terceros canales 140.2, 140.3. Alternativamente, el flujo de aire hacia fuera del ventilador 230 puede ser dirigido a través del estator de la máquina o entre el estator y el alojamiento de la máquina. En tal caso, el estator necesita también tener un hueco axial que proporcione un trayecto de flujo radial. Además, es necesario disponer trayectos de flujo axiales a través del estator o el exterior radial del estator.

30 Las palas 240 del ventilador en la figura 4 se ilustran como rectas, pero las palas 240 del ventilador pueden adoptar cualquier forma apropiada que haga que fluya el aire en la dirección radial hacia fuera dentro del hueco axial 220. Se prefiere una forma de pala curvada debido a que tal forma disminuye el ruido causado por el ventilador 230. Preferiblemente, el ventilador 230 está configurado para producir una circulación de aire igualmente efectiva con independencia de la dirección de rotación del rotor. Una configuración de ventilador de esta clase con palas curvadas 270 se ilustra en la figura 5. Los platos extremos 250 de este ventilador 230 tienen una abertura de entrada 280 por cada par de palas 270 y una abertura de salida 290 para cada pala 270. La abertura de entrada 280 es efectiva de una manera igual con independencia de la dirección de rotación del rotor, pero solamente dos de las palas 270 y de las aberturas de salida 290 son efectivas al mismo tiempo, dependiendo de la dirección de rotación.

35 La invención se dirige primordialmente al equilibrado de la distribución de temperatura dentro de un alojamiento de máquina cerrado, en donde se impide un intercambio libre de aire entre el interior y el exterior del alojamiento de la máquina. Sin embargo, no se excluye introducir aire nuevo del exterior del alojamiento de la máquina o utilizar un intercambiador de calor externo para enfriar aún más el aire circulado.

40 La invención no se limita a las realizaciones mostradas anteriormente, sino que el experto en la materia puede, naturalmente, modificarlas de varias maneras dentro del alcance de la invención definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una máquina de reluctancia síncrona que comprende un rotor que tiene una pluralidad de discos de rotor (110), comprendiendo cada disco (110) del rotor una pluralidad de barreras de flujo magnético longitudinales (130) configuradas para dar al rotor una estructura magnética anisótropa, estando apilados juntos los discos (110) del rotor para formar un núcleo de rotor (100) de tal manera que las barreras de flujo magnético (130) definen canales (140) que se extienden en una dirección axial del núcleo (100) del rotor, **caracterizada** por que se fuerza aire a fluir a través de una barrera de flujo magnético (130) de un polo del rotor en una dirección axial y a través de otra barrera de flujo magnético (130) del mismo polo del rotor en la dirección axial opuesta.
- 10 2. Una máquina de reluctancia síncrona según la reivindicación 1, en la que se fuerza el aire a fluir a través de parte de las barreras de flujo magnético (130) de un disco (110) del rotor en una dirección axial y a través de parte de las barreras de flujo magnético (130) del mismo disco (110) del rotor en una dirección axial opuesta.
3. Una máquina de reluctancia síncrona según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el aire proveniente del extremo más caliente de la máquina es forzado a fluir a través de una barrera de flujo magnético radial más interior (130) del rotor.
- 15 4. Una máquina de reluctancia síncrona según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el núcleo (100) del rotor está dividido en al menos dos secciones de rotor axiales (200a, 200b) consecutivamente dispuestas sobre un eje común (210) y separadas por un hueco axial (220), siendo forzado el aire a fluir a través de los canales (140) de cada una de las secciones axiales (200a, 200b) del rotor y en una dirección axial a través del hueco axial (220).
- 20 5. Una máquina de reluctancia síncrona según la reivindicación 4, en la que un ventilador radial (230) está dispuesto dentro del hueco axial (220).
6. Una máquina de reluctancia síncrona según la reivindicación 5, en la que el ventilador radial (230) comprende unos platos extremos (250) con aberturas (260, 280, 290) para dirigir el flujo de aire.
- 25 7. Una máquina de reluctancia síncrona según la reivindicación 5 ó 6, en la que el ventilador radial (230) comprende palas curvadas (270).
8. Una máquina de reluctancia síncrona según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se fuerza aire a fluir por los canales (140) con independencia de la dirección de rotación del rotor.
- 30 9. Una máquina de reluctancia síncrona según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el rotor no comprende conductores configurados para crear un campo magnético en el rotor y provocar pérdidas resistivas cuando está funcionando la máquina.
10. Una máquina de reluctancia síncrona según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se hace circular el aire dentro de un alojamiento de máquina y se impide un intercambio libre de aire entre el interior y el exterior del alojamiento de la máquina.

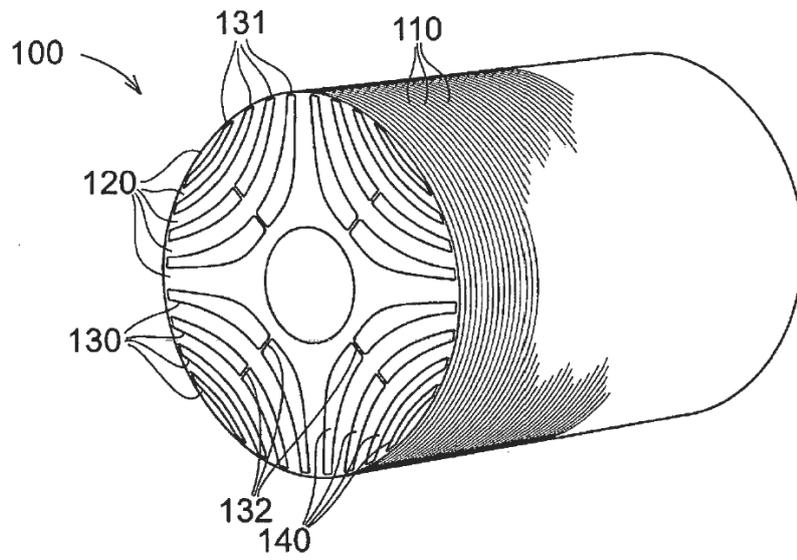


Fig. 1

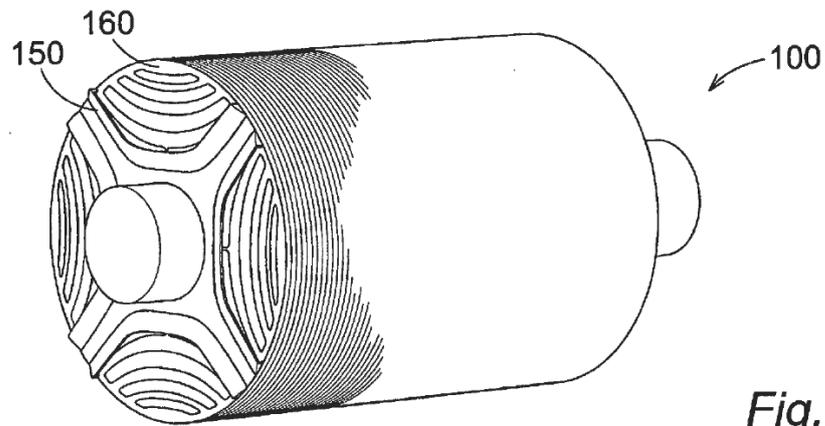
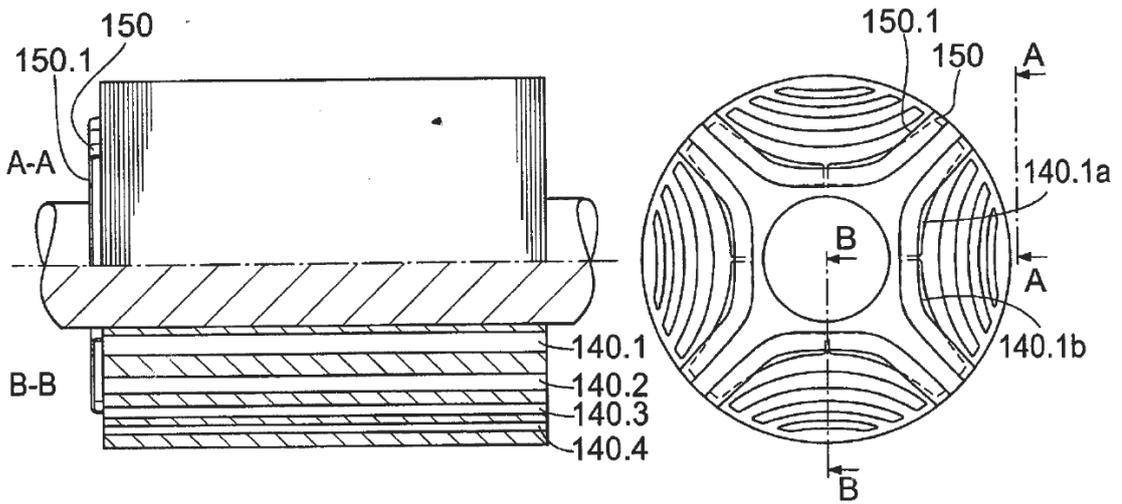


Fig. 2

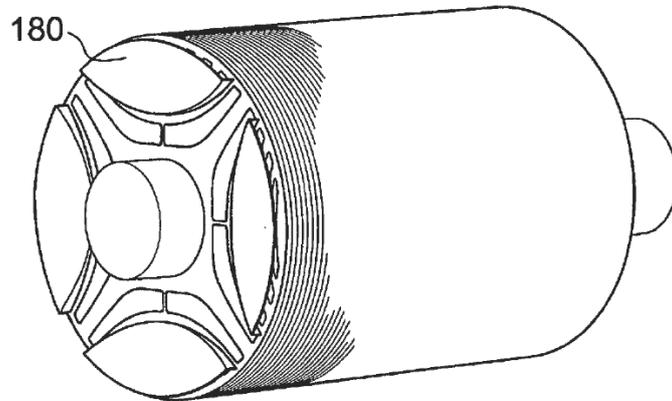
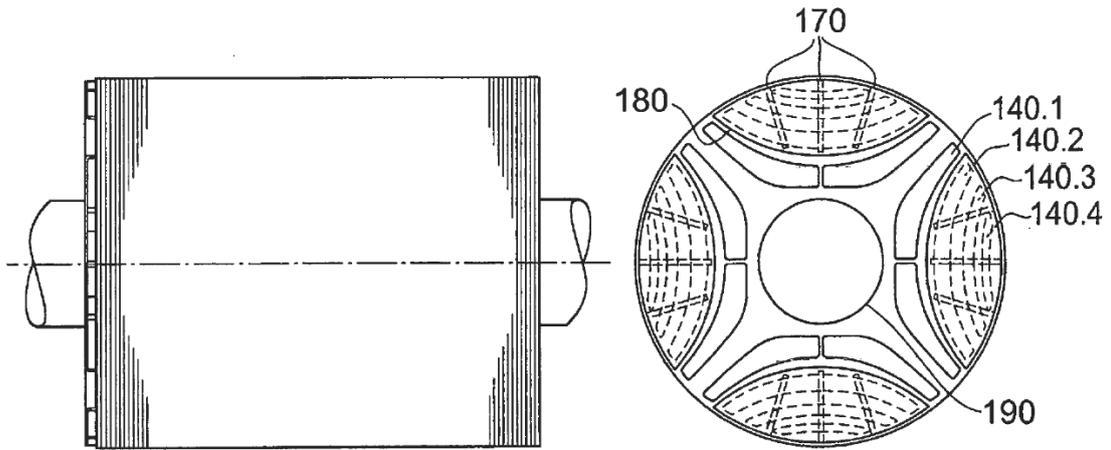


Fig. 3

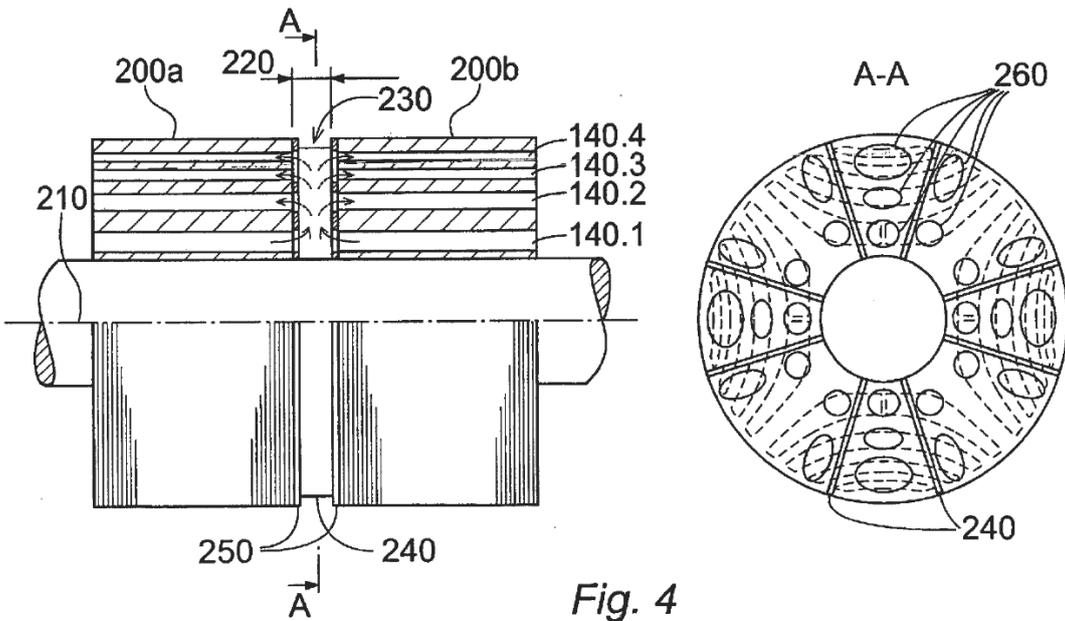


Fig. 4

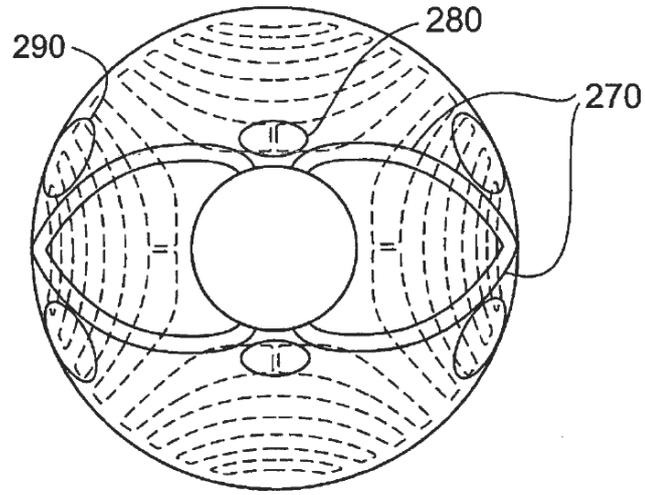


Fig. 5