



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 314 351**

51 Int. Cl.:
H02K 3/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04291749 .2**

96 Fecha de presentación : **08.07.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1499001**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2005**

54 Título: **Dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica, en particular de una máquina eléctrica sincrónica con imanes permanentes.**

30 Prioridad: **17.07.2003 FR 03 08745**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2009

73 Titular/es: **Jeumont Electric**
27 rue de l'Industrie
59640 Jeumont, FR

72 Inventor/es: **Philippart, Olivier**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 314 351 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).

ES 2 314 351 T3

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica, en particular de una máquina eléctrica sincrónica con imanes permanentes.

5

La invención se refiere a un dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica y en particular de una máquina eléctrica sincrónica con imanes permanentes.

10

Las máquinas eléctricas como los motores o los alternadores comprenden generalmente un estator que tiene un circuito magnético en el cual se proporcionan algunas muescas destinadas a recibir bobinados, distribuidas en una dirección circunferencial en torno al eje del estator, y un rotor montado rotatorio en torno al eje del estator y que comprende una superficie activa en la cual se fijan algunos elementos magnéticos constituidos por imanes permanentes, en el caso de las máquinas eléctricas sincrónicas con imanes permanentes.

15

Las muescas del estator se extienden en una dirección longitudinal y sobre una determinada profundidad, en el circuito magnético del estator, en una dirección perpendicular a su dirección longitudinal y desembocan en una cara de entrada del estator dispuesta frente a la superficie activa del rotor que implica elementos magnéticos tales como los imanes permanentes. Entre la cara de entrada del estator y la superficie activa del rotor se provee un entrehierro cuya anchura es generalmente del orden de algunos milímetros. Las muescas del estator se extienden hacia el interior del circuito magnético del estator sobre una determinada profundidad, entre una extremidad de entrada situada más cerca del entrehierro y un fondo situado dentro del circuito magnético del estator en dirección de su armazón (o carcasa).

20

Las pérdidas eléctricas que se producen dentro de algunos elementos de las máquinas eléctricas producen un calentamiento que puede ser perjudicial para el funcionamiento y el mantenimiento de la integridad de la máquina.

25

De manera general, generalmente, se conoce el uso de dispositivos de enfriamiento de máquinas eléctricas que garantizan un enfriamiento del estator por una circulación de fluido de intercambio en la periferia exterior e interior del estator. La liberación de calor en el estator es entonces absorbida por el fluido termoportador que circula en contacto térmico con el estator sobre su periferia externa y sobre su periferia interna.

30

El enfriamiento de la periferia externa del estator puede estar garantizado por un revestimiento que delimita una cavidad de enfriamiento que rodea el estator o en el caso de máquinas sumergidas, por una circulación del fluido de inmersión al contacto de la superficie externa de la carcasa del estator.

35

El enfriamiento del estator de su periferia interna, del lado del entrehierro, puede estar garantizado por tubos de enfriamiento dispuestos en las muescas del estator y abastecidos en fluido de enfriamiento por un circuito de alimentación y recopilación de fluido que puede ser común con el circuito de alimentación de la cavidad que rodea la periferia exterior del estator, en el caso de un enfriamiento garantizado dentro de un revestimiento.

40

Los tubos de enfriamiento están dispuestos, en cada una de las muescas, en una parte de fondo de la muesca, dentro de la carcasa del estator, es decir en la parte de la muesca situada al lado opuesto del entrehierro. La disposición de los tubos de enfriamiento en la parte de fondo de las muescas se hace necesaria por razones electromagnéticas. En efecto, un tubo realizado en material conductor utilizado para la circulación del fluido de enfriamiento es la sede de corrientes inducidas cuya circulación se traduce por la generación de pérdidas en el estator, cuando se somete a un campo magnético variable. La disposición de los tubos de enfriamiento en fondo de muescas permite liberarse en muy gran parte de este problema de pérdidas, siendo la variación de campo magnético en fondo de muescas prácticamente nula. El tubo en fondo de muesca asegura el enfriamiento del bobinado y el circuito magnético sin ser la sede de notables pérdidas que se añaden a las pérdidas del estator.

50

No obstante, esta disposición no es la más favorable, en particular en el caso de las máquinas sincrónicas con imanes permanentes, en la medida en que los tubos de enfriamiento no pueden garantizar una protección de los imanes permanentes contra un calentamiento por los bobinados al nivel de la parte de entrada de las muescas dirigida hacia el entrehierro. Además, la densidad de pérdida del estator es más elevada al nivel del plano de bobinado dispuesto del lado del entrehierro, es decir, a la entrada de las muescas, si bien el enfriamiento, cuando se realiza en el fondo de las muescas, no es aplicado en la zona de calentamiento máximo.

55

Estos inconvenientes están presentes bien en el caso de las máquinas con flujo radial en las cuales el rotor está montado dentro de un estator de forma anular en una disposición coaxial que en el caso de las máquinas discoides en las cuales el estator y el rotor comprenden cada uno al menos un disco que porta sobre una o dos caras activas de elementos magnéticos, estando las caras activas de los discos de estator y de rotor, colocadas, en frente y proporcionando un entrehierro, de tal manera que se obtiene una circulación de flujo axial, es decir, según la dirección del eje común a los discos de rotor y estator.

60

En el caso de las máquinas con flujo radial, la dirección longitudinal de las muescas es la dirección axial mientras que, en el caso de los motores discoides, la dirección longitudinal de las muescas es radial, es decir, perpendicular al eje de rotación de la máquina eléctrica discoide.

65

ES 2 314 351 T3

Si bien en el caso de máquina con flujo radial que en el caso de una máquina con flujo axial, es necesario prever un dispositivo de enfriamiento del estator eficaz, en particular cuando el rotor es un rotor con imanes permanentes, siendo la máquina entonces una máquina sincrónica.

5 El objetivo de la invención es proponer un dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica que implica un estator en el cual se proporcionan algunas muescas sucesivas en una dirección circunferencial del estator en torno a un eje de estator, que contiene cada una al menos un bobinado y que desembocan en una cara de entrada del estator, y un rotor montado rotatorio en torno al eje del estator que tiene una cara activa dispuesta en frente a la cara de entrada del estator proporcionando un espacio libre o entrehierro con la cara de entrada del estator, sobre la cual están
10 dispuestos algunos elementos magnéticos constituidos preferiblemente por imanes permanentes, extendiéndose cada una de las muescas del estator en una dirección longitudinal y desde la cara de entrada del estator dirigida hacia el entrehierro, en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal, según una cierta profundidad de muesca, el dispositivo de enfriamiento comprende, en cada una de las muescas del estator, al menos un tubo de enfriamiento que se extiende en la dirección longitudinal de la muesca y de los medios de puesta en circulación de un fluido de enfriamiento al interior de cada uno de los tubos de enfriamiento del estator, estando los tubos de enfriamiento en
15 comunicación con sus extremos con colectores de alimentación y evacuación de fluido de enfriamiento conectados a un circuito de enfriamiento que comprende al menos una bomba y un intercambiador de calor, de manera que el dicho fluido de enfriamiento circula en circuito cerrado, permitiendo este dispositivo de enfriamiento mejorar sensiblemente la protección térmica de los elementos magnéticos de rotor constituidos preferiblemente por imanes permanentes.

20 Con este fin, para cada una de las muescas del estator, al menos un tubo de enfriamiento está dispuesto en la parte de entrada de la muesca lo más cercana posible del entrehierro.

25 La invención se refiere en particular a:

- un dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica del tipo con flujo radial que implica un estator de forma anular que rodea un rotor y que implica muescas cuya dirección longitudinal es paralela a un eje de la máquina eléctrica común al rotor y al estator caracterizado por el hecho de que implica a la vez un dispositivo de enfriamiento externo que tiene una cavidad de circulación de fluido de enfriamiento que rodea la parte periférica externa del estator y los
30 tubos de enfriamiento interno dispuestos según la dirección longitudinal de las muescas en su parte de entrada, estando la cavidad del dispositivo de enfriamiento externo en comunicación con colectores de alimentación y evacuación de fluido de enfriamiento conectados a un circuito de enfriamiento que implica una bomba y un intercambiador de calor;

- un dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica sumergida en un fluido que garantiza el enfriamiento
35 externo del estator de la máquina eléctrica caracterizado por el hecho de que implica solamente un circuito de enfriamiento interno del estator que incluye, en las partes de entrada de cada una de las muescas del estator, un tubo de enfriamiento en comunicación en sus extremos con los colectores de alimentación y de evacuación del fluido de enfriamiento conectados a un circuito de enfriamiento que comprende al menos una bomba y un intercambiador de calor;

40 - en el caso de una máquina eléctrica de propulsión naval fijada en una barquilla suspendida por una montante de fuerza al casco de un buque, los medios de alimentación y evacuación de fluido de enfriamiento del circuito de enfriamiento interno del estator comprenden en particular una bomba y un intercambiador de calor dispuestos en la montante de fuerza de suspensión de la barquilla;

45 - en el caso de una máquina eléctrica con flujos axiales que comprenden un estator en forma de disco anular y un rotor que comprende al menos un circuito magnético con forma de disco, el estator que comprende muescas cuya dirección longitudinal es radial con relación al disco de estator y perpendicular al eje de la máquina eléctrica, los tubos de enfriamiento están dispuestos según la dirección longitudinal de las muescas, en direcciones radiales del circuito magnético en forma de disco del estator;

50 Preferiblemente:

55 - el fluido de enfriamiento es un líquido tal como el agua.

- los tubos de enfriamiento son de un material que tiene una baja conductividad eléctrica inferior a la del cobre y una buena conductibilidad térmica superior a la de la resina epoxi.

60 - los tubos son en uno de los siguientes materiales: aleaciones metálicas tales como los aceros inoxidables y la placa alemana, polímeros del tipo LCP, PS o nylon, polímeros que contienen una carga, materiales compuestos.

65 Con el fin de hacer comprender bien la invención, se van a describir a título de ejemplos refiriéndose a las figuras adjunta en anexo, varios modos de realización de un dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica, según la invención.

La figura 1 es una vista en corte de una máquina eléctrica equipada de un dispositivo según la invención y según un primer modo de realización, estando el enfriamiento exterior del estator realizado en una cavidad anular limitada por un revestimiento.

ES 2 314 351 T3

La figura 2 es una vista en corte longitudinal parcial de una máquina eléctrica según la invención y según un segundo modo de realización en el cual la máquina eléctrica está sumergida en un líquido.

La figura 3 es una vista en perspectiva esquemática de una parte de una máquina eléctrica que comprende un dispositivo de enfriamiento interno según la invención.

La figura 4 es una vista parcial en corte de una parte interna del estator de la máquina eléctrica con flujo radial representada en la figura 3.

La figura 5 es una vista en corte axial de una máquina con flujo axial que comprende un dispositivo de enfriamiento según la invención.

En la figura 1, se ha representado el conjunto de una máquina con flujo radial y de un dispositivo de enfriamiento del estator de la máquina.

La máquina con flujo radial, designada de manera general por la señal 1, comprende un árbol longitudinal 2 subido rotatorio en torno a un eje 4 en el interior de soportes 3a y 3b.

Sobre el árbol 2 se fija el rotor 6 de la máquina eléctrica cuyo estator 5, de forma anular, rodea el rotor siguiendo la misma dirección que toda su periferia externa.

El estator 5 implica un circuito magnético 5a que puede estar constituido, al menos parcialmente, por un apilamiento o un enrollamiento de chapas magnéticas. En el interior del circuito magnético 5a del estator se utilizan bien las muescas que se extienden según toda la longitud del estator en la dirección axial 4 y sobre una determinada profundidad en la dirección radial. Las muescas se colocan sucesivamente según la circunferencia de la periferia interna del estator, en torno al eje 4 que constituyen a la vez el eje del rotor y el estator.

En cada una de las muescas está dispuesto al menos un bobinado eléctrico 7 que es conectado, por conductores eléctricos 7', a medios de alimentación o recuperación de corriente, según la función de la máquina eléctrica (motor o generadora). Los bobinados 7 dispuestos en las muescas del estator pueden estar constituidos de espiras apiladas la una sobre la otra según varios niveles de enrollamiento, en la dirección radial de las muescas.

El rotor 6 implica una llanta tubular en acero que tiene una superficie exterior 6a de forma cilíndrica en la cual se fijan algunos elementos magnéticos como imanes permanentes 8 colocados según toda la longitud del rotor y que constituyen hileras sucesivas en la dirección circunferencial.

Como es visible en la figura 3, el circuito magnético 5a del estator presenta una forma tubular y las muescas sucesivas 10 en las cuales se colocan los bobinados 7 son dispuestas en el interior del circuito magnético, en direcciones radiales, extendiéndose cada una de las muescas entre una cara de entrada 5b a la periferia interna del estator 5 en la cual desembocan las muescas sucesivas 10 y una parte interna del circuito magnético 5a del estator. El rotor ha sido representado en la figura 3 bajo la forma de una pieza anular que constituye la llanta 6a del rotor cuya superficie periférica externa 6b constituye la cara activa del rotor 6 sobre la cual están montados los imanes permanentes 8. La cara de entrada 5b en la periferia interna del estator está colocada en frente de la cara activa 6b del rotor que porta los imanes permanentes, estando un espacio libre o entrehierro 9 dispuesto entre la cara de entrada 5b y la cara activa 6b.

Cada una de las muescas 10 se extiende desde una parte de entrada a nivel del entrehierro 9, hasta una parte de fondo dentro del circuito magnético 5a del estator.

El dispositivo de enfriamiento de la máquina eléctrica implica un dispositivo de enfriamiento periférico externo 11, de los tubos de enfriamiento interno 14, un primero y un segundos colectores 13a, 13b de alimentación y de recuperación de fluido de enfriamiento y un circuito externo de alimentación de colectores que comprenden en particular, una bomba de circulación 15 y un intercambiador de calor de enfriamiento 16 (visibles en la figura 1).

Un fluido de enfriamiento (por ejemplo de agua) circula en circuito cerrado en el espacio de enfriamiento periférico externo y en tubos de enfriamiento interno que están conectados, en sus extremos longitudinales, a los colectores 13a y 13b.

El dispositivo de enfriamiento periférico externo 11 implica una cavidad 17 de forma anular que rodea la carcasa 5c del estator que constituye su parte periférica externa. La cavidad 17 puede ser delimitada por chapas 19 que constituyen un revestimiento alrededor de la carcasa 5c ensambladas entre ellas y a la carcasa 5c por soldaduras. La carcasa 5c puede igualmente trabajarse a máquina para delimitar una cavidad que es cerrada por una chapa periférica.

Dentro de cada una de las muescas 10 del estator está dispuesto un tubo de enfriamiento 14 según la dirección longitudinal axial de la máquina eléctrica, dado que se conecta cada uno de los tubos de enfriamiento 14 con sus extremos a los colectores 13a y 13b.

El dispositivo de enfriamiento periférico externo 11 y los tubos de enfriamiento interno 14 pueden conectarse a los mismos colectores de alimentación y recuperación de fluido de enfriamiento o a colectores diferentes.

ES 2 314 351 T3

Según la invención, como es visible en particular en la figura 4, los tubos de enfriamiento interno 14 del estator están dispuestos cada uno en una parte de entrada de una muesca 10, es decir, la parte de extremo de la muesca situada cerca del entrehierro 9 proporcionado entre la cara de entrada 5b del estator a su parte periférica interna y los imanes permanentes 8 llevados por la cara activa 6b del rotor 6. Cada una de las muescas 10 contiene al menos un bobinado 7a dispuesto hacia el fondo de la muesca y al menos un bobinado 7b dispuesto hacia el entrehierro 9 en contacto con el cual se coloca el tubo de enfriamiento 14. Por lo tanto, el tubo de enfriamiento está en contacto con el plano de bobinado vecino del entrehierro según el cual la densidad de pérdida y en consecuencia el calentamiento son los más elevados.

El tubo de enfriamiento 14 cuya sección puede tener una forma rectangular presenta una anchura adaptada a la anchura de la muesca 10 de modo que el tubo sea mantenido perfectamente dentro de la muesca y en contacto térmico con el circuito magnético del estator y el bobinado situado lo más cerca de la entrada de la muesca. El tubo de enfriamiento 14 en contacto con la superficie externa del bobinado situado hacia el entrehierro garantiza el enfriamiento del bobinado por conducción y convección dentro del fluido de enfriamiento. Cada uno de los tubos de enfriamiento 14 se fija en la parte de entrada de una muesca 10 por un calzo 18 que puede ser encajado en surcos trabajados a máquina en la parte periférica interna del circuito magnético del estator, para realizar una fijación de los tubos de enfriamiento 14, por ejemplo del tipo de cola de milano. Cada uno de los tubos 14 es así intercalado y apretado entre la parte externa del bobinado dispuesto en la muesca y la cala encajada en la parte de entrada de la muesca.

Las calas 18 pueden ser fácilmente retiradas y colocadas, de tal manera que el desmontaje de los tubos de enfriamiento 14 es una operación que puede ser realizada sin dificultad. Se efectúa entonces fácilmente el remplazo de un tubo de enfriamiento, por ejemplo cuando el tubo presenta una fuga.

Tal operación no es posible en el caso de tubos de enfriamiento según la técnica anterior dispuestos en los fondos de muescas, estando los bobinados fijados para permanecer en el interior de las muescas.

Preferiblemente, los tubos de enfriamiento 14 (y eventualmente las calas 18) se realizan en un material que presenta una muy baja conductividad eléctrica y una buena conductibilidad térmica. Tales materiales pueden ser por ejemplo aleaciones metálicas de composiciones adaptadas tales como aceros inoxidable o la plata alemana, polímeros que contienen una carga o materiales compuestos. Se puede utilizar ventajosamente tubos de enfriamiento en un material comercializado por Cool Polymers Inc, tal como un polímero con estructura de cristal líquido (LPC), un sulfuro de propileno (PPS) o el Nylon 6. Tales materiales tienen una conductividad térmica superior a la de la resina epoxi y una conductividad eléctrica inferior a la del cobre.

El dispositivo de enfriamiento según la invención que implica tubos de enfriamiento en las partes de entrada de las muescas del estator permite proteger mucho más eficazmente los imanes permanentes 8 llevados por la llanta del rotor como los dispositivos según la técnica anterior. Por lo tanto, se pueden concebir máquinas más compactas cuyos imanes controlados en temperatura presentan rendimientos acrecentados.

Es posible combinar el enfriamiento interno del estator por tubos de enfriamiento a la entrada de las muescas con un enfriamiento externo para cualquier dispositivo dispuesto en el circuito magnético del estator o en la periferia de este circuito magnético.

En la figura 2, se ha representado una máquina eléctrica que comprende un dispositivo de enfriamiento según la invención y según una variante.

Los elementos correspondientes sobre las figuras 1 y 2 sufren las mismas señales.

La máquina eléctrica representada en la figura 2 que puede utilizarse para asegurar la propulsión de un buque está dispuesta dentro de una barquilla 20 que se suspende bajo el casco del buque por intermedio de una montante de fuerza 21 y sobre el cual está montada rotatoria una hélice de propulsión 22 del buque.

La máquina eléctrica 1 montada en el interior de la barquilla 20 comprende un estator 5 fijado en el cuerpo de la barquilla y un árbol 2 solidario del rotor 6 de dirección longitudinal montado en el interior de partes del extremo de la barquilla por medio de transportes 3a y 3b. El rotor 6 calado sobre el árbol 2 está montado en el interior del estator. El rotor 6 comprende una superficie externa activa en frente a una superficie periférica interna de entrada del estator que porta los imanes permanentes 8. Entre la cara activa del rotor que porta los imanes permanentes 8 y la cara interna de entrada del estator 5 se dispone un entrehierro 9.

El estator 5 del motor se realiza como se describe anteriormente y comprende muescas sucesivas en la dirección circunferencial del estator que desembocan en la cara periférica interna, o cara de entrada del estator, al nivel del entrehierro 9. Cada una de las muescas de dirección radial comprende una parte de entrada del lado del entrehierro 9 y un fondo en el interior de la culata y del estator.

El dispositivo de enfriamiento de la máquina eléctrica, designado de manera general por la señal 11, comprende solamente un circuito de enfriamiento interno que comprende tubos 14 colocados en cada una de las muescas del estator.

ES 2 314 351 T3

El enfriamiento externo del estator está asegurado por el agua en la cual se desplaza el buque, a través de la pared de la barquilla 20.

5 El circuito de enfriamiento interno del estator se comporta como anteriormente, dispuestos los tubos de enfriamiento 14 cada uno en una parte de entrada.

10 El fluido de enfriamiento se pone en circulación en el circuito de enfriamiento interno del estator y en particular en los tubos 14 por medio de colectores de alimentación y recuperación 13a y 13b conectados a un circuito de enfriamiento que comprende en particular una motobomba y un intercambiador de calor que pueden estar dispuestos en el interior de la montante de fuerza 21 en la cual se suspende la barquilla 20 del buque.

15 El funcionamiento y las ventajas del dispositivo de enfriamiento según la variante representada en la figura 2 son análogos a los que se describieron más arriba en lo que concierne al primer modo de realización representado en la figura 1.

En la figura 5, se ha representado una máquina eléctrica con flujo axial. La máquina eléctrica en su conjunto, el árbol de la máquina, los soportes del árbol y el eje de rotación serán designados respectivamente por las señales 1, 2, 3a, 3b y 4, como en el caso de las máquinas con flujo radial descritas anteriormente.

20 La máquina eléctrica 1 comprende un doble estator 25 y un doble rotor 26, 26' en forma de discos. El estator 25 se fija al interior de una carcasa 25c en chapa que forma un cárter que rodea la máquina eléctrica. El estator 25 comprende un circuito magnético 25a en forma de disco fijada en su periferia en la carcasa 25c y que tiene una parte central en forma de disco anular que constituye un circuito magnético generalmente realizado por enrollamiento de las chapas magnéticas. El disco de estator proporciona sobre sus dos caras opuestas las muescas 30, 30' que se extienden cada una en el interior del circuito magnético del estator en una dirección longitudinal radial con relación al estator, es decir, perpendicular al eje 4 de la máquina común al estator 25 y al rotor 26, 26' y en una dirección paralela al eje 4 de la máquina entre una cara de entrada 25b o 25'b del estator y un fondo de muesca en el interior de la carcasa magnética. Las muescas 30, 30' del estator están dispuestas sucesivamente en la dirección circunferencial del estator, alrededor al eje 4. En cada una de las muescas 30, 30' se coloca al menos un bobinado 27, 27' que se extiende según la dirección longitudinal de la muesca. Los bobinados 27, 27' se conectan a medios de alimentación o recuperación de corriente eléctrica.

35 El rotor comprende dos elementos de rotor 26 y 26' constituidos por llantas en acero en forma de discos. Las llantas en acero 26a y 26'a del rotor comprenden cada una, una cara activa 26b, 26'b en el cual se fijan hileras de imanes permanentes 28, 28' alineados según direcciones radiales de culatas anulares 26b y 26'b para constituir hileras sucesivas separadas, en la dirección circunferencial de los discos de rotor, en torno al eje 4 en el cual se fijan los discos de rotor. Las hileras de imanes de direcciones radiales en la dirección en frente a los bobinados 27 del estator, un espacio libre o entrehierro 29 de un espesor de algunos milímetros estando dispuesto entre los imanes del rotor y los bobinados del estator.

40 El estator en forma de disco anular se cruza, según su eje 4 por el árbol 2 que pasa a través de una apertura central del estator. Los discos del rotor se fijan en el árbol de manera que el estator, el árbol 2 y el rotor tengan un mismo eje 4.

45 El dispositivo de enfriamiento de la máquina eléctrica se realiza según la invención y comprende en particular un tubo de enfriamiento 34 colocado en la dirección longitudinal de cada una de las muescas 30 del estator, en la parte de entrada de la muesca, es decir, en la parte de muesca 30 adyacente al entrehierro 29. Los tubos 34 que son realizados de la misma forma que los tubos 14 de las máquinas con flujo radial descritas anteriormente se conectan a colectores 13a, 13b de distribución y recuperación de fluido de enfriamiento ellos mismos conectados a un circuito de enfriamiento 31 que comprende una bomba de circulación 35 y un intercambiador de calor enfriador 36.

El enfriamiento exterior del estator es realizado por circulación de un fluido al contacto del estator o la carcasa 25c del estator.

55 La realización y las ventajas del dispositivo de enfriamiento y en particular del dispositivo de enfriamiento interno según la invención son las mismas que en el caso de las máquinas con flujo radial descritas anteriormente.

Las principales ventajas del dispositivo según la invención son los siguientes:

60 - en el caso de máquinas eléctricas que presentan bobinados realizados en varios planes superpuestos, la densidad de pérdida es generalmente más elevada al nivel del plan de bobinado dispuesto del lado del entrehierro, es decir, en la parte de entrada de las muescas y un tubo de enfriamiento dispuesto en esta parte de muesca permite asegurar un mejor enfriamiento del plan de bobinado que sufre el más fuerte calentamiento,

65 - en el caso de máquinas sincrónicas con imanes permanentes, los imanes dispuestos sobre el rotor son especialmente vulnerables a la temperatura. Un calentamiento excesivo de los imanes se traduce en una disminución de su inducción remanente y los resultados de la máquina pueden encontrarse alterados. Los tubos dispuestos en entrada de muescas permiten disponer de una fuente fría entre el estator en el cual se produce la mayoría de las pérdidas eléctricas

ES 2 314 351 T3

y del calentamiento y los imanes permanentes. Al limitar la propagación de calor entre el estator y el rotor, se mejoran los resultados de los imanes y se pueden concebir máquinas eléctricas más compactas.

5 En el caso en el que se utilicen materiales que tienen una conductividad eléctrica reducida y una buena conductividad térmica para realizar los tubos y eventualmente las calas de fijación de los tubos de enfriamiento en entrada de muescas, se limitan las pérdidas en el estator debidas a las variaciones del campo magnético en proximidad de la cara de entrada del estator vecina del entrehierro.

10 La invención no se limita estrictamente a los métodos de realización que se describieron.

Se pueden así prever dispositivos de enfriamiento que comprenden un circuito externo de enfriamiento del estator de una forma cualquiera o sin circuito de enfriamiento externo del estator.

15 Se puede utilizar un circuito de enfriamiento interno que comprende tubos de enfriamiento solamente en las partes de entrada de las muescas o incluso de los tubos de enfriamiento en las partes de entrada y en los fondos de muescas.

La invención se aplica al caso de cualquier máquina eléctrica con flujo radial o con flujo axial cuyo estator comprende muescas que contienen bobinados que desembocan a nivel del entrehierro de la máquina eléctrica.

20 La invención se aplica en particular a las máquinas eléctricas de propulsión naval que equipan los buques de superficie o a los submarinos.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo de enfriamiento de una máquina eléctrica (1) que comprende un estator (5, 25) en el cual se proveen
muecscas sucesivas (10, 30, 30') en una dirección circunferencial del estator (5, 25) en torno a un eje de estator (4),
que contienen cada una al menos un bobinado (7, 27, 27') y que desembocan en una cara de entrada (5b, 25b) del
estator (5, 25), y un rotor (6, 26) montado rotatorio en torno al eje (4) del estator (5, 25), que tiene una cara activa
(6b, 26b) sobre la cual están dispuestos elementos magnéticos (8, 28, 28') constituidos preferiblemente por imanes
10 permanentes dispuestos frente a la cara de entrada (5b, 25b) del estator (5, 25) y proporcionando un espacio libre (9,
29) o entrehierro con la cara de entrada (5b, 25b) del estator (5, 25), extendiéndose cada una de las muescas (10, 30,
30') del estator en una dirección longitudinal y desde la cara de entrada (5b, 25b) del estator (5, 25) dirigida hacia
el entrehierro (9, 29), en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal, según una determinada profundidad
de muesca (10, 30, 30'), comprendiendo el dispositivo de enfriamiento, en cada una de las muescas (10, 30, 30')
15 del estator, al menos un tubo de enfriamiento (14, 14', 34) que se extiende en la dirección longitudinal de la muesca
(10, 30, 30') y medios (11, 31) de puesta en circulación de un fluido de enfriamiento en el interior de cada uno de
los tubos de enfriamiento (14, 14', 34) del estator (5, 25), estando los tubos de enfriamiento en comunicación en sus
extremos con colectores (13a, 13b) de alimentación y evacuación de fluido de enfriamiento conectados a un circuito
de enfriamiento (11, 31) que comprende al menos una bomba (15, 35) y un intercambiador de calor (16, 36), de modo
20 que el dicho fluido de enfriamiento circule en circuito cerrado, para cada una de las muescas (10, 30, 30') del estator
(5, 25), estando al menos un tubo de enfriamiento (14, 34) dispuesto en la parte de entrada de la muesca (10, 30, 30')
lo más cerca del entrehierro (9, 29), **caracterizado** porque el o cada tubo de enfriamiento (14) está fijado en la parte
de entrada de la muesca (10, 30, 30') por una cala (18) susceptible de ser retirada y puesta en su lugar al desmontar el
o de cada tubo de enfriamiento (14).

25 2. Dispositivo de enfriamiento según la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que el fluido de enfria-
miento es un líquido como el agua.

30 3. Dispositivo de enfriamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2 de una máquina eléctrica (1) del
tipo con flujo radial que comprende un estator (5) de forma anular que rodea un rotor (6) y que comprende muescas
(10) cuya dirección longitudinal es paralela con un eje (4) de la máquina eléctrica común al rotor (6) y al estator
(5) **caracterizado** por el hecho que comprende a la vez un dispositivo (11) de enfriamiento externo que tiene una
cavidad (17) de circulación de fluido de enfriamiento que rodea la parte periférica externa del estator y los tubos
de enfriamiento interno (14) dispuesto según la dirección longitudinal de las muescas (10) en su parte de entrada,
35 estando la cavidad (17) del dispositivo de enfriamiento externo (11) en comunicación con los colectores (13a, 13b) de
alimentación y de evacuación de fluido de enfriamiento que comprende un bomba (15) y un intercambiador de calor
(16).

40 4. Dispositivo de enfriamiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, en el caso de una máquina
eléctrica sumergida en un fluido que asegura el enfriamiento externo del estator (5, 25) de la máquina eléctrica, **ca-
racterizado** por el hecho que comprende solamente un circuito de enfriamiento interno del estator (5, 25) incluyendo,
en las partes de entrada de cada una de las muescas del estator (10, 30, 30'), un tubo de enfriamiento (14, 34) en
comunicación con sus extremos con los colectores (13a, 13b) de alimentación y evacuación de fluido de enfriamiento
conectados a un circuito de enfriamiento (11, 31) que comprende al menos una bomba (15, 35) y un intercambiador
de calor (16, 36).

45 5. Dispositivo según la reivindicación 4, en el caso de una máquina eléctrica de propulsión naval fijada en una
barquilla (20) suspendida por una montante de fuerza (21) al casco de un buque, **caracterizado** por el hecho de que
los medios de alimentación y evacuación de fluido de enfriamiento del circuito de enfriamiento interno del estator que
comprende en particular una bomba y un intercambiador de calor están dispuestos en un montante de fuerza (21) de
50 suspensión de la barquilla (20).

55 6. Dispositivo según la reivindicación 4 de enfriamiento de una máquina eléctrica con flujos axiales que compren-
den un estator (25) en forma de disco anular y un rotor (26) que comprende al menos un circuito magnético (26a, 26b)
en forma de disco, el estator (25) que comprende muescas (30, 30') cuya dirección longitudinal es radial con relación
al disco del estator y perpendicular al eje (4) de la máquina eléctrica, **caracterizado** por el hecho de que los tubos de
enfriamiento (34) están dispuestos según la dirección longitudinal de las muescas, en direcciones radiales del circuito
magnético (25a) con forma de disco del estator (25).

60 7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** por el hecho de que los tubos de
enfriamiento (14, 34) son de un material que tiene una baja conductividad eléctrica inferior a la del cobre y una buena
conductibilidad térmica superior a la de la resina epoxi.

65 8. Dispositivo según la reivindicación 7, **caracterizado** por el hecho de que los tubos de enfriamiento están hechos
en uno de los siguientes materiales: aleaciones metálicas tales como aceros inoxidables y plata alemana, polímeros del
tipo LCP, PPS o nylon, polímeros que contienen una carga, materiales compuestos.

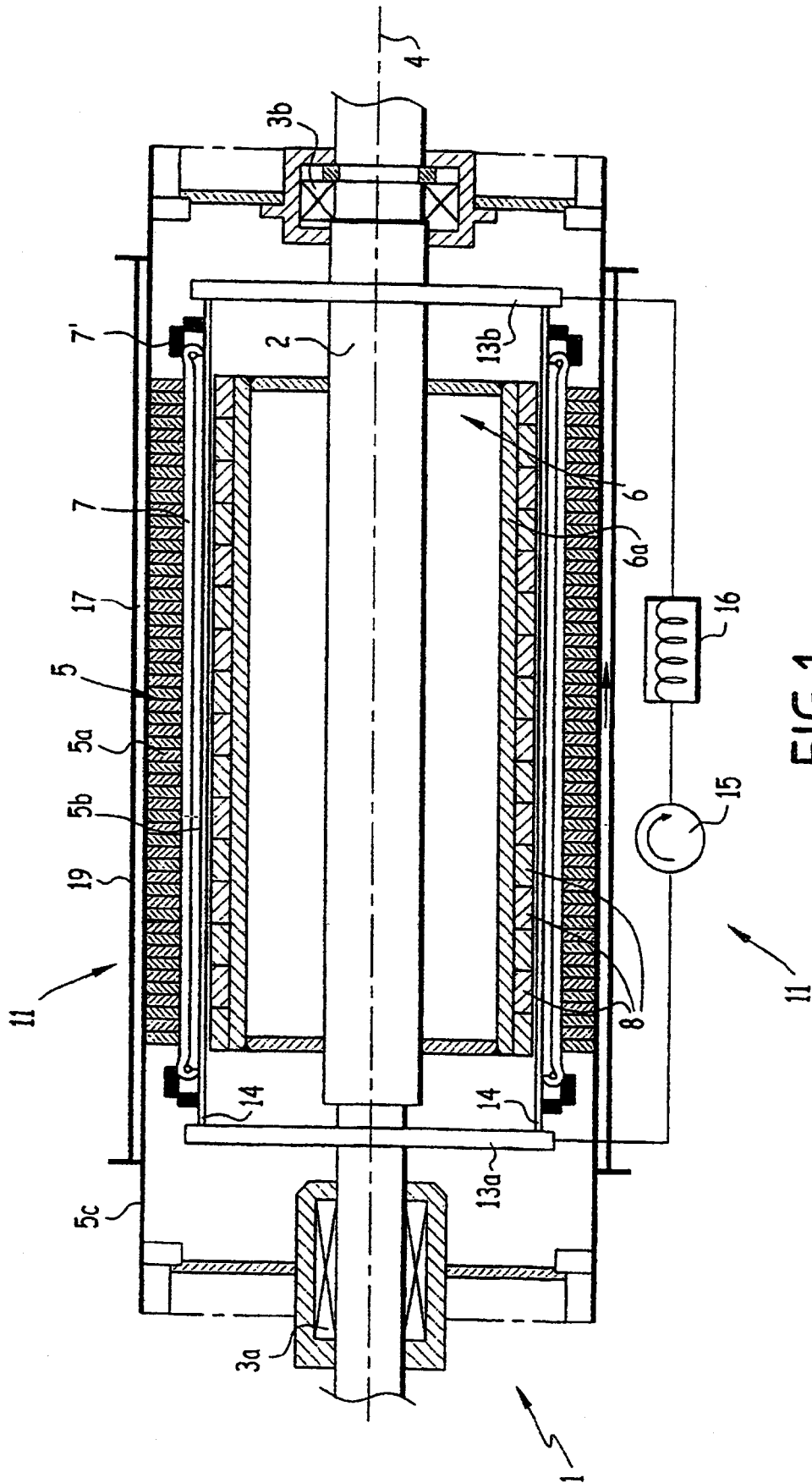


FIG. 1

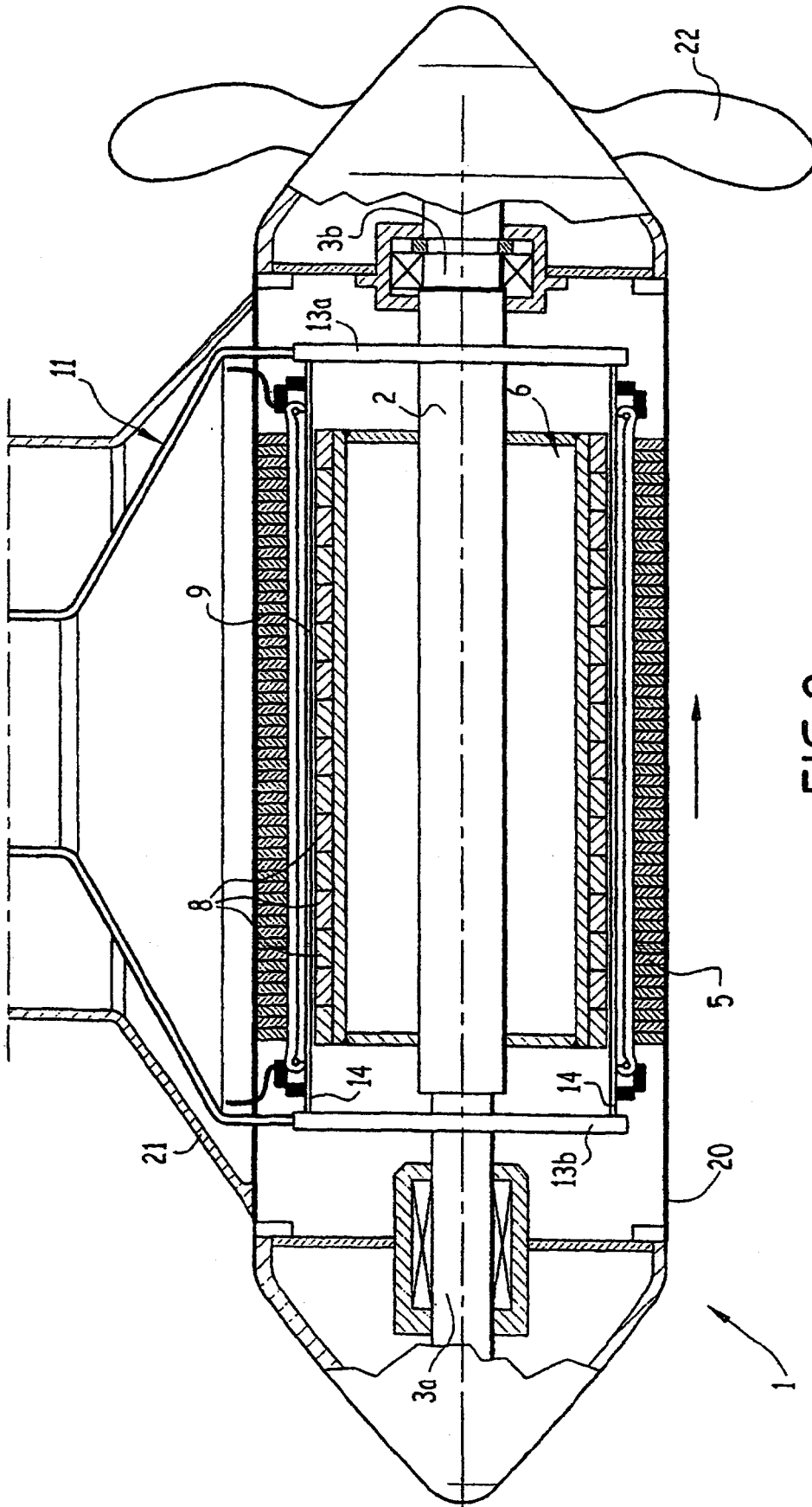


FIG. 2

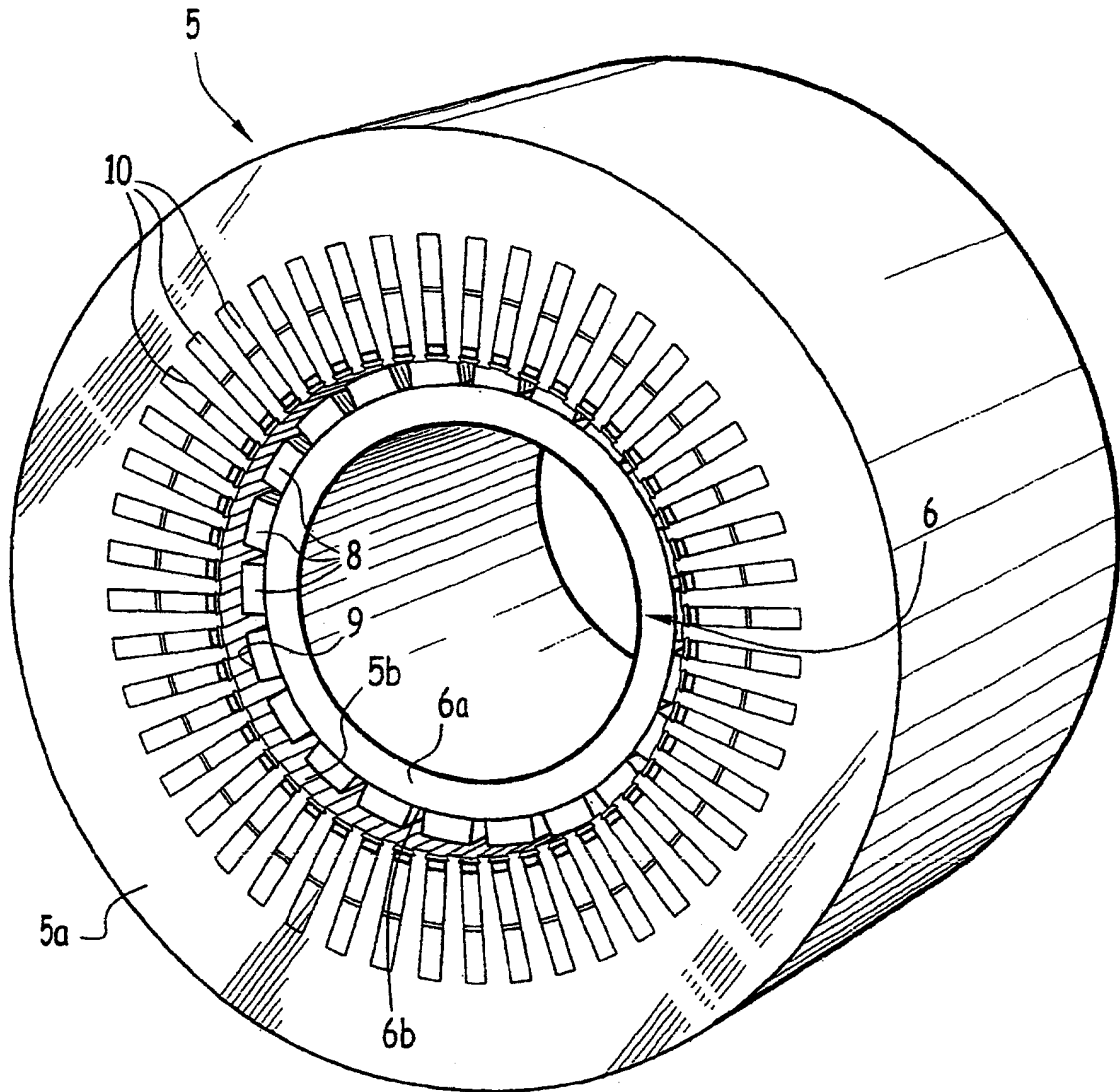


FIG.3

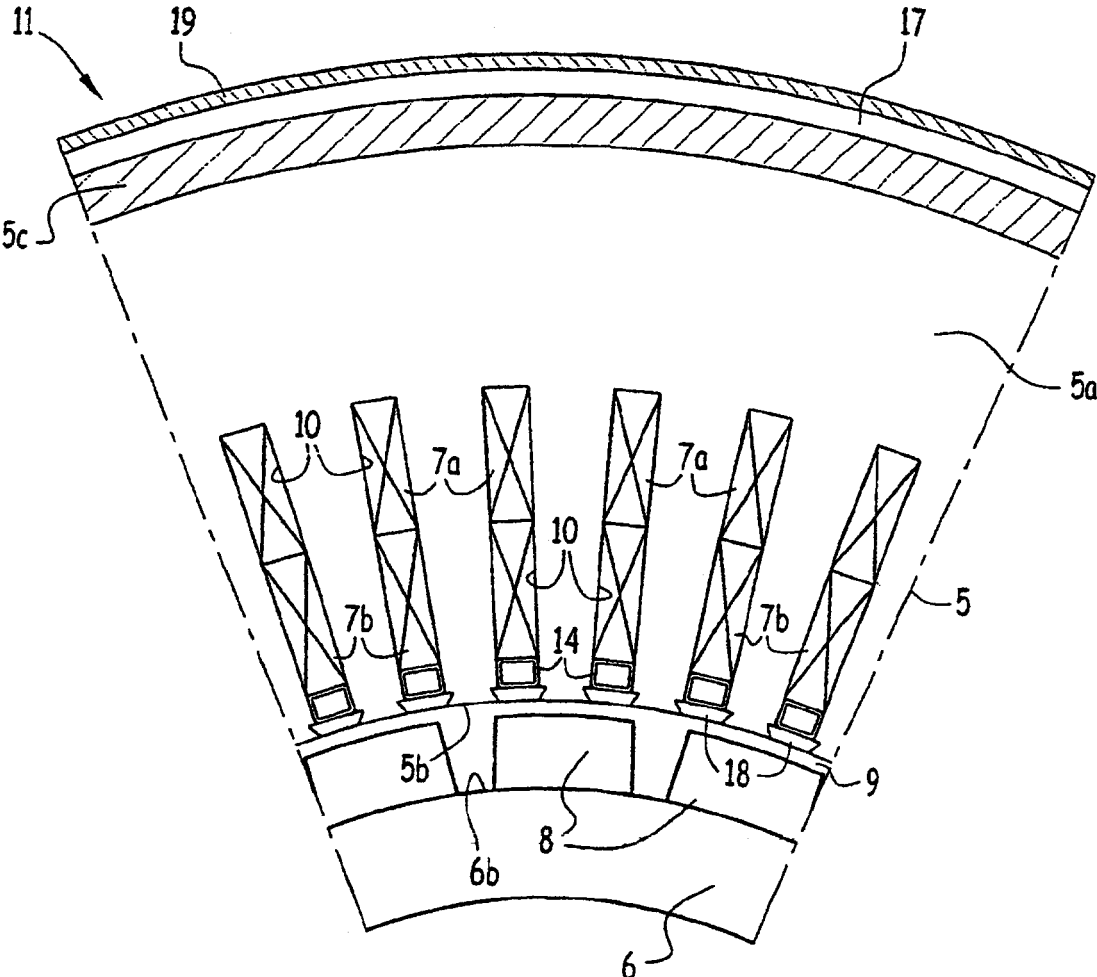


FIG.4

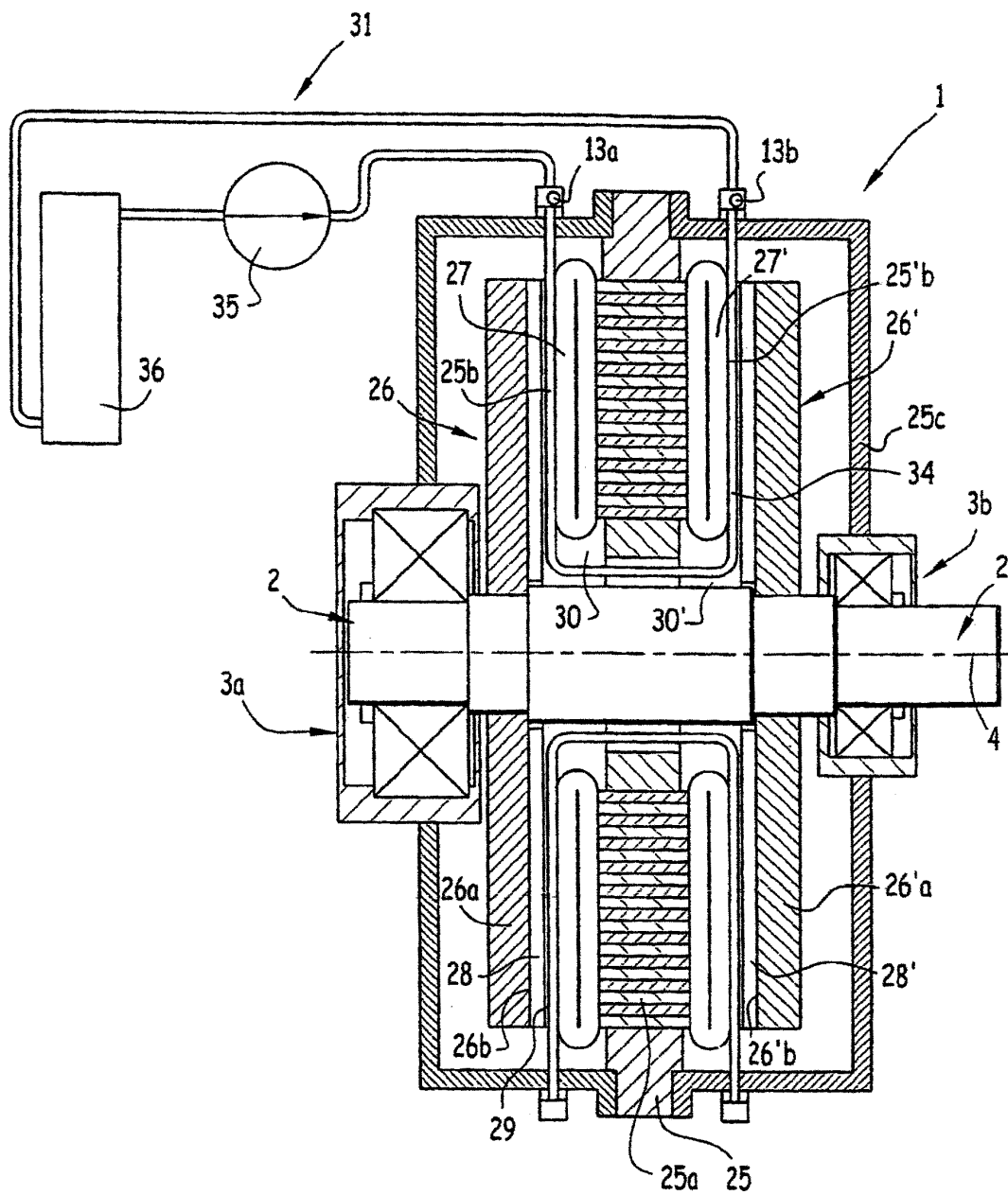


FIG. 5