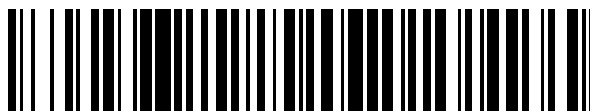


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 129**

51 Int. Cl.:

H02K 11/04 (2006.01)

H02K 9/19 (2006.01)

H02K 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2012 E 12156101 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2490323**

54 Título: **Refrigeración de una máquina eléctrica de imanes permanentes**

30 Prioridad:

18.02.2011 US 201113030720

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

18.07.2019

73 Titular/es:

**HAMILTON SUNDSTRAND SPACE SYSTEMS
INTERNATIONAL, INC. (100.0%)
One Hamilton Road
Windsor Locks, CT 06096-1010, US**

72 Inventor/es:

HIMMELMANN, RICHARD A.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 720 129 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

Refrigeración de una máquina eléctrica de imanes permanentes

Antecedentes de la invención

5 El objeto principal descrito en la presente memoria se refiere a máquinas eléctricas. Más específicamente, la descripción del objeto se refiere a la refrigeración de máquinas eléctricas de imanes permanentes. Los procedimientos de refrigeración de dichas máquinas de la técnica anterior son conocidos a partir de los documentos US 2006/0071568 y US 2005/0079069.

10 El documento US 2006/0071568 describe una máquina de imanes permanentes que comprende: un motor que incluye una pluralidad de imanes permanentes, un estator en comunicación magnética con el rotor y posicionado de manera que define un espacio de aire radial entre el rotor y el estator; una carcasa configurada para sellar el rotor y el estator de un entorno exterior; en el que dicho sistema de refrigeración comprende: un elemento de bombeo configurado para forzar un flujo de aire a través de la pluralidad de imanes permanentes del rotor de la máquina eléctrica para eliminar la energía térmica desde el mismo; una pluralidad de canales de refrigeración dispuestos en la carcasa de la máquina eléctrica configurados para transferir la energía térmica desde el estator de la máquina eléctrica a un flujo de refrigerante líquido a través de la pluralidad de canales de refrigeración; un intercambiador de calor en comunicación térmica con la pluralidad de canales de refrigeración para transferir energía térmica desde el flujo de aire al refrigerante líquido.

15 Las máquinas eléctricas de imanes permanentes, tales como motores y generadores, han sido usados durante muchos años. Las máquinas de imanes permanentes se han visto favorecidas con relación otros tipos debido a su eficiencia, simplicidad, robustez y tolerancia a grandes espacios de aire radiales entre el rotor y el estator de la máquina. Sin embargo, las máquinas de imanes permanentes requieren la refrigeración de los imanes permanentes para prevenir una desmagnetización de los imanes permanentes. Esta empieza a ocurrir generalmente para algunos materiales magnéticos cuando los imanes permanentes superan una temperatura de aproximadamente 200 grados Celsius, mientras que otros pueden comenzar a desmagnetizarse a temperaturas más bajas. Una vez que se ha producido la desmagnetización, la máquina eléctrica ya no es capaz de cumplir los objetivos de rendimiento especificados.

20 Típicamente, se usan diversos procedimientos para prevenir la desmagnetización. En primer lugar, la máquina puede estar diseñada con suficiente capacidad en exceso para reducir la carga térmica de los imanes. Sin embargo, esto resulta en máquinas que son demasiado grandes físicamente. Otras máquinas utilizan un ventilador para introducir aire relativamente fresco a las superficies de los imanes permanentes. Sin embargo, este tipo de refrigeración no puede ser usado cuando la máquina debe ser sellada del entorno exterior. Un tercer procedimiento consiste en inundar la cavidad del rotor de la máquina con refrigerante. Esto es útil en máquinas que deben estar selladas del entorno exterior, pero las pérdidas por resistencia fluidodinámica en el rotor, debidas a la presencia del refrigerante, pueden afectar bastante severamente a la eficiencia de la máquina. Un cuarto procedimiento utiliza un sistema activo en el que el refrigerante es pulverizado directamente sobre los imanes o se hace circular a través del conjunto de rotor. Típicamente, este enfoque requiere un sistema de lubricación y un sistema de barrido, especialmente si la máquina no puede ser drenada por gravedad.

30 Además, en los sistemas de alta potencia, los componentes auxiliares, tales como un inversor/rectificador activo (en adelante, "inversor") y/o los cables de alimentación que conectan el inversor a la máquina eléctrica son sometidos a los mismos entornos hostiles que la máquina eléctrica y deber ser refrigerados de manera eficaz para preservar su vida funcional. Típicamente, el inversor está equipado con disipadores de calor dedicados, ventiladores interiores operados eléctricamente, bombas de calor, etc., para mantener los componentes dentro de sus valores térmicos nominales. Estos dispositivos de refrigeración aumentan sustancialmente el coste, el tamaño y la complejidad del inversor y, típicamente, disminuyen la fiabilidad del sistema máquina eléctrica/inversor.

Breve descripción de la invención

45 Según un primer aspecto de la invención, se proporciona una máquina eléctrica de imanes permanentes que comprende: un rotor que incluye una pluralidad de imanes permanentes; un estator en comunicación magnética con el rotor y posicionado de manera que define un espacio de aire radial entre el rotor y el estator; una carcasa configurada para sellar el rotor y el estator de un entorno exterior; un componente auxiliar que requiere refrigeración conectado a la máquina eléctrica; y un sistema de refrigeración para el componente auxiliar de la máquina eléctrica conectado para refrigerar el componente auxiliar con un flujo de aire, en el que dicho sistema de refrigeración comprende: un elemento de bombeo configurado para forzar el flujo de aire a través de la pluralidad de imanes permanentes del rotor de la máquina eléctrica para eliminar la energía térmica de los mismos; una pluralidad de canales de refrigeración dispuestos en la carcasa de la máquina eléctrica configurados para transferir energía térmica desde el estator de la máquina eléctrica a un flujo de refrigerante líquido a través de la pluralidad de canales de refrigeración; un intercambiador de calor en comunicación

térmica con la pluralidad de canales de refrigeración para transferir la energía térmica desde el flujo de aire al refrigerante líquido; y uno o más conductos de suministro de refrigerante configurados para desviar una parte del flujo de aire desde el intercambiador de calor al componente auxiliar de la máquina eléctrica para permitir la transferencia de energía térmica desde el componente auxiliar al flujo de aire; en el que el componente auxiliar está conectado operativamente a la máquina eléctrica mediante uno o más cables de alimentación; en el que los uno o más cables de alimentación está dispuestos en una carcasa de cables de alimentación configurada para hacer pasar un flujo de aire a través de la misma, refrigerando de esta manera los uno o más cables de alimentación.

Estas y otras ventajas y características se harán más evidentes a partir de la descripción siguiente cuando se considera junto con los dibujos.

10 Breve descripción de los dibujos

El objeto principal, que se considera como la invención, se detalla particularmente y se reivindica claramente en las reivindicaciones al final de la memoria descriptiva. Las características y ventajas indicadas anteriormente, así como otras, de la invención son evidentes a partir de la descripción detallada siguiente considerada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

15 La Fig. 1 es una vista en sección transversal de una realización de una máquina eléctrica de imanes permanentes;

La Fig. 2 es una vista en despiece ordenado de una realización de una máquina eléctrica de imanes permanentes;

La Fig. 3 es otra vista en sección transversal de una realización de una máquina eléctrica de imanes permanentes; y

La Fig. 4 es una vista esquemática de otra realización de una máquina eléctrica.

20 La descripción detallada explica las realizaciones de la invención, junto con sus ventajas y características, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos.

Descripción detallada de la invención

25 En la Fig. 1 se muestra una vista en sección transversal de una máquina 10 eléctrica de imanes permanentes. La máquina 10 eléctrica incluye un conjunto 12 de rotor situado, de manera giratoria, en un eje 14 de la máquina eléctrica. El rotor 12 incluye una pluralidad de imanes 16 permanentes. Un estator 18 está situado radialmente fuera del rotor 12 definiendo un espacio 20 de aire radial entre el estator 18 y el rotor 12. El estator 18 incluye un núcleo 22 de estator y una pluralidad de devanados 24 de estator que se extienden a través del núcleo 22 de estator que son magnéticamente interactivos con los imanes 16 permanentes. El rotor 12 y el estator 18 están situados en el interior de una carcasa 26 que sella la máquina 10 eléctrica del entorno exterior.

30 En la Fig. 2 se muestra una vista en despiece ordenado de la máquina 10 eléctrica. La carcasa 26 incluye una carcasa 28 exterior y una carcasa 30 interior situada entre la carcasa 28 exterior y el estator 18. Una pluralidad de canales 32 de refrigeración están situados en la carcasa 26 entre el estator 18 y un diámetro 34 exterior de la carcasa 26. Tal como se muestra en la Fig. 2, en algunas realizaciones, la pluralidad de canales 32 de refrigeración se extienden circunferencialmente alrededor de la máquina 10 eléctrica. Sin embargo, debe apreciarse que se contemplan, dentro del alcance de la presente descripción, otras disposiciones de los canales 32 de refrigeración, por ejemplo, laberínticas, que se extienden axialmente o canales 32 de refrigeración helicoidales, en espiral, o aletas de tipo pilar ("pin fins") o similares. Una o más entradas 36 de refrigerante y una o más salidas 38 de refrigerante están situadas en la carcasa 26 y están conectadas a la pluralidad de canales 32 de refrigeración para la entrada de refrigerante a, y la salida de refrigerante desde, la pluralidad de canales 32 de refrigeración. El refrigerante es, por ejemplo, agua o una mezcla de agua y etilenglicol, o una mezcla de agua y propilenglicol, aceite o cualquier otro fluido adecuado. El refrigerante es introducido a la pluralidad de canales 32 de refrigeración a través de las una o más entradas 36 de refrigerante desde una fuente de refrigerante (no mostrada). A medida que el refrigerante fluye a través de la pluralidad de canales 32 de refrigeración, tal como se muestra en la Fig. 3, la energía térmica es transferida al refrigerante desde el estator 18. El refrigerante fluye a través de la pluralidad de canales 32 de refrigeración sin entrar al rotor 12, o a la cavidad del rotor. El refrigerante sale de la carcasa 26 a través de una o más salidas 38 de refrigerante y la energía térmica es disipada externamente a la máquina 10 eléctrica.

45 Con referencia todavía a la Fig. 3, la máquina 10 eléctrica incluye además un circuito de refrigeración por aire. Un elemento de bombeo, por ejemplo, un soplador 40 centrífugo, está situado en el rotor 12. Aunque la máquina 10 eléctrica está sellada del entorno exterior, hay presente un volumen de aire en el interior de la carcasa 26. Cuando es accionado por el rotor 12, el soplador 40 centrífugo añade carga al volumen de aire en la carcasa 26, forzando el aire sobre los imanes 16 permanentes y a través del espacio 20 de aire para establecer un flujo de aire en circuito cerrado. En algunas realizaciones, tal como se muestra en la Fig. 3, los devanados 24 del estator son alargados en al menos un lado del

núcleo 22 del estator, de manera que el volumen de aire forzado sobre los imanes 16 permanentes sea dirigido también a lo largo y ancho del devanado 24 del estator para eliminar la energía térmica desde el mismo. Debe apreciarse que, aunque la realización de la Fig. 3 incluye un soplador 40 centrífugo, otras realizaciones pueden incluir otros elementos de ventilador para añadir carga al volumen de aire. Por ejemplo, algunas realizaciones pueden incluir características de ventilador integradas en el rotor 12 o fijadas al mismo. El flujo de aire a través de los imanes 16 permanentes transfiere energía térmica desde los imanes 16 permanentes al aire. El aire fluye a través del espacio 20 de aire y a un intercambiador 42 de calor integral con la carcasa 26 radialmente fuera de la pluralidad de canales 32 de refrigeración. Aunque la realización de la Fig. 3 incluye un intercambiador 42 de calor integral con la carcasa 26, debe apreciarse que otras realizaciones pueden incluir otras configuraciones y/o ubicaciones de intercambiador 42 de calor. Por ejemplo, el intercambiador 42 de calor puede estar asegurado a un exterior de la carcasa 26, o en otra ubicación, con los canales 26 de refrigeración extendiéndose al intercambiador 42 de calor. En el intercambiador 42 de calor, la energía térmica en el aire es transferida al intercambiador 42 de calor y, posteriormente, al refrigerante que fluye a través de los canales 32 de refrigeración. El refrigerante elimina la energía térmica desde la máquina eléctrica, tal como se ha descrito anteriormente. El soplador 40 centrífugo mantiene el flujo de aire a través de la máquina de manera que, cuando el calor es eliminado en el intercambiador 42 de calor, el aire circula de vuelta al rotor 12 a través del espacio 20 de aire y a través de los imanes 16 permanentes para absorber más calor desde los mismos.

Con referencia ahora a la Fig. 4, uno o más componentes 44 auxiliares, tales como un inversor y/o un rectificador activo o un controlador de la máquina eléctrica, están conectados a la máquina 10 eléctrica a través de uno o más cables 46 de alimentación, que transfieren energía entre la máquina 10 eléctrica y el componente 44 auxiliar. Una parte del flujo de aire es desviada desde el intercambiador 42 de calor al componente 44 auxiliar a través de uno o más conductos 48 de suministro de aire de refrigeración que se extienden desde el intercambiador 42 de calor al componente 44 auxiliar. El aire de refrigeración fluye desde los conductos 48 de suministro a un interior del componente 44 auxiliar, por ejemplo, a través de una pluralidad de conductos de refrigeración de componentes (no mostrados), que eliminan la energía térmica desde el componente 44 auxiliar transfiriéndola al flujo de aire. A continuación, el flujo de aire es devuelto a la máquina 10 eléctrica, donde la energía térmica es eliminada del flujo de aire, que es reciclado al sistema de refrigeración por aire de circuito cerrado de la máquina 10 eléctrica, tal como se ha descrito anteriormente.

En algunas realizaciones, el flujo de aire sale del interior del componente 44 auxiliar a través de una carcasa 52 de los cables de alimentación que contiene los uno o más cables 46 de alimentación. En algunas realizaciones, tal como cuando la máquina 10 eléctrica funciona bajo el agua u otro entorno hostil, la carcasa 52 de los cables de alimentación es hermética. A medida que el flujo de aire fluye a través de la carcasa 52 de los cables de alimentación, se transfiere energía térmica adicional al flujo de aire desde los cables 46 de alimentación, refrigerando de esta manera los cables 46 de alimentación. La refrigeración de los cables 52 de alimentación permite que los cables 52 de alimentación sean formados a partir de un cable de calibre más pequeño que los cables de alimentación no refrigerados similares. A continuación, el flujo de aire continúa a la máquina 10 eléctrica, donde la energía térmica es eliminada del flujo de aire, que es reciclado al sistema de refrigeración de aire de circuito cerrado de la máquina 10 eléctrica, tal como se ha descrito anteriormente.

Aunque la invención se ha descrito en detalle en conexión con solo un número limitado de realizaciones, debería entenderse fácilmente que la invención no está limitada a dichas realizaciones descritas. Por el contrario, el alcance de la invención está definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Máquina (10) eléctrica de imanes permanentes que comprende:
- un rotor (12) que incluye una pluralidad de imanes (16) permanentes;
 - 5 un estator (18) en comunicación magnética con el rotor (12) y posicionado de manera que defina un espacio (20) de aire radial entre el rotor (12) y el estator (18);
 - una carcasa (26) configurada para sellar el rotor (12) y el estator (18) de un entorno exterior;
 - un componente (44) auxiliar que requiere refrigeración conectado a la máquina (10) eléctrica; y
 - 10 un sistema de refrigeración para el componente (44) auxiliar de la máquina (10) eléctrica conectado para refrigerar el componente (44) auxiliar con un flujo de aire,
 - en el que dicho sistema de refrigeración comprende:
 - un elemento (40) de bombeo configurado para forzar el flujo de aire a través de la pluralidad de imanes (16) permanentes del rotor (12) de la máquina (10) eléctrica para eliminar la energía térmica desde los mismos;
 - 15 una pluralidad de canales (32) de refrigeración dispuestos en la carcasa (26) de la máquina (10) eléctrica configurados para transferir energía térmica desde el estator (18) de la máquina (10) eléctrica a un flujo de refrigerante líquido a través de la pluralidad de canales (32) de refrigeración;
 - un intercambiador (42) de calor en comunicación térmica con la pluralidad de canales (32) de refrigeración para transferir la energía térmica desde el flujo de aire al refrigerante líquido; y
 - 20 uno o más conductos (48) de suministro de refrigerante configurados para desviar una parte del flujo de aire desde el intercambiador (42) de calor al componente (44) auxiliar de la máquina (10) eléctrica para permitir la transferencia de energía térmica desde el componente (44) auxiliar al flujo de aire;
 - en el que el componente (44) auxiliar está conectado operativamente a la máquina (10) eléctrica a través de uno o más cables (46) de alimentación;
 - 25 en el que los uno o más cables (46) de alimentación están dispuestos en una carcasa (52) de cables de alimentación configurada para hacer pasar el flujo de aire a través de la misma, refrigerando de esta manera los uno o más cables (46) de alimentación.
2. Máquina eléctrica según la reivindicación 1, en la que el elemento (40) de bombeo del sistema de refrigeración es un soplador (40) centrífugo.
3. Máquina eléctrica según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el sistema de refrigeración está configurado para recircular el flujo de aire en un bucle.
- 30 4. Máquina eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el componente (44) auxiliar es un inversor y/o un rectificador activo.
5. Máquina eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, configurada para devolver el flujo de aire a la máquina (10) eléctrica a través de la carcasa (52) de los cables de alimentación.
- 35 6. Máquina eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la carcasa (52) de los cables de alimentación es sustancialmente hermética.
7. Máquina eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el intercambiador (42) de calor es integral con la carcasa (26).
8. Procedimiento para refrigerar un componente (44) auxiliar de una máquina (10) eléctrica de imanes permanentes sellada que comprende:
- 40 proporcionar una máquina (10) eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
- mover un flujo de refrigerante líquido a través de la pluralidad de canales (32) de refrigeración en la carcasa (26)

- de la máquina (10) eléctrica;
- transferir la energía térmica desde el estator (18) de la máquina (10) eléctrica al refrigerante líquido que fluye a través de la pluralidad de canales (32) de refrigeración;
- 5 forzar una circulación de aire en el interior de la carcasa (26) pasando por la pluralidad de imanes (16) permanentes del rotor (12) de la máquina eléctrica;
- transferir la energía térmica desde la pluralidad de imanes (16) permanentes al aire;
- transferir la energía térmica desde el aire al refrigerante líquido;
- caracterizado por las siguientes etapas:
- 10 forzar al menos una parte del flujo de aire desde la máquina (10) eléctrica al componente (44) auxiliar de la máquina eléctrica;
- hacer fluir el flujo de aire a través del componente (44) auxiliar; y
- transferir energía térmica desde el componente (44) auxiliar al flujo de aire;
- 15 hacer fluir la parte del flujo de aire a través de una carcasa (52) de los cables de alimentación que contiene uno o más cables (46) de alimentación para conectar operativamente el componente (44) auxiliar a la máquina (10) eléctrica.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, que comprende forzar la parte del flujo de aire desde la máquina (10) eléctrica al componente (44) auxiliar desde el intercambiador (42) de calor dispuesto en la carcasa (26).
10. Procedimiento según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, que comprende transferir energía térmica desde los uno o más cables (46) de alimentación a la parte del flujo de aire.
- 20 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende transferir la energía térmica desde los devanados del estator (18) haciendo fluir el flujo de aire a través de los devanados.

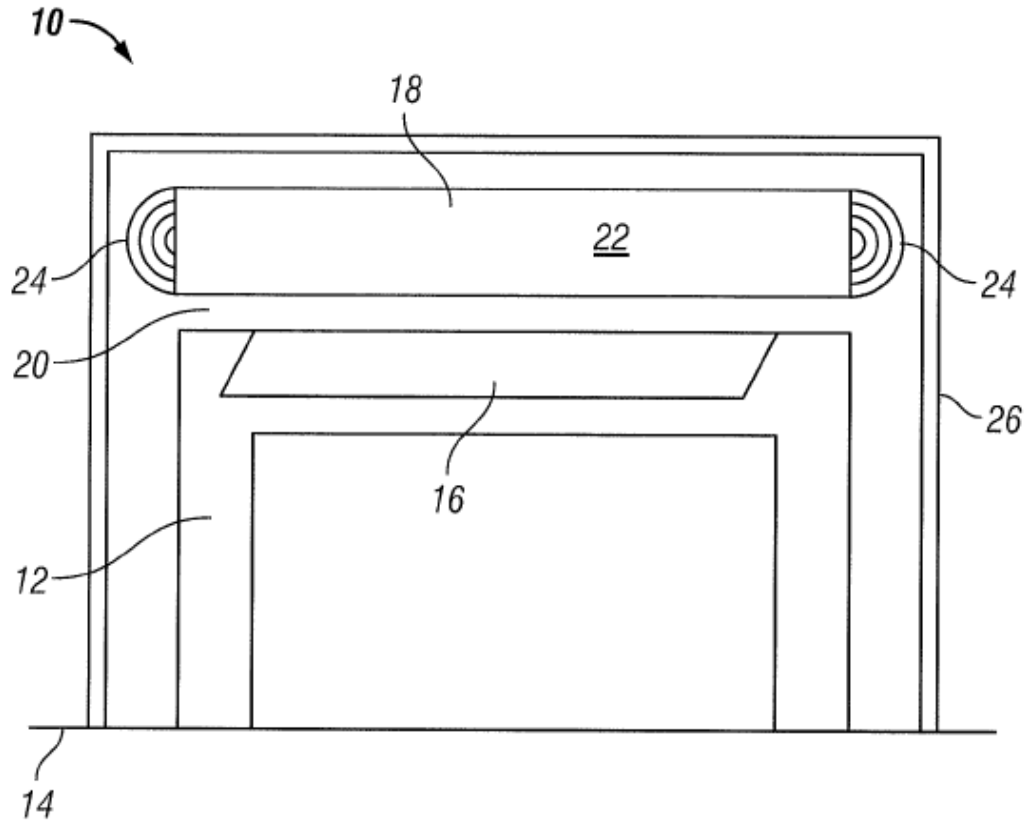


FIG. 1

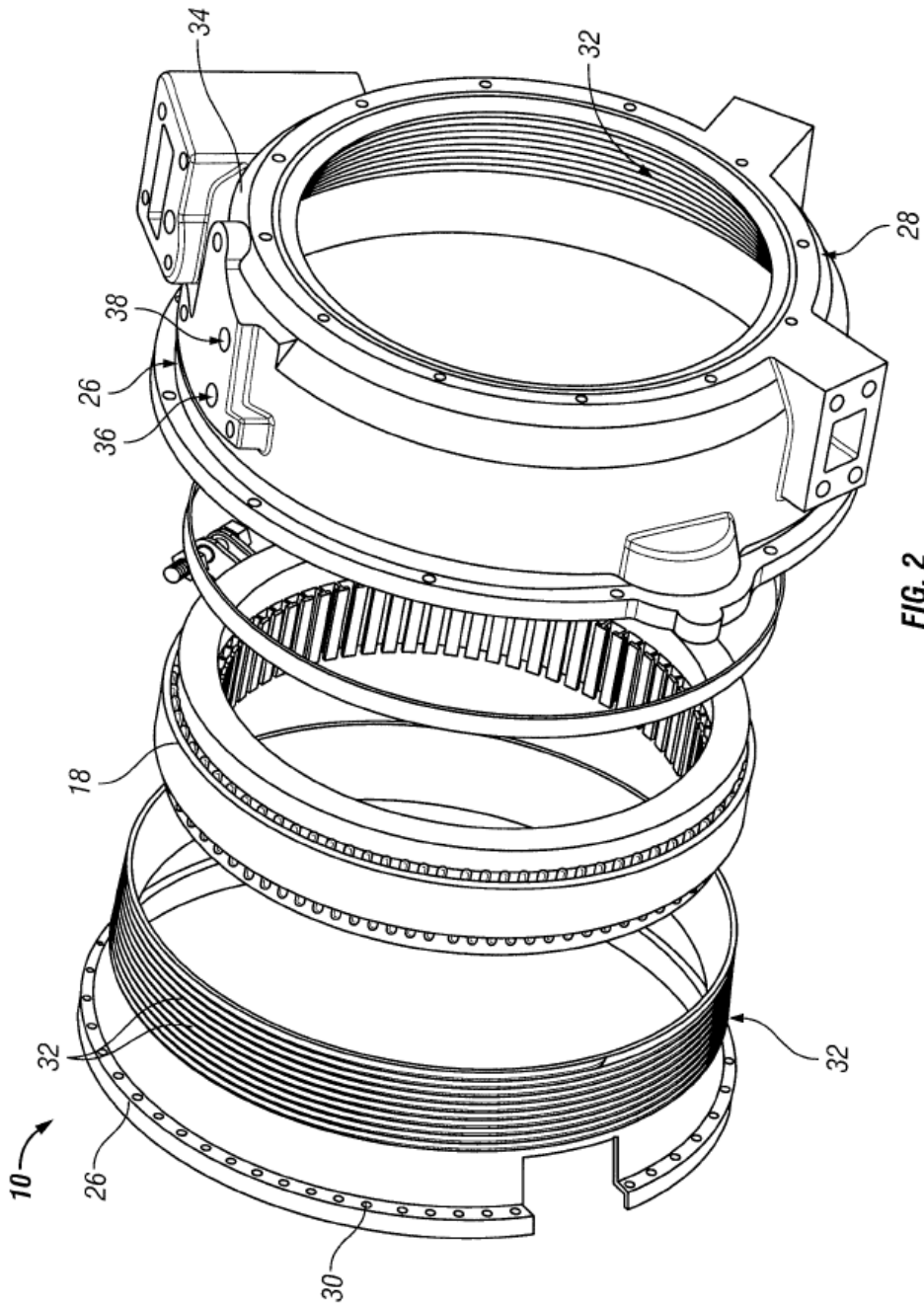


FIG. 2

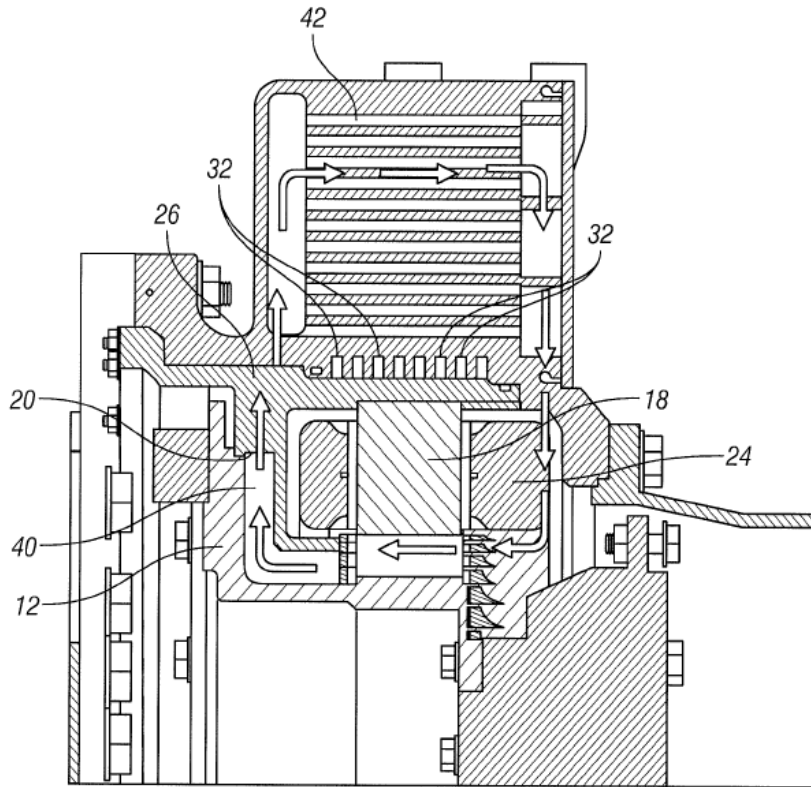


FIG. 3

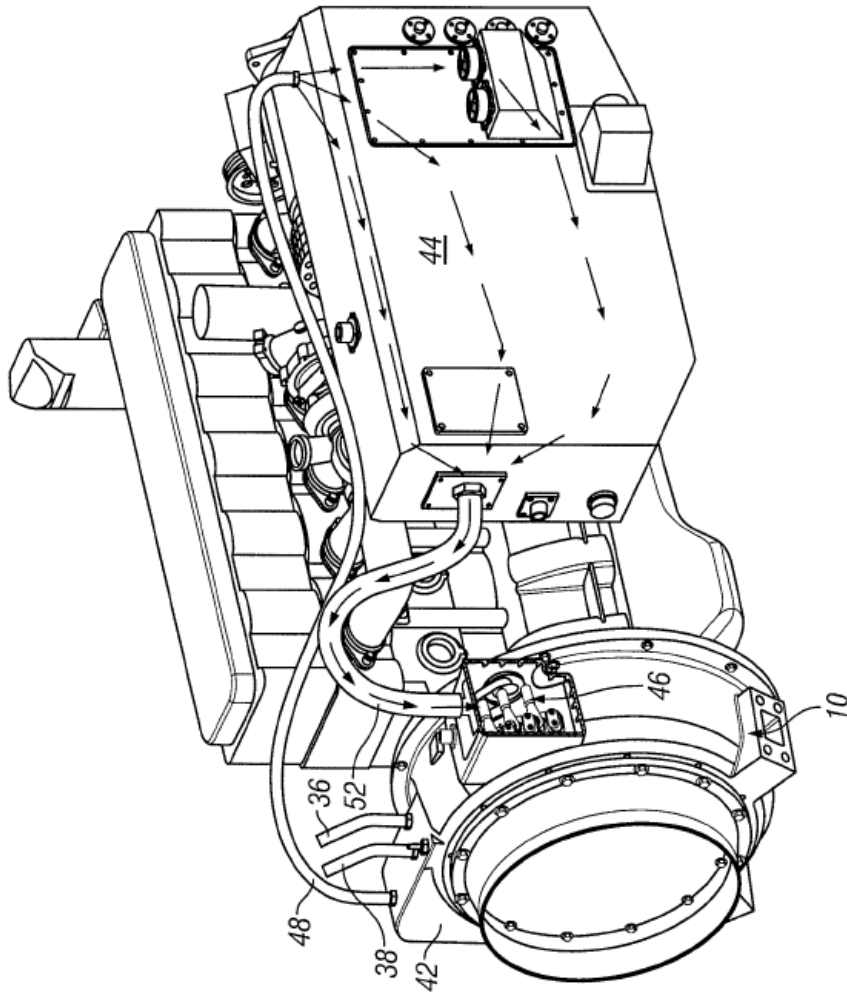


FIG. 4