

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 679**

51 Int. Cl.:

H02K 15/16 (2006.01)

H02K 7/00 (2006.01)

H02K 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.02.2012 E 12153958 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2485373**

54 Título: **Máquina sin cojinetes**

30 Prioridad:

04.02.2011 US 201113021201

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

10.04.2019

73 Titular/es:

**HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION
(100.0%)
One Hamilton Road
Windsor Locks, CT 06096-1010, US**

72 Inventor/es:

HIMMELMANN, RICHARD A.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 708 679 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 sin cojinetes

Antecedentes

5 Esta invención se refiere generalmente a máquinas sin cojinetes, y más específicamente a un aparato y método para ensamblar, almacenar, y transportar máquinas sin cojinetes.

10 Las máquinas sin cojinetes, que incluyen motores y generadores de Imán Permanente ("PM") se han utilizado durante muchos años. Han sido favorecidas sobre otros tipos de máquinas eléctricas por su eficacia, simplicidad, robustez, y su tolerancia a entrehierros radiales grandes entre el rotor y el estátor. Como es bien conocido, las formas más simples de los motores/generadores de PM incluyen un conjunto de rotor interno que gira concéntricamente dentro de un conjunto de estátor externo. El conjunto de rotor tiene uno o más imanes permanentes con polos dispuestos diametralmente alrededor de un árbol de rotor. Cuando el imán o imanes son hechos girar por la potencia motriz conectada al árbol, los campos magnéticos giratorios generan una corriente eléctrica en uno o más circuitos de arrollamiento adyacentes dispuestos circunferencialmente alrededor del conjunto de estátor externo. De manera similar, las corrientes inducidas en los circuitos de arrollamiento inducen campos magnéticos que pueden provocar la rotación del árbol. Una caja de cambios, tal como un conjunto de engranajes planetarios u otra transmisión mecánica puede ser usada para transferir de forma eficaz la energía giratoria hacia y desde el árbol dependiendo del modo operativo del vehículo u otra máquina.

20 Es a menudo deseable en fabricación y logística proporcionar componentes o sistemas modulares completos cuando se mueven a lo largo de la cadena de suministro para mejorar la eficacia durante las distintas etapas del conjunto. El transporte de estos componentes es también útil cuando estos componentes o sistemas son compactos con una mínima cantidad de aire o espacio vacío que se mueve. Por ejemplo, una máquina sin cojinetes puede ser transportada desde un suministrador al siguiente nodo en la red de fabricación con los subconjuntos giratorio y estacionario como entidades separadas. Al menos, esto es un desperdicio de espacio de transporte valioso dado que el subconjunto giratorio está dimensionado para ajustarse dentro del subconjunto estacionario. Sin embargo, uno o ambos subconjuntos pueden ser dañados sin que exista ninguna forma de mantener el elemento o elementos del rotor separados de los elementos de estátor.

25 El documento US 2006/145566 A1 describe un motor de torsión sin bastidor, con un dispositivo de seguridad de transporte que incluye un separador en el entrehierro entre los elementos ferro-magnéticos primario y secundario del motor.

30 El documento JP S54 -78401 A describe características tales como una placa de soporte del rotor, subyacente y un papel protector de núcleo para inserción entre un rotor y un estátor de una máquina eléctrica giratoria.

El documento WO 02/063745 A2 describe un sistema y método para la construcción de un motor de cartucho sin bastidor.

Compendio

35 Según un primer aspecto de la invención, se ha proporcionado una máquina giratoria que comprende: un subconjunto estacionario que incluye una cubierta y una pluralidad de elementos de estátor dispuestos próximos a una circunferencia interna de una parte del subconjunto estacionario, teniendo la cubierta un primer portal; un subconjunto giratorio que incluye una pluralidad de elementos de rotor dispuestos próximos a una circunferencia externa de una parte del subconjunto giratorio, estando alineado el subconjunto giratorio, coaxialmente dentro del subconjunto estacionario y adaptado para que pueda girar en relación con el subconjunto estacionario sin la ayuda de los cojinetes de soporte; y una primera pista circunferencial definida por una primera parte de pista de rotor sobre el subconjunto giratorio y una primera parte de pista de estátor sobre el subconjunto estacionario, estando la primera pista en comunicación con el primer portal; en donde el primer portal y la primera pista circunferencial son tales que permiten la inserción y retirada de una primera fijación de ensamblaje.

45 Según un segundo aspecto de la invención, se ha proporcionado una línea de accionamiento para un vehículo a motor, comprendiendo la línea de accionamiento: un motor principal; una caja de cambios; y una máquina giratoria sin cojinetes acoplada giratoriamente a la caja de cambios y al motor principal, comprendiendo la máquina giratoria sin cojinetes la máquina giratoria del primer aspecto.

50 Según un tercer aspecto de la invención, se ha proporcionado un método para integrar una máquina sin cojinetes a una línea de accionamiento, comprendiendo el método: proporcionar un subconjunto giratorio con una primera parte de pista de rotor circunferencial; proporcionar un subconjunto estacionario con una primera parte de pista de estátor circunferencial y una cubierta que tiene un primer portal; alinear el subconjunto giratorio coaxialmente con el subconjunto estacionario de tal manera que la primera parte de pista de rotor circunferencial y la primera parte de pista de estátor circunferencial definen una primera pista circunferencial sustancialmente completa en comunicación con el primer portal; insertar una primera banda de fijación a la primera pista circunferencial mediante el primer portal para mantener sustancialmente la alineación axial y radial del subconjunto de rotor en relación con el subconjunto de

estátor; y asegurar el subconjunto giratorio y el subconjunto estacionario a los componentes adyacentes de la línea de accionamiento.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La fig. 1A representa esquemáticamente una línea de accionamiento de vehículo con un motor/generador de imán permanente entre un motor principal, y una caja de cambios.
- La fig. 1B es una sección transversal ampliada del conjunto mostrado en la fig. 1A con el motor/generador dispuesto entre el motor principal y la caja de cambios.
- La fig. 2A muestra una perspectiva del motor/generador de imán permanente mostrado en las figs. 1A-1B.
- La fig. 2B es una sección transversal del motor/generador de imán permanente mostrado en la fig. 2A.
- 10 La fig. 2C es una vista despiezada ordenadamente del motor/generador de imán permanente mostrado en la fig. 2A.
- La fig. 3A muestra una vista exterior del motor/generador de imán permanente con dos portales en la cubierta de estátor.
- La fig. 3B muestra una vista detallada de dos bandas de fijación para la inserción a los portales mostrados en la fig. 3A.
- 15 La fig. 4A representa una línea de accionamiento que incluye el motor/generador de imán permanente mostrado en la fig. 3A incorporado a una línea de accionamiento con las bandas de fijación de la fig. 3B instaladas.
- La fig. 4B muestra una primera sección transversal radial del conjunto en la fig. 4A.
- La fig. 4C muestra una segunda sección transversal radial del conjunto en la fig. 4A.
- 20 La fig. 4D es una sección transversal axial que muestra la colocación de las bandas de fijación en relación con el rotor y el estátor.
- La fig. 5A es una sección transversal de un conjunto de rotor y estátor alternativo que tiene una banda de fijación alternativa dispuesta en la voluta del ventilador.
- La fig. 5B es una sección transversal de la banda de fijación alternativa instalada en la fig. 5A.

Descripción detallada

- 25 La fig. 1A representa un conjunto 10 de línea de accionamiento con un motor 12 principal, una caja de cambios 14 y un motor/generador 16 de imán permanente. El conjunto 10 de línea de accionamiento está instalado típicamente en un vehículo a motor (no mostrado), tal como un automóvil personal, un transporte comercial, o un vehículo militar. En una configuración ejemplar, el motor 12 principal es un motor de combustión interna alimentado por combustibles a base de hidrocarburos tales como combustible diésel, gasolina, keroseno, o gas natural comprimido. El motor 12 principal puede ser cualquier motor que convierte energía química de combustible directamente a fuerza mecánica. La potencia del motor 12 principal es proporcionada hacia y desde una pluralidad de ruedas y/o pistas (no mostradas) a través de una caja de cambios 14. Se puede proporcionar potencia adicional hacia o desde el motor/generador 16 de imán permanente, dependiendo de su modo operativo.
- 30 El motor 12 principal y el motor/generador 16 de imán permanente proporcionan potencia a la caja de cambios 14 a través de un árbol (mostrado en la fig. 1B). La caja de cambios 14 puede ser un conjunto de engranajes planetarios, una transmisión tradicional de múltiples engranajes, u otra disposición similar. En este ejemplo, el motor/generador 16 de imán permanente está instalado entre el motor 12 principal y la caja de cambios 14 y se puede configurar para funcionar alternativamente como un motor o un generador, dependiendo de las necesidades operativas del vehículo (no mostrado) y el modo de funcionamiento como se ha descrito anteriormente. Cuando el motor/generador 16 está en modo motor, la caja de cambios 14 está configurada para combinar y convertir de forma eficaz una potencia giratoria del motor 12 principal y/o del motor/generador 16 de imán permanente en movimiento del vehículo. Cuando el motor/generador 16 está en modo generador, la caja de cambios 14 puede estar configurada también para convertir energía a partir del movimiento del vehículo y/o desde el funcionamiento del motor 12 principal capturando energía giratoria del árbol de transmisión (mostrado en la fig. 1B).
- 35 En años recientes, la industria del automóvil ha empezado a favorecer las máquinas eléctricas de imán permanente para aplicaciones de propulsión de vehículos. En estas aplicaciones, se ha integrado la máquina eléctrica al sistema de propulsión de vehículo con el motor y la transmisión del vehículo. Como se ha descrito anteriormente, la máquina eléctrica puede estar integrada de una manera similar a la que se ha mostrado en las figs. 1A y 1B, con el motor/generador 16 dispuesto entre el motor 12 principal y la caja de cambios 14. Esta configuración ejemplar puede verse en más detalle en la fig. 1B.
- 45
- 50

La fig. 1B muestra una vista en sección transversal agrandada de la línea de accionamiento 10 centrada alrededor del motor/generador 16. Esta figura incluye un motor 12 principal, una caja de cambios 14, un motor/generador 16, un convertidor de par 18 de transmisión, una placa 20 de flexión de motor, un rotor 22 de motor/generador, un estátor 24 de motor/generador, un árbol 26A de accionamiento de motor, y un árbol 26B de transmisión.

5 Como se ha visto en la fig. 1A, un motor/generador 16 está dispuesto entre un motor 12 principal y una caja de cambios 14. Específicamente en este ejemplo, un motor/generador 16 está adyacente al convertidor de par 18 y a la placa 20 de flexión de motor y conectado de forma giratoria a cada uno mediante árboles 26A y 26B. El convertidor de par 18 de transmisión es un dispositivo bien conocido para aumentar el par disponible, particularmente a bajas velocidades del motor y del vehículo. La placa 20 de flexión es usada en muchos vehículos pesados, incluyendo aquellos construidos para aplicaciones de la industria y militares. La placa 20 de flexión permite la desalineación angular paralela al eje de rotación entre el árbol de entrada de transmisión y el cigüeñal del motor. La placa 20 de flexión es generalmente muy rígida en la dirección de rotación del motor, transmitiendo un par de rotación mientras que permite desviaciones paralelas al eje de rotación del motor entre el motor y la transmisión. Si el árbol de transmisión se ha atornillado directamente al cigüeñal del motor sin la placa 20 de flexión, la junta atornillada fallaría de forma prematura debido a la fatiga.

El motor/generador 16 de imán permanente incluye un subconjunto 22 de rotor y un subconjunto 24 de estátor. El subconjunto 22 de rotor está acoplado al motor 12 principal mediante el árbol 26A de accionamiento de motor, tal como mediante una pluralidad de pernos. En este ejemplo, la caja de cambios 14 incluye también un árbol 26B acoplado a la cara opuesta del subconjunto 22 de rotor. Los árboles 26A y 26B cooperan para transferir potencia entre el motor 12 principal, el motor/generador 16, la caja de cambios 14, y las ruedas motrices (no mostradas). Cuando funciona en modo motor, el motor/generador 16 y la caja de cambios 14 pueden estar configurados como un motor de arranque para arrancar el motor 12 principal y/o proporciona potencia adicional a las ruedas motrices. En un modo generador, el motor/generador 16 puede capturar energía mecánica desde el motor 12 principal y/o la ruedas motrices (mediante la caja de cambio 14) para convertir a energía eléctrica para accesorios del vehículo. El exceso de electricidad generado puede ser enviado a uno o más dispositivos de almacenamiento, tales como baterías y/o condensadores de alta potencia. Se ha visto en detalle el motor/generador 16 en las figs. 2A-2C a continuación.

La fig. 2A ilustra un motor/generador 16 de imán permanente con un subconjunto 22 de rotor y un subconjunto 24 de estátor. La fig. 2B muestra una sección transversal axial de un motor/generador 16 de imán permanente con un subconjunto 22 de rotor, un subconjunto 24 de estátor, imanes 28 permanentes, un estátor 30, y un entrehierro 32.

El subconjunto 22 de rotor gira dentro del subconjunto 24 de estátor o bien en un modo motor o bien en un modo generador descritos anteriormente. Después de que se haya ensamblado el motor/generador 16 de imán permanente, los imanes 28 permanentes están alineados, coaxialmente con el estátor 30 para maximizar la interacción entre ellos, aumentando así la eficacia del motor/generador 16 de imán permanente. En la fig. 2B, puede verse que los imanes 28 permanentes están dispuestos alrededor de la periferia exterior del subconjunto 22 de rotor, e interactúan con un estátor 30 coaxialmente adyacente.

La fig. 2C es una vista despiezada ordenadamente de un motor/generador 16 mostrado en la fig. 2A con un subconjunto 22 de rotor, un subconjunto 24 de estátor, imanes 28 permanentes, y un estátor 30. La fig. 2C muestra como el motor/generador 16 es ensamblado, donde está colocado el subconjunto 22 de rotor coaxialmente dentro del subconjunto 24 de estátor para alinear los imanes 28 y el estátor 30 como se ha descrito anteriormente.

La industria del automóvil ha comenzado a perseguir el uso de máquinas eléctricas de PM sin cojinetes, tales como el motor/generador 16. Al principio de la evolución de integración de los motores/generadores a las líneas de accionamiento de vehículos, se ha soportado un rotor de máquina eléctrica típicamente por su propio conjunto dedicado de cojinetes de soporte de rotor. En tales máquinas, se han instalado los cojinetes entre los subconjuntos de rotor y estátor. En las máquinas eléctricas de PM que tienen cojinetes de soporte de rotor, el rotor está soportado mediante fijaciones de ensamblaje hasta que son instalados los cojinetes. Una vez que los cojinetes son instalados, soportan axial y radialmente el rotor en su propia ubicación.

Se ha encontrado que estos cojinetes de soporte de rotor eran los componentes menos fiables de una máquina eléctrica de PM. Así, las máquinas sin cojinetes son usadas más frecuentemente para aumentar la fiabilidad de la máquina eléctrica, mientras que también disminuyen su coste y complejidad. Sin embargo, los motores/generadores de imán permanente sin cojinetes pueden ser difíciles de almacenar, instalar, y transportar, particularmente cuando la máquina eléctrica ha de ser colocada dentro de la línea de accionamiento en vez de en una extremidad.

Durante el ensamblaje de las máquinas eléctricas de PM, tales como el motor/generador 16, las fuerzas generadas entre imanes 28 permanentes y un estátor 30 deben ser tenidas en cuenta y contrarrestadas durante el ensamblaje, almacenamiento, y transporte. Por ejemplo, cuando un subconjunto 22 de rotor y un subconjunto 24 de estátor son llevados axialmente juntos, como se ha mostrado en la fig. 2C, los imanes 28 sobre el subconjunto 22 de rotor son atraídos magnéticamente de forma radial hacia el estátor 30. Esta fuerza magnética puede exceder varias decenas de kilogramos (centenares de libras). Ya que el motor/generador 16 de imán permanente no tiene fijaciones inherentes como cojinetes, el contacto y daño indeseados es probablemente debido a la tracción magnética entre

imanes 28 y un estátor 30. Un daño similar puede ocurrir en estas y otras máquinas sin cojinetes debido simplemente a las vibraciones y movimientos repentinos experimentados durante el transporte e instalación.

De manera ordinaria durante el ensamblaje del motor/generador 16 y durante la integración a la línea 10 de accionamiento (mostrada en la fig. 1A), una fijación de ensamblaje (no mostrada) se usa para contrarrestar estas fuerzas magnéticas y mover el subconjunto 22 de rotor a su lugar coaxial con el subconjunto 24 de estátor. Esta fijación soporta y mantiene la separación de los subconjuntos hasta que se puedan usar otras fijaciones o dispositivos. Por ejemplo, cuando el motor/generador 16 es ensamblado en primer lugar, ha de ser probablemente almacenado o transportado antes de la integración final a una línea de accionamiento de vehículos. El almacenamiento y transporte del motor/generador 16 es más eficiente con el espacio si puede ser hecho con el subconjunto 22 de rotor en su posición coaxial en relación con el subconjunto 24 de estátor. Además, este soporte debe ser mantenido hasta que el rotor es sujetado al cigüeñal 26A del motor, y/o al árbol 26B de entrada de transmisión (mostrado en la fig. 1B). Los subconjuntos deben ser soportados también cuando los árboles son retirados por cualquier razón, tal como mantenimiento o reparación. Esto es para impedir la desalineación y el daño causados por la desviación axial o radial tal como a partir de fuerzas magnéticas elevadas descritas anteriormente.

Cuando la máquina eléctrica está ubicada sobre una extremidad axial de la línea de accionamiento, una serie de cuñas, o un separador cilíndrico han sido insertados previamente entre los subconjuntos de rotor y estátor. Una vez que la máquina eléctrica está integrada, estos separadores o cuñas podrían ser retirados axialmente sin desensamblar o retirar de otro modo componentes en la línea de accionamiento. Sin embargo, en situaciones donde la máquina eléctrica está ubicada entre el motor de combustión interna y la transmisión del vehículo, tal como en la línea 10 de accionamiento ejemplar mostrada en la fig. 1A, no hay acceso para añadir o retirar tales cuñas o separadores próximos al entrehierro 32 una vez que el motor/generador 16 de imán permanente es incorporado a la línea 10 de accionamiento.

Se han colocado cuñas o separadores alrededor del entrehierro entre el rotor y el estátor e interfieren con la libre rotación del rotor si se ha dejado en su lugar durante el funcionamiento de la máquina eléctrica. Así sería útil acceder al área entre los subconjuntos de rotor y estátor a través de la cubierta de estátor para insertar y retirar fijaciones de ensamblaje. Las fijaciones de ensamblaje configuradas para ser instalados y retirados fácilmente a través de la cubierta de estátor serían también útiles. Se han descrito varias realizaciones ejemplares en detalle a continuación.

La fig. 3A muestra una vista ampliada del motor/generador 16 de imán permanente. El motor/generador 16 de imán permanente tiene un subconjunto 24 de estátor con portales 34A, 34B, orificios 36A, 36B y una cubierta 38 de estátor.

Los portales 34A, 34B incluyen orificios 36A, 36B respectivos a través de la cubierta 38 de estátor. Los portales 34A, 34B con orificios 36A, 36B se dirigen a trayectos internos respectivos (no mostrados en la fig. 3A) entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. Como se verá en las figs. 4B y 4C, y 5A, estos trayectos son dimensionadas para permitir la inserción y retirada de los fijaciones de ensamblaje, tales como bandas de fijación correspondientemente formadas u otros dispositivos similares. Como se verá también, el subconjunto 22 de rotor y/o el subconjunto 24 de estátor pueden ser adaptados para incluir una o más pistas que sirven como los trayectos internos descritos anteriormente. Estas pistas aseguran las fijaciones de ensamblaje durante el transporte e integración del motor/generador 16 de imán permanente a la línea de accionamiento. Se han mostrado ejemplos de fijaciones de ensamblaje en las figs. 3B y 5B a continuación.

Proporcionar acceso para insertar y retirar fijaciones de ensamblaje a través de la cubierta de estátor simplifica ampliamente el ensamblaje, almacenamiento, y transporte del motor/generador 16. Cuando el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor son llevados a una alineación coaxial, las fijaciones de ensamblaje pueden ser insertados, permitiendo que se retiren los accesorios niveladores u otras estructuras de soporte (descritos anteriormente). Debido al acceso proporcionado por los portales 34A, 34B, las fijaciones de ensamblaje pueden permanecer en su lugar hasta que el motor/generador 16 es puesto en servicio. Las fijaciones de ensamblaje pueden permanecer en su lugar incluso cuando el motor/generador 16 es instalado en el medio de la línea de accionamiento ya que las fijaciones de ensamblaje permanecen accesibles mediante los portales 34A, 34B. Las fijaciones de ensamblaje pueden ser reinstalados también en portales 34A cuando la línea de accionamiento del vehículo es desensamblada para dar servicio. Esto elimina la necesidad de separar los soportes para el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor, lo que reduce el equipamiento y número de pasos necesarios para realizar el mantenimiento.

La fig. 3B representa un par de fijaciones de ensamblaje ejemplares. Las bandas 40A, 40B incluyen respectivamente cables 42A, 42B flexibles, asas 44A, 44B y placas 46A, 46B de bloqueo.

Las bandas 40A, 40B incluyen cables 42A, 42B flexibles. Los cables 42A, 42B son insertados a los portales 34A, 34B mediante orificios 36A, 36B (mostrados en la fig. 3A). La flexibilidad de los cables 42A, 42B simplifica la inserción y retirada de las bandas 40A, 40B a uno o más trayectos alrededor de la circunferencia del subconjunto 22 de rotor, como se ha mostrado en detalle en las figs. 4A y 4B. Las bandas 40A y 40B pueden incluir también asas 44A, 44B para facilitar además la inserción y retirada. Las placas 46A, 46B de bloqueo próximas a las asas 44A, 44B

pueden ser usadas con pernos u otros medios de sujeción para asegurar las bandas 40A, 40B a la cubierta 38 de estátor alrededor de los portales 34A, 34B.

En este ejemplo, los cables 42A, 42B flexibles son revestidos con politetrafluoroetileno (comúnmente conocido como "PTFE" o "Teflón") para ser fácilmente insertados entre un subconjunto 22 de rotor y un subconjunto 24 de estátor.

5 Otros ejemplos de materiales resistentes, flexibles, auto-lubricantes para cables 42A, 42B incluyen también resina de silicona reforzada o sin reforzar. Alternativamente, los cables pueden estar hechos de cualquier material no magnético y pueden estar lubricados de forma separada para facilitar la instalación y retirada desde el conjunto 22 de rotor y el conjunto 24 de estátor.

10 Se han mostrado cables 42A, 42B en este ejemplo con una sección transversal circular uniforme. Sin embargo, se apreciará que son posibles otras formas para los cables 42A, 42B. En un ejemplo alternativo, mostrado en más detalle en las figs. 5A-5B, un solo cable está formado con una sección transversal sustancialmente uniforme para ajustar dentro de la voluta el ventilador de ciertos motores/generadores con un ventilador integrado. En otros ejemplos, los cables 42A, 42B pueden tener alternativamente secciones transversales no uniformes, y estar en forma de una serie de esferas o cilindros segmentados que son fusionados o unidos juntos. Estas y otras alteraciones pueden ser hechas a la forma y número de las bandas 40A, 40B sin desviarse del alcance y utilidad del dispositivo.

20 Como se ha mostrado anteriormente con respecto a la fig. 2C, una vez que el subconjunto 22 de rotor está alineado coaxialmente con el subconjunto 24 de estátor, una fuerza magnética radial grande tiende a tirar de la línea central del subconjunto 22 de rotor hacia fuera de la línea central del subconjunto 24 de estátor. Las bandas 40A, 40B de fijación son ejemplos simples, económicos de fijaciones de ensamblaje que pueden ser instaladas a través de una cubierta 38 de estátor mediante portales 34A, 34B. Una vez en su lugar, las bandas 40A, 40B ajustan sustancialmente el subconjunto 22 de rotor en relación con el subconjunto 34 de estátor en ambas direcciones radial y axial. Pueden permanecer en su lugar hasta la integración a la línea 10 de accionamiento con el motor 12 principal y la caja de cambios 14 (mostrados en la fig. 1A).

25 La fig. 4A es una vista detallada de la línea 10 de accionamiento completa con un motor 12 principal, una caja de cambios 14, un motor/generador 16 de imán permanente, un subconjunto 24 de estátor, portales 34A, 34B, y bandas 40A, 40B de fijación. Las bandas 40A, 40B tienen cada una, asas 44A, 44B, placas 46A, 46B y pernos 48A, 48B de bloqueo respectivos.

30 Las bandas 40A, 40B de fijaciones son alimentadas a los portales 34A, 34B sobre la cubierta 38 de estátor. Una vez que las bandas 40A, 40B de fijaciones están en su lugar, los accesorios niveladores ya no son necesarios para mantener la separación del subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. El rotor y el estátor pueden ser atornillados o fijados de otro modo a su orientación ensamblada final. Las bandas 40A, 40B pueden ser retiradas desconectando los pernos 48A, 48B de bloqueo y tirando tangencialmente mediante las asas 44A, 44B. La ubicación de las bandas 40A, 40B en relación con el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor se verá en más detalle en las figs. 4B-4D.

40 En este ejemplo, el motor/generador 16 de imán permanente está integrado a la línea 10 de accionamiento atornillando el subconjunto 24 de estátor al motor 12 principal y a la caja de cambios 14. El subconjunto 22 de rotor está acoplado al cigüeñal del motor y al árbol de transmisión (mostrados respectivamente como árboles 26A y 26B en la fig. 1B). Después de que el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor sean asegurados, se pueden retirar las bandas 40A, 40B. Esto es hecho desconectando los pernos 48A, 48B que sujetan las placas 46A, 46B a los portales 34A, 34B respectivos sobre la cubierta 38 de estátor. Las asas 44A, 44B son a continuación tiradas en la dirección tangencial hasta que los cables 42A, 42B están completamente fuera de las pistas entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. Una vez que se han retirado las bandas 40A, 40B de fijación, el motor/generador 16 de imán permanente ya no está restringido y está listo para su funcionamiento.

45 Las bandas 40A, 40B permiten al motor/generador 16 de imán permanente ser transportado de una manera compacta y eficaz al siguiente punto en la red de suministro. Las bandas 40A, 40B son insertadas como se ha descrito anteriormente y pueden ser retenidas en su lugar hasta que el motor/generador 16 de imán permanente está listo para su incorporación final a la línea 10 de accionamiento. La incorporación puede ocurrir en cualquier instalación así como las bandas 40A, 40B son mantenidas en su lugar hasta que ocurre el ensamblaje final. Las bandas 40A, 40B pueden volver a ser instaladas también antes del mantenimiento o reparación que requiere el desensamblaje de la línea 10 de accionamiento. De esta manera, el motor/generador 16 de imán permanente puede ser ensamblado, transportado e instalado sin fuerzas magnéticas entre el rotor y estátor que causan el contacto o desalineación

55 La fig. 4B es una primera sección transversal radial de la línea 10 de accionamiento tomada a través de la línea 4B en la fig. 4A. La línea 10 de accionamiento incluye un motor 12 principal y un motor/generador 16 de imán permanente. El motor/generador 16 tiene un subconjunto 22 de rotor, un subconjunto 24 de estátor, imanes 28 permanentes, un estátor 30, una banda 40A de fijación, un cable 42A, un asa 44A, una placa 46A de bloqueo, un soporte 50A de guía de rotor, una flecha 52 direccional, una pista 54A circunferencial, y una primera intersección 56A.

Esta sección transversal es tomada próxima al motor/generador 16 de imán permanente y a la primera banda 40A de fijación más cercana a la caja de cambios 14 (mostrada en la fig. 3A). Como se ha descrito anteriormente, la banda 40A de fijación es instalada a la pista 54A circunferencial insertando el cable 42A flexible a través del orificio 36A al portal 34A sobre la cubierta 38 de estátor. La banda 40A de fijación es alimentada al motor/generador 16 insertando y deslizando el cable 42A en la dirección 52 hasta que toda la longitud del cable 42 está sustancialmente dentro de la pista 54A circunferencial entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor.

La pista 54A circunferencial es el trayecto por el cual es guiado y retenido el cable 42A. En este ejemplo, la pista 54A está definida por dos soportes de guía, cada uno sobre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. Generalmente, los soportes de guía incluyen una parte de pista 54A que corresponde con la parte de la forma de la banda 40A de fijación. Como puede verse a continuación, cuando los imanes 28 del rotor y del estátor 30 están coaxialmente alineados, los soportes de guía se alinean de tal manera que las dos partes de pista definen la pista 54A. El borde del soporte 50A de guía del rotor es visible en la fig. 4B, pero puede verse en más detalle, junto con el soporte de guía de estátor, en la fig. 4D.

El orificio 36A proporciona un trayecto para la comunicación entre el portal 34A sobre la cubierta 38 de estátor y la pista 54A (en la intersección 56A) ubicadas entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. La intersección 56A es el punto en el que el cable 42A va desde el orificio 36A a la pista 54A. En este ejemplo, el orificio 36A está dispuesto sustancialmente tangencial a la pista 54A circunferencial en la intersección 56A. Debería observarse que el orificio 36A no necesita estar precisamente tangencial a la pista 54A, y puede incluso estar ligeramente curvado. Sin embargo, será evidente que mucha curvatura en el orificio 36A puede dar como resultado problemas con la alimentación del cable 42A hacia y alrededor de la pista 54A curvada.

Aquí, la longitud del cable 42A es sustancialmente equivalente a la longitud combinada de la pista 54A y del orificio 36A de tal manera que la extremidad del cable 42A sin el asa 44A se encuentra cerca de la intersección 56A. Así cuando la banda 40A de fijación es dimensionada e instalada adecuadamente, el asa 44A y la placa 46 A de bloqueo se sitúan a nivel del portal 34A y pueden ser asegurados a la cubierta 38 del estátor mediante los pernos 48A.

La fig. 4C es una segunda sección transversal de la línea 10 de accionamiento tomada radialmente a través de la línea 4C en la fig. 4A. La línea 10 de accionamiento incluye un motor 12 principal y un motor/generador 16 de imán permanente. El motor/generador 16 de imán permanente incluye un subconjunto 22 de rotor, un subconjunto 24 de estátor, un orificio 36B, una banda 40B de fijación, un asa 44B, una placa 46B de bloqueo, una segunda pista 54B circunferencial, una segunda intersección 56B, y ranuras 58 de arrollamiento de estátor. Se han retirado los arrollamientos de estátor desde la ranuras 58 para ilustrar mejor otros elementos en la figura.

Esta sección transversal radial es tomada a través del motor/generador 16 de imán permanente para mostrar la banda 40B de fijación, que está posicionada más cerca del motor 12 principal. Como se ha descrito anteriormente, la banda 40B de fijación es instalada a la pista 54B circunferencial insertando el cable 42B flexible al orificio 36B en el portal 34B sobre la cubierta de 38 de estátor. La banda 40B de fijación es alimentada al motor/generador 16 insertando y deslizando el cable 42B en la dirección 52 hasta que toda la longitud del cable 42B está sustancialmente dentro de la pista 54B circunferencial.

Como la pista 54A, la pista 54B circunferencial es el trayecto por el cual el cable 42B es guiado y retenido entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. La pista 54B está definida también por dos soportes de guía, cada uno sobre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. El borde del soporte 50B de guía del rotor es visible en la fig. 4C, pero puede verse más detalle, junto con el soporte de guía de estátor, en la fig. 4C.

El orificio 36B proporciona un trayecto para la comunicación entre el portal 34B sobre la cubierta 38 de estátor y la pista 54B (en la intersección 56B) ubicadas entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. La intersección 56B está en el punto en el que el cable 42B va desde el orificio 36B a la pista 54B. Otra vez, el orificio 36B está dispuesto sustancialmente tangencial a la intersección 56B sobre la pista 54B circunferencial. De manera similar, el orificio 36B no necesita estar precisamente tangencial a la pista 54B, y puede incluso estar ligeramente curvado. Sin embargo, será evidente que mucha curvatura en los orificios 36A (en la fig. 4B) o 36B puede provocar problemas con la completa alimentación de los cables 42A, 42B a las pistas 54A, 54B.

Como el cable 42A, la longitud del cable 42B es sustancialmente equivalente a la longitud combinada de la pista 54B y del orificio 36B. Cuando se ha instalado, la extremidad del cable 42B sin el asa 44B debería encontrarse cerca de la intersección 56B cuando el asa 44B y la placa 46B se sitúan al nivel del portal 34B. La banda 40A puede a continuación ser asegurada a la cubierta 38 de estátor en el portal 34B mediante los pernos 48B.

Como puede verse más claramente en la fig. 4D, las bandas 40A, 40B están posicionadas en las pistas 54A, 54B ubicadas sobre cualquier lado axial de los imanes 28 del rotor y del estátor 30. Esto puede verse en parte en la fig. 4C con la retirada del estátor 30, revelando que la pista 54B está dispuesta adyacente a las ranuras 58 de arrollamiento de estátor.

La fig. 4D es una sección transversal axial detallada de una parte del motor/generador 16 de imán permanente. La figura incluye imanes 28 de rotor, un estátor 30, un entrehierro 32, cables 42A, 42B, soportes 50A, 50B de guía del

rotor, pistas 54A, 54B circunferenciales, soportes 60A, 60B de guía de estátor, partes 62A, 62B de pista de rotor, y partes 64A, 64B de pista de estátor.

5 Como puede verse en las figs. 4A-4C, los cables 42A, 42 están dispuestos sobre lados axiales opuestos de los imanes 28 de rotor y el estátor 30. En este ejemplo, ambas pistas 54A, 54B circunferenciales son parcialmente definidas mediante los soportes 50A, 50B de guía de rotor y los soportes 60A, 60B de guía de estátor. En este ejemplo, existen pistas 62A, 62B de semicírculo sobre los soportes 50A, 50B de guía de rotor, ubicadas sobre cualquier lado de los imanes 28 del rotor. Existen también pistas 64A, 64B de semicírculo sobre los soportes 60A, 60B de guía de estátor. Estas partes 62, 64 de pistas respectivas abarcan cables 42A, 42B redondos sustancialmente alrededor de toda la circunferencia del motor/generador 16.

10 Esta disposición de bandas de fijación con cables 42 en las pistas 54 ayuda a impedir tanto el desplazamiento axial como radial del subconjunto 22 de rotor en relación con el subconjunto 24 de estátor. Impide y minimiza también el daño ayudando a contrarrestar las fuerzas magnéticas entre los imanes 28 y el estátor 30. Durante la inserción a las pistas 54A, 54B, los cables 42A, 42 pueden estar también bajo una ligera compresión, para mejorar la retención de las bandas 40 y mejorar la absorción del movimiento relativo entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 de estátor. Y pueden ser usados virtualmente en cualquier posición en la línea de accionamiento debido al acceso tangencial proporcionado a través de la cubierta de estátor como se ha descrito anteriormente. Las bandas 40 son así eficaces durante el transporte, almacenamiento, e instalación del motor/generador 16 de imán permanente.

15 Aunque las bandas 40A, 40B son circulares en la fig. 4D, se reconocerá que otras formas complementarias del cable y pista son también posibles sin desviarse del alcance de la invención. Por ejemplo, diferentes formas de cables 42A, 42B pueden estar dispuestas para coincidir con las pistas 54A, 54B complementarias. Un ejemplo alternativo del par de cable y pista complementario se ha mostrado en las figs. 5A y 5B.

20 Dos bandas 40A, 40B son a menudo usadas sobre cualquier lado del rotor 28 y el estátor 30 para impedir el contacto entre ellos. Durante el ensamblaje y transporte, las fuerzas de flexión es probable que sean relativamente elevadas, y es difícil maximizar la alineación entre el subconjunto 22 de rotor y el subconjunto 24 estátor sin que entren en contacto.

25 Aunque todas las figs. 3A-3B y 4A-4D ilustran dos bandas de fijación, solamente se requiere una banda en ciertas circunstancias. Por ejemplo, donde la atracción magnética entre los imanes 28 del rotor y del estátor 30 es relativamente pequeña, su anchura axial es relativamente pequeña comparada con el área de sección transversal del cable, o el entrehierro es relativamente grande, los riesgos de que los imanes 28 y el estátor 30 entren en contacto son relativamente menores excepto cuando se aplica flexión elevada o esfuerzo vibratorio. Cuando la banda es también más grande y más resistente, tal como se ha mostrado en las figs. 5A y 5B, se puede requerir solamente tal banda.

30 La fig. 5A es una sección transversal axial del motor/generador 116 de imán permanente alternativo. El motor/generador 116 tiene un subconjunto 122 de rotor, un subconjunto 124 de estátor, imanes 128 de rotor, un estátor 130, un entrehierro 132, una banda 140 de fijación alternativa con un cable 142, junto con una voluta 150 de ventilador.

35 Como en la realización ejemplar previa, el motor/generador 116 tiene dos partes principales, el subconjunto 122 de rotor dispuesto coaxialmente con el subconjunto 124 de estátor. Los imanes 128 de rotor están coaxialmente adyacentes al estátor 130 y separados mediante el entrehierro 132. En esta realización ejemplar alternativa, el motor/generador 116 incluye también una voluta 150 de ventilador que tiene una parte 151 de rotor y una parte 153 de estátor junto con la pista 154.

40 Ciertos tipos de motores/generadores de imán permanente incluyen un ventilador integrado para mejorar el enfriamiento del rotor y/o estátor durante el funcionamiento. Estos son usados, por ejemplo, cuando el motor/generador 116 es capaz de generar o usar altos niveles de corriente, que requieren un flujo de aire sustancial para facilitar el enfriamiento del estátor 130. El ventilador incluye una voluta 150 de ventilador ubicada axialmente adyacente al estátor 130. La voluta 150 de ventilador está definida por la parte 151 de rotor y la parte 153 de estátor. Esto es similar a la ubicación del soporte 50A mostrado en la fig. 4D. Ordinariamente, en motores/generadores sin ventiladores, este espacio es parte del entrehierro alrededor del estátor.

45 Cuando el motor/generador 116 está siendo ensamblado, transportado, o instalado a una línea de accionamiento, el subconjunto 122 de rotor no es hecho girar y la voluta 150 de ventilador es un espacio efectivamente vacío. Una parte de este espacio puede duplicarse como la pista 154 circunferencial para la banda 140, como se ha mostrado en la fig. 5A. Esto es similar a las pistas 54A, 54B en las figs. 4A-4D. La banda 140 tiene un cable 142 con una sección transversal que complementa la forma de la pista 154 para aprovecharse de ese espacio vacío. Cuando se ha instalado en la voluta 150 como se ha mostrado en la fig. 5A, la banda 140 asegura el subconjunto 122 de rotor en relación con el subconjunto 124 de estátor e impide el movimiento axial y radial indeseado como se ha descrito anteriormente.

55 El cable 142 puede ser un metal no ferroso flexible, que es más resistente que un cable basado en resina. Este diseño más complejo y de sección transversal más grande de la pista 154 permite que una sola banda 140 sea

colocada en una voluta 150 de ventilador, como se ha comparado con las dos bandas 40 con cables 42 redondos (mostrado en la fig. 4D). La geometría más compleja, el tamaño más grande, y el material más resistente de la banda 140 mejora el contacto con el subconjunto 122 de rotor y el subconjunto 124 de estátor como se ha comparado con las bandas 40A, 40B mostradas en las figs. 4A-4D. Una voluta 150 de ventilador es accedida también mediante un portal en la cubierta similar a los portales 34. Será evidente que el portal y el orificio para el motor/generador 116 no serán redondos sino que estarán formados para complementar la sección transversal del cable 142.

La fig. 5B muestra una sección transversal de la banda 140 de fijación que tiene un cable 142 con esquinas 141 y recortes 143. La banda 140 es una realización alternativa de las bandas 40A, 40B de fijación mostradas en la fig. 3B. Esta sección transversal es generalmente rectangular con los recortes 143 cuadrados sobre cada esquina 141. Esto permite a la banda 140 ajustarse de forma segura a la voluta 150 de ventilador como se ha mostrado en la fig. 5A.

Hasta ahora, la invención ha sido descrita en relación con un ejemplo de un motor/generador de imán permanente que se ha instalado a una línea de accionamiento de un vehículo terrestre. Se ha descrito también usando el ejemplo del motor/generador que es instalado al centro de una línea de accionamiento. Sin embargo, debería observarse que esta especificación no debería ser leída para limitar las reivindicaciones a estas realizaciones ejemplares. Un motor/generador de imán permanente según las descripciones anteriores puede ser instalado en la extremidad de una línea de accionamiento sin afectar al propósito o utilidad del mismo. De manera similar, no está limitado a la aplicación en vehículos terrestres. Por ejemplo, además de máquinas eléctricas autónomas, otras aplicaciones de motor eléctrico usan un motor/generador de imán permanente u otro aparato similar como parte de un conjunto más grande de generador electromagnético. En un ejemplo, un generador dinámico de turbina de aire para una aeronave utiliza un motor/generador de imán permanente para generar corriente de excitación, que es aplicada en último lugar para alimentar un rotor principal electromagnético. Las características descritas pueden ser fácilmente modificadas para la sección de motor/generador de imán permanente del generador dinámico de turbina de aire durante el ensamblaje, transporte, y/o instalación.

Las características mostradas y descritas en la especificación pueden ser adaptadas también para aplicar a cualquier tipo de máquina eléctrica (por ejemplo, inducción, reluctancia cambiada, campo arrollado, etc.). Se apreciará también que pueden ser usados en aplicaciones distintas de máquinas eléctricas. Por ejemplo, cualquier tipo de hardware giratorio que no tiene sus propios cojinetes de soporte, tal como una sección de turbina o compresor de un motor de turbina de gas, puede ser adaptado para incluir una o más bandas de fijación. Las bandas pueden ser usadas de una manera similar para retener la sección de rotor antes de que el componente sin cojinetes sea integrado con su estructura de soporte permanente.

Aunque la invención ha sido descrita con referencia las realizaciones ejemplares, se comprenderá por los expertos en la técnica que se pueden hacer varios cambios y pueden ser sustituidas equivalencias por elementos del mismo sin desviarse del alcance de la invención, que se ha definido por las reivindicaciones. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación o material particular a las enseñanzas de la invención sin desviarse del alcance de la misma. Por lo tanto, se pretende que la invención no esté limitada a las realizaciones particulares descritas, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1.- Una máquina (16) giratoria que comprende:

5 un subconjunto (24; 124) estacionario que incluye una cubierta de una pluralidad de elementos (30; 130) de estátor dispuestos próximos a una circunferencia interior de una parte del subconjunto estacionario, teniendo la cubierta un primer portal (34A);

un subconjunto (22; 122) giratorio que incluye una pluralidad de elementos (28; 128) de rotor dispuestos próximos a una circunferencia exterior de una parte del subconjunto giratorio, estando alineado el subconjunto giratorio coaxialmente dentro del subconjunto estacionario y adaptado para que pueda girar en relación con el subconjunto estacionario sin la ayuda de cojinetes de soporte; y

10 una primera pista (62) circunferencial definida por una primera parte (62A) de pista de rotor sobre el subconjunto giratorio y una primera parte (62B) de pista de estátor sobre el subconjunto estacionario, estando la primera pista en comunicación con el primer portal;

15 en donde el primer portal y la primera pista circunferencial son tales que permiten la inserción y retirada de la primera banda de fijación de la primera pista circunferencial mediante el primer portal para mantener la alineación sustancialmente axial y radial del subconjunto giratorio en relación con el subconjunto estacionario.

2.- La máquina giratoria de la reivindicación 1, que comprende además:

una primera fijación de ensamblaje que comprende una primera banda (40A; 140) de fijación que incluye un primer cable (42A; 142) flexible para inserción a la primera pista mediante el primer portal,

20 en donde la banda de fijación impide sustancialmente el contacto físico entre los elementos de rotor y los elementos de estátor coaxialmente adyacentes minimizando el desplazamiento axial y radial del subconjunto giratorio en relación con el subconjunto estacionario.

3.- La máquina giratoria de la reivindicación 1 o 2, que comprende además:

25 una segunda pista (64) circunferencial definida por una segunda parte (64A) de pista de rotor sobre el subconjunto giratorio y una segunda parte (64B) de pista de estátor sobre el subconjunto estacionario, estando la segunda pista en comunicación con la segunda pista mediante un segundo portal (34B) sobre la cubierta;

en donde el segundo portal y la segunda pista circunferencial son tales que permiten la inserción y retirada de la segunda fijación de ensamblaje.

4.- La máquina giratoria de la reivindicación 3, que comprende además:

30 una segunda fijación de ensamblaje que comprende una segunda banda (40B) de fijación extraíble que incluye un segundo cable (42B) para inserción a la segunda pista.

5.- La máquina giratoria de la reivindicación 2 o 4,

en donde el cable o cada uno de ellos está revestido con al menos una capa de politetrafluoroetileno ("PTFE"); y/o

en donde el cable o cada uno de ellos tiene una sección transversal uniforme sustancialmente idéntica a una sección transversal de la pista respectiva; y/o

35 en donde la banda de fijación o cada una de ellas incluye una placa (46A; 46B) para asegurar la banda de fijación a la cubierta de estátor.

6.- La máquina giratoria de cualquier reivindicación precedente, en donde la pista circunferencial o cada una de ellas está en comunicación con el portal respectivo mediante un orificio (36A, 36B) que se extiende tangencialmente entre el portal respectivo y la pista circunferencial.

40 7.- La máquina giratoria de cualquier reivindicación precedente, en donde la primera parte de pista de rotor y la primera parte de pista de estátor están definidas por una voluta (150) de ventilador.

8.- La máquina giratoria de cualquier reivindicación precedente, en donde la máquina giratoria es una máquina eléctrica, y en donde el subconjunto estacionario es un subconjunto de estátor de la máquina eléctrica y el subconjunto giratorio es un subconjunto de rotor de la máquina eléctrica; preferiblemente

45 en donde la máquina eléctrica es seleccionada a partir de una de entre: una máquina de imán permanente, una máquina de inducción, una máquina de reluctancia cambiada, y una máquina de campo arrollado.

- 9.- Una línea (10) de accionamiento para un vehículo a motor, comprendiendo la línea de accionamiento:
un motor (12) principal;
una caja de cambios (14); y
una máquina (16) giratoria sin cojinetes que puede girar acoplada a la caja de cambios y al motor principal,
comprendiendo la máquina giratoria sin cojinetes la máquina giratoria de cualquier reivindicación precedente.
- 5
- 10.- Un método para integrar una máquina (16) sin cojinetes a una línea (10) de accionamiento, comprendiendo el método:
proporcionar un subconjunto (22; 122) giratorio con una primera parte (62A) de pista de rotor circunferencial;
proporcionar un subconjunto (24; 124) estacionario con una primera parte (62B) de pista de estátor circunferencial y una cubierta que tiene un primer portal (34A);
alinear el subconjunto giratorio coaxialmente con el subconjunto estacionario de tal manera que la primera parte de pista de rotor circunferencial y la primera parte de pista de estátor circunferencial definan una primera pista circunferencial sustancialmente completa en comunicación con el primer portal;
insertar una primera banda (40A; 140) de fijación a la primera pista circunferencial mediante el primer portal para mantener la alineación sustancialmente axial y radial del subconjunto de rotor en relación con el subconjunto de estátor; y
asegurar el subconjunto giratorio y el subconjunto estacionario a los componentes adyacentes de la línea de accionamiento.
- 10
- 11.- El método de la reivindicación 10, que comprende además el paso de insertar una segunda banda (40B) de fijación a una segunda pista (64) circunferencial mediante un segundo portal (34B) en la cubierta de estátor después del paso de insertar la primera banda de fijación.
- 15
- 12.- El método de la reivindicación 10 u 11, que comprende además el paso de retirar la primera banda de fijación de la primera pista mediante el primer portal después del paso de asegurar el subconjunto giratorio y el subconjunto estacionario.
- 20
- 13.- El método de la reivindicación 10, 11 o 12, en donde el paso de alineación es realizado utilizando al menos un accesorio nivelador para contrarrestar las fuerzas magnéticas entre el subconjunto giratorio y el subconjunto estacionario.
- 25
- 14.- El método de la reivindicación 13, en donde el accesorio nivelador mantiene un entrehierro (32) anular sustancialmente uniforme entre el rotor y el estátor hasta que la primera banda de fijación es insertada a la primera pista.
- 30
- 15.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en donde la máquina sin cojinetes es una máquina eléctrica.

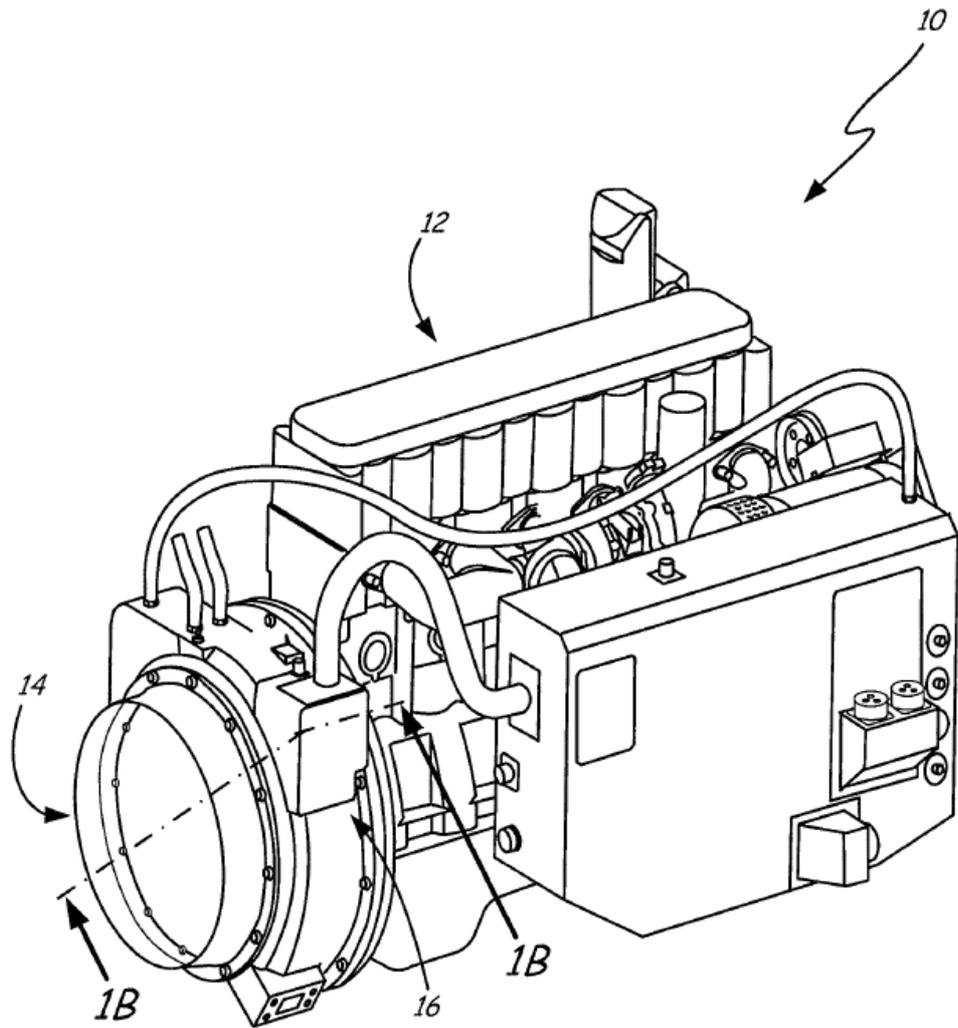
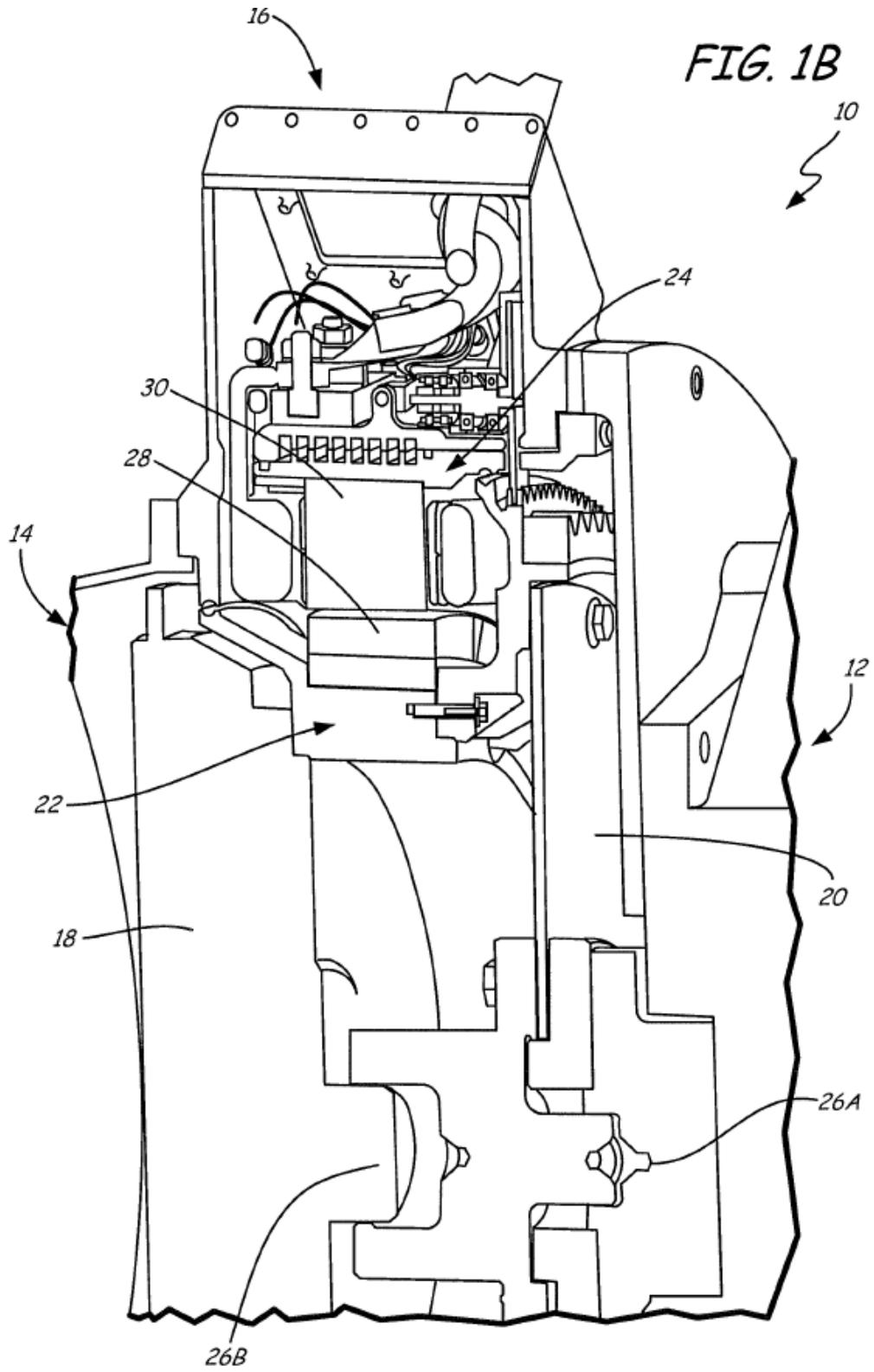


FIG. 1A



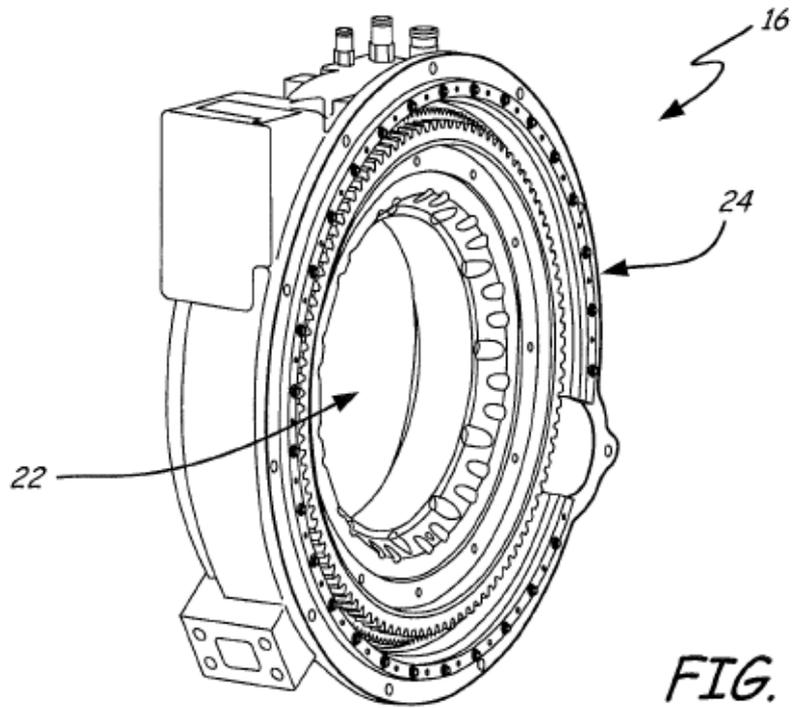


FIG. 2A

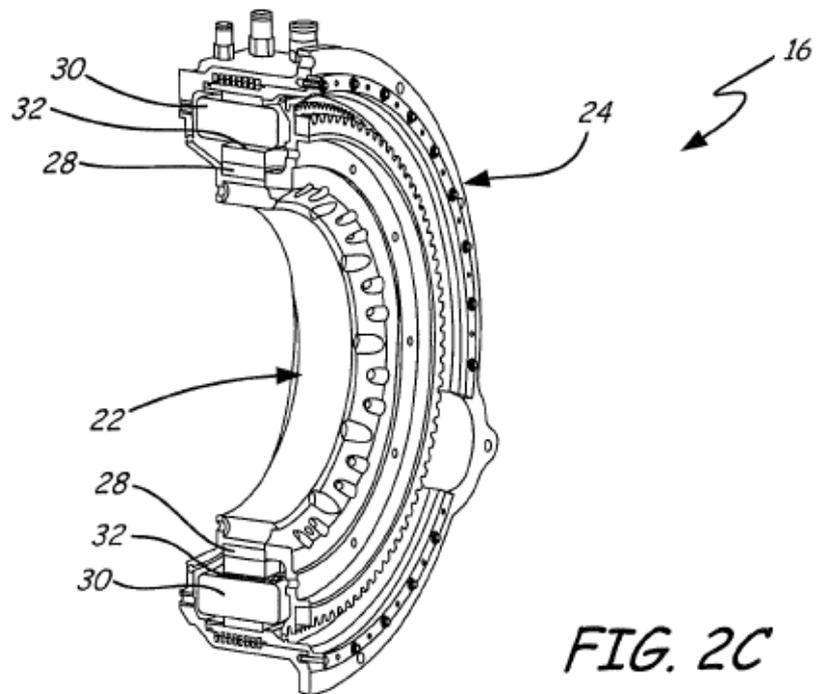


FIG. 2C

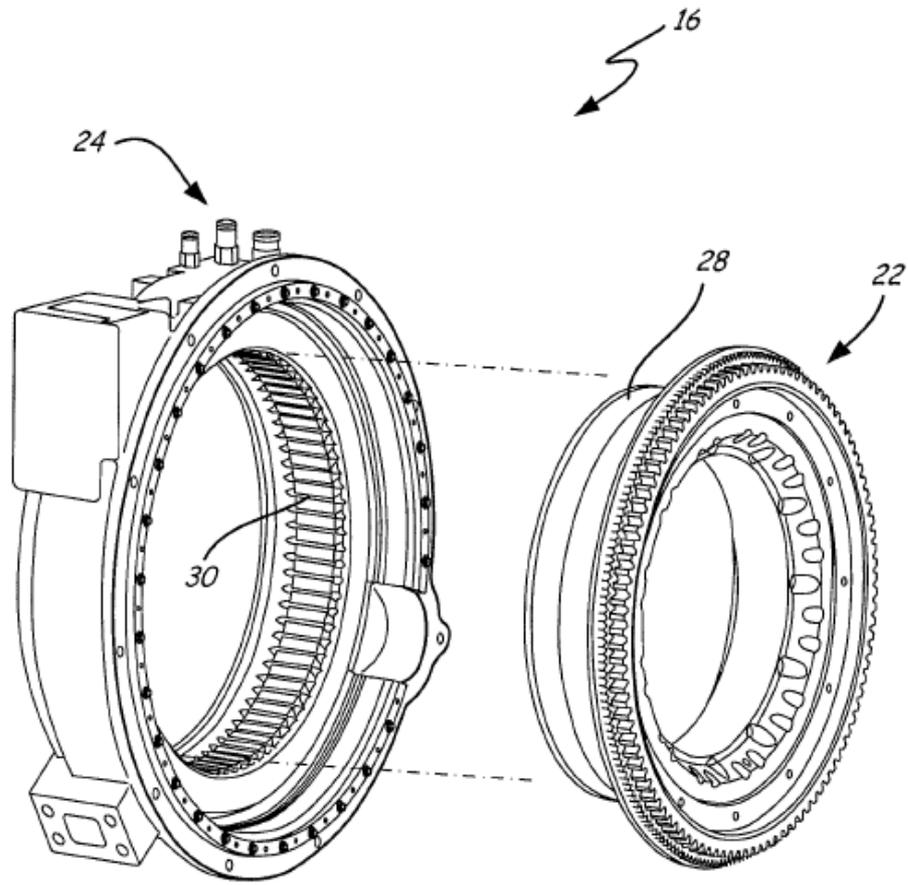


FIG. 2B

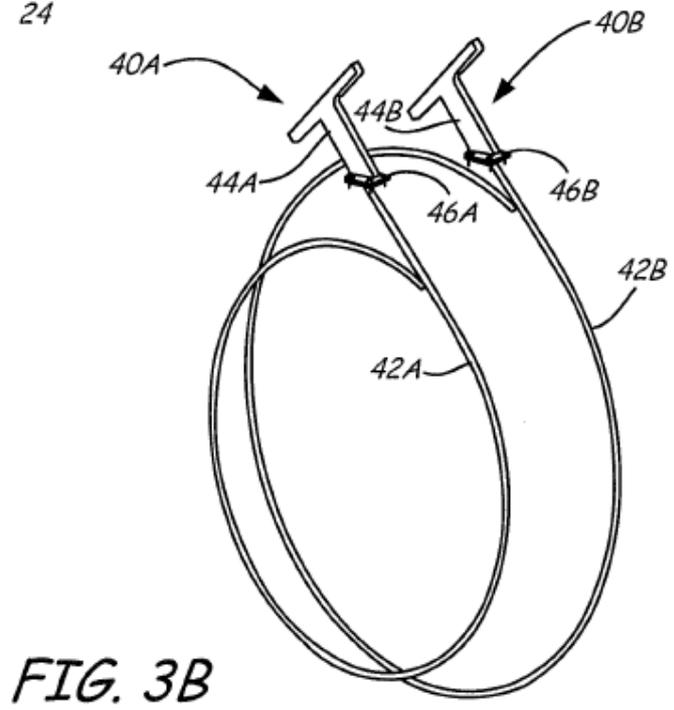
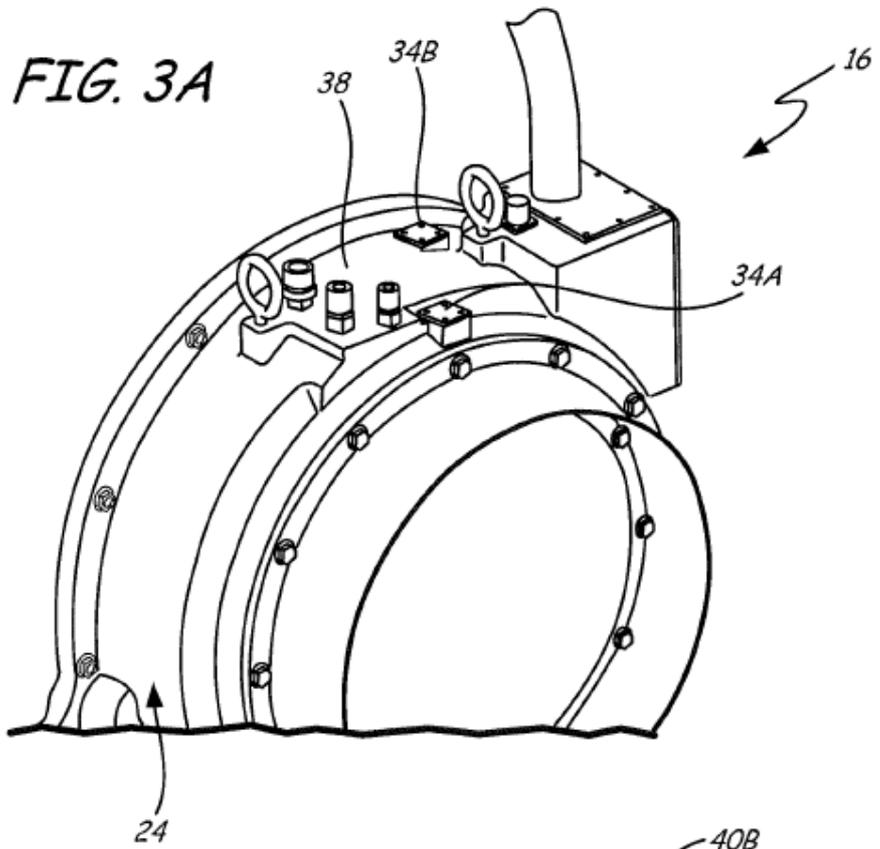
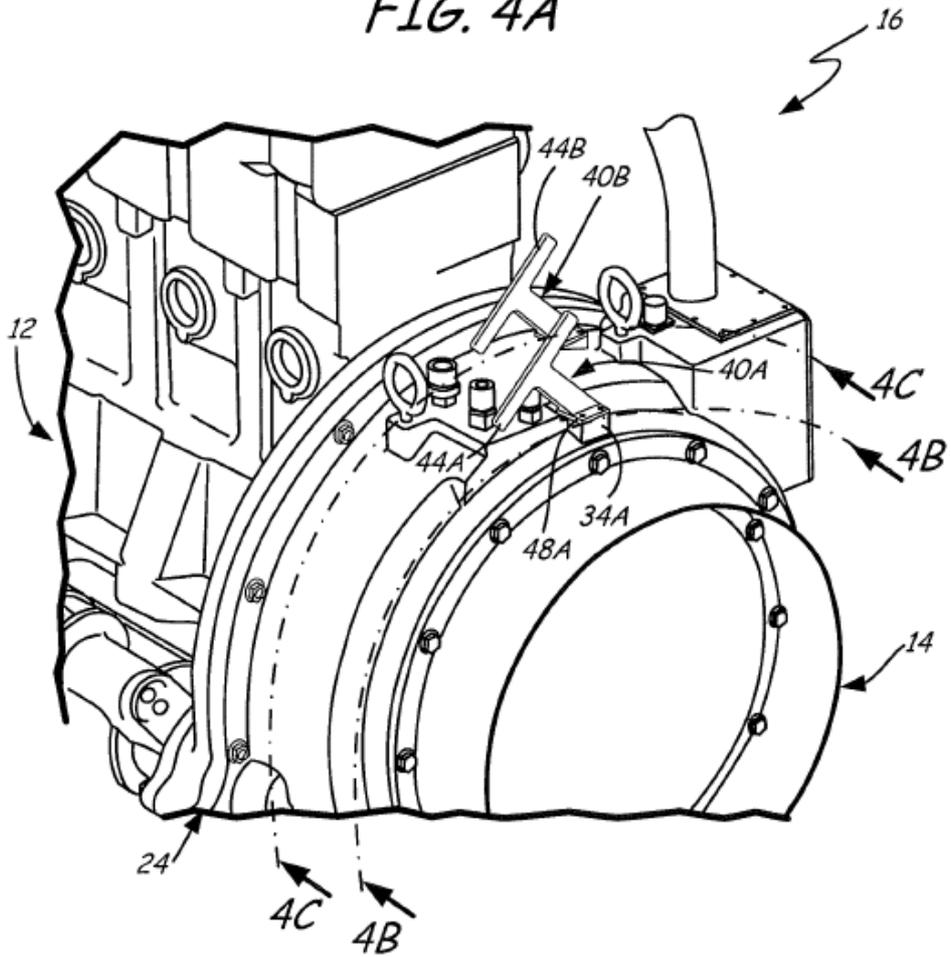


FIG. 4A



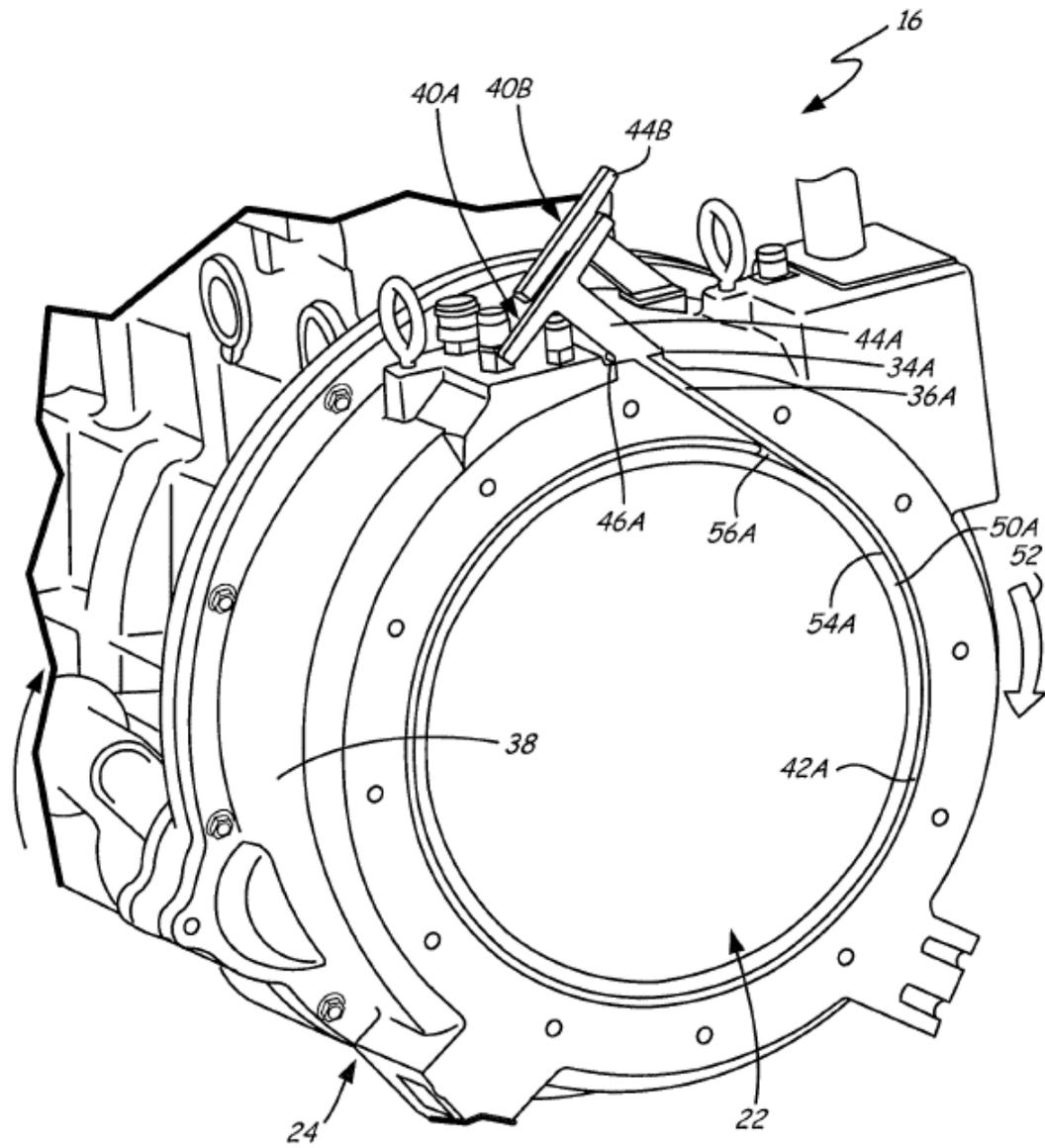


FIG. 4B

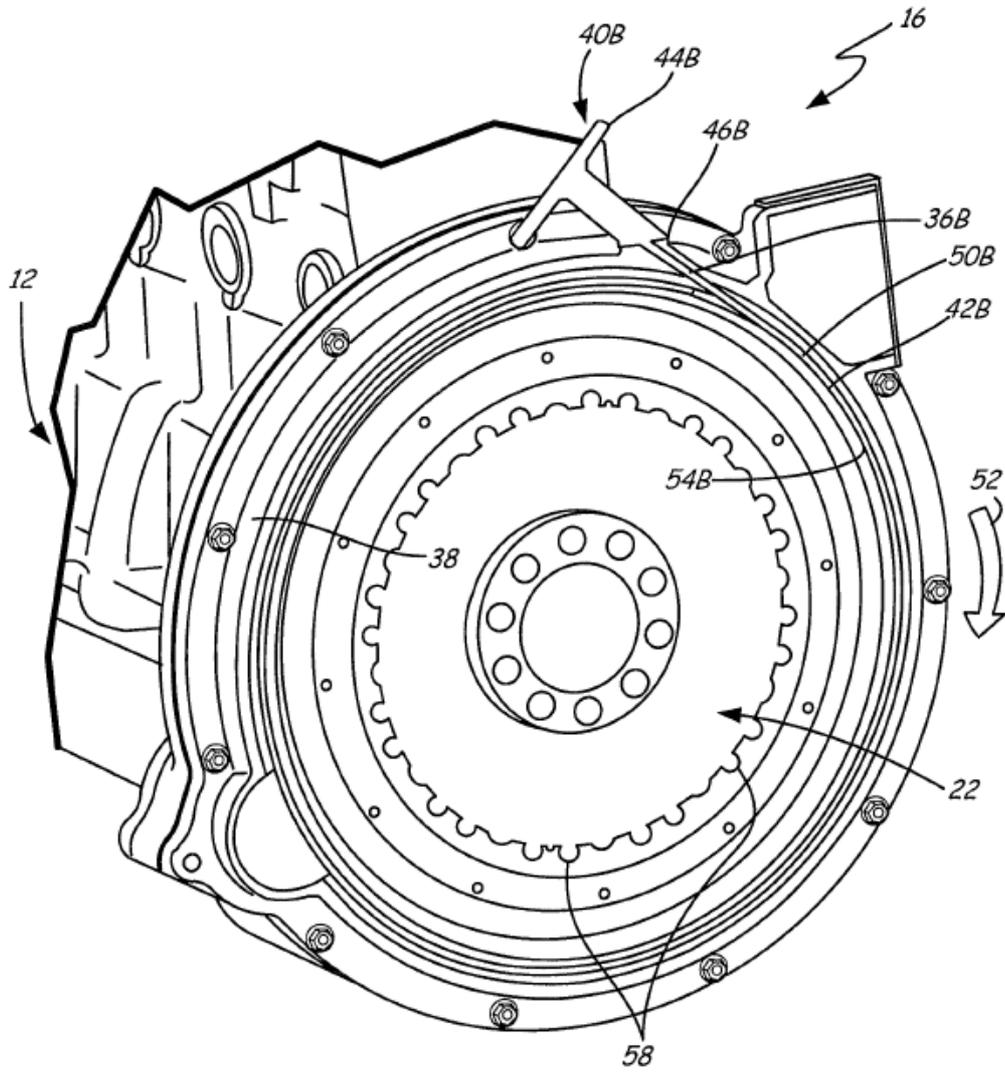


FIG. 4C

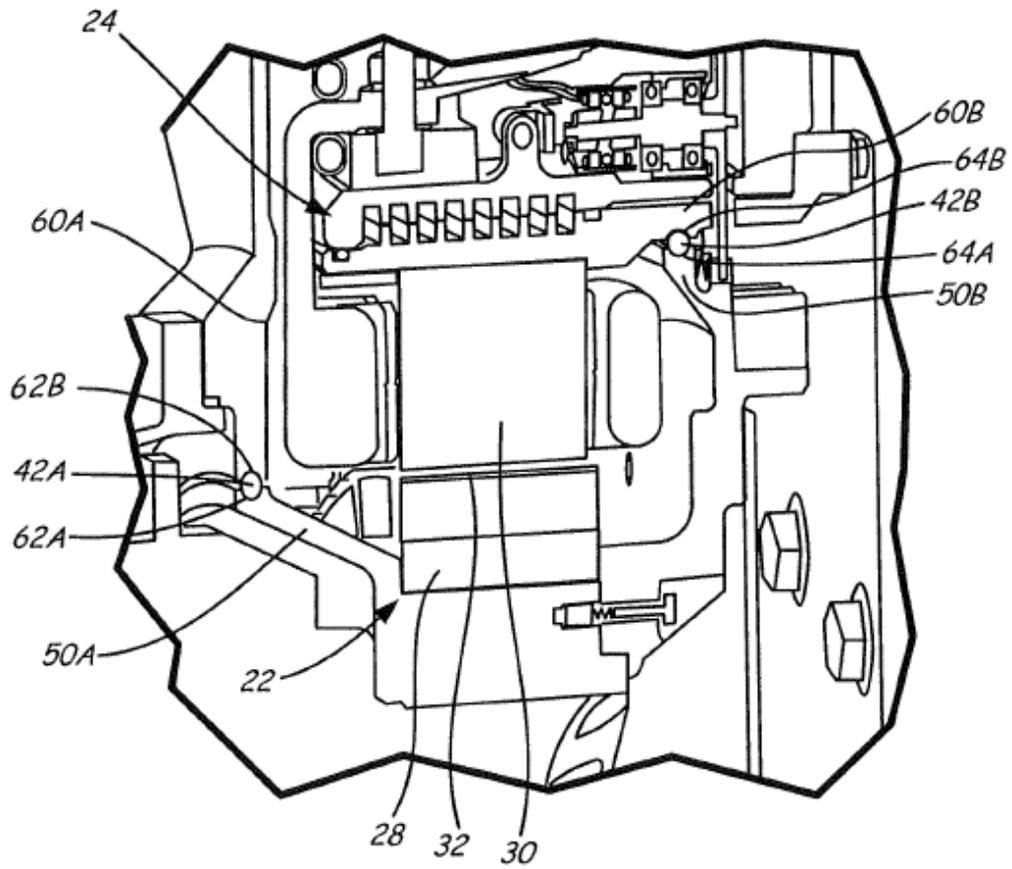


FIG. 4D

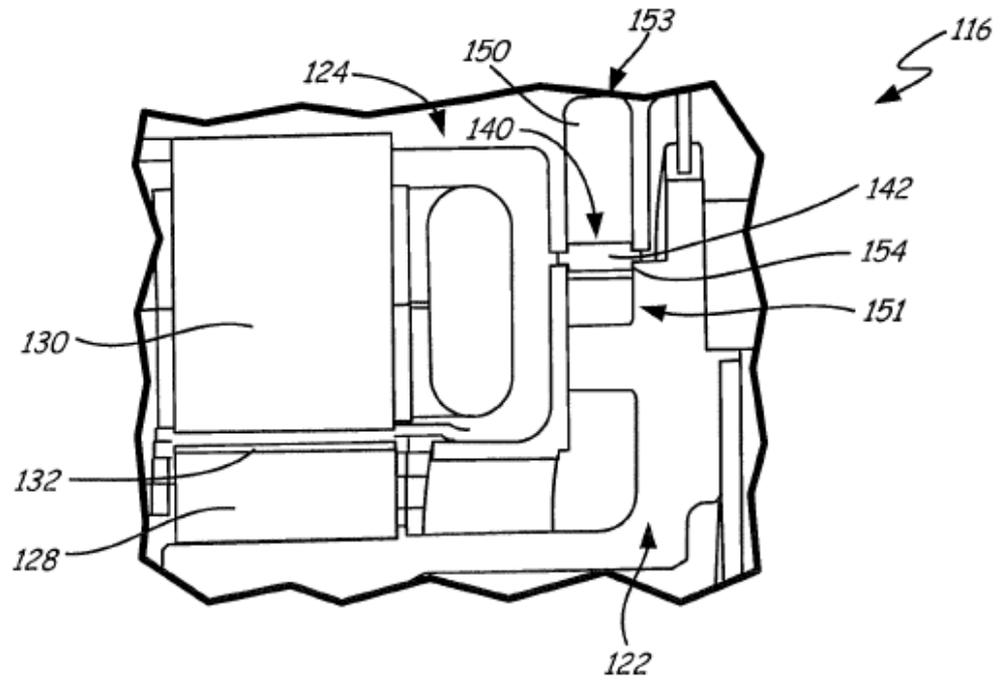


FIG. 5A

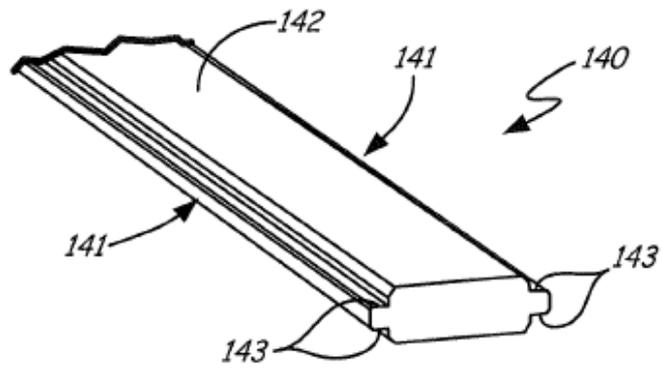


FIG. 5B