

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 585**

51 Int. Cl.:

H02K 5/24

(2006.01)

H02K 1/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09008234 .8**

96 Fecha de presentación: **24.06.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2267871**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2010**

54 Título: **Estructuras de suspensión**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.12.2012

73 Titular/es:
CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD (100.0%)
Boughton Road Rugby
Warwickshire CV21 1BU, GB

72 Inventor/es:
BRADLEY, STUART, IAN y
LE FLEM, GRAHAM, DEREK

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 393 585 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

Estructuras de suspensión

Campo de la técnica

5 La invención se refiere a estructuras de suspensión y, en concreto, a estructuras que soportan el estator de una máquina eléctrica rotatoria, tal como un motor o generador.

Técnica anterior

10 Un montaje de estator para una máquina eléctrica rotatoria normalmente se montará en un marco de montaje externo. Las fuerzas magnetostrictivas que actúan sobre el montaje del estator producen modos de vibración en la dirección radial (en ocasiones denominadas "fuerzas electromagnéticas del estator") que pueden dar lugar a fuerzas grandes que se transfieren al marco de soporte. Estas vibraciones, a su vez, hacen que el marco de montaje emita ruido. En muchas circunstancias, es deseable minimizar el nivel de ruido que emite el montaje del estator. Por ejemplo, los cruceros pueden querer viajar en áreas ambientalmente sensibles y los barcos de investigación medioambiental, barcos de investigación pesquera o buques de guerra etc. pueden desear minimizar el ruido en todo momento.

15 La cantidad de vibración transferida a la estructura de montaje se puede minimizar desacoplando el montaje del estator de la estructura de montaje usando muelles. No obstante, los diseños existentes de la estructura de montaje que usa muelles a menudo son ineficientes, complejos, caros de fabricar y difíciles de ajustar.

Por tanto, existe la necesidad de una estructura de montaje mejorada.

20 Los montajes antivibratorios de tipo sándwich son bien conocidos para aplicaciones industriales. Por ejemplo, se pueden localizar debajo de los motores de diesel o conjuntos generadores para proporcionar una suspensión resiliente. Un montaje de tipo sándwich típico consiste en una o más capas elastoméricas formadas por caucho o polímero localizados entre dos placas de extremo rígidas. En algunos casos, una placa rígida está interpuesta entre capas elastoméricas adyacentes para aumentar la combinación de ambas. El documento US 6107705 divulga una estructura de montaje para el estator de una máquina eléctrica rotatoria en la que los elementos de fijación están montados entre puntos de fijación de un marco de montaje externo y el estator son montajes de tipo sándwich.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona una estructura de montaje mejorada para el estator de una máquina eléctrica rotatoria que comprende:

30 Un marco de montaje externo; y al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich localizado entre el marco de montaje externo y una parte del estator tal que experimenta carga de compresión en una dirección sustancialmente tangencial del estator y esfuerzo cortante radial en una dirección sustancialmente radial del estator durante la operación de la máquina eléctrica rotatoria, en el que el montaje antivibratorio de tipo sándwich tiene una rigidez característica para una carga de compresión K_c y una rigidez característica para el esfuerzo cortante radial K_{rs} ; y que se caracteriza porque el montaje antivibratorio de tipo sándwich está precargado con una carga de compresión predeterminada sustancialmente a lo largo de su eje de compresión

35 de un modo tal que la rigidez característica para el esfuerzo cortante radial K_{rs} es cerca de cero o negativa.

40 El montaje antivibratorio de tipo sándwich tendrá un eje de compresión a lo largo del cual se aplica un componente de la carga de compresión y un par de ejes de cizalladura ortogonales. Un componente de el esfuerzo cortante se puede aplicar al montaje antivibratorio de tipo sándwich a lo largo de uno o ambos ejes de cizalladura en función del diseño global de la estructura de montaje. En el caso en el que el montaje antivibratorio de tipo sándwich consiste en una pluralidad de capas elastoméricas intercaladas con placas rígidas, el eje de compresión será, normalmente, sustancialmente normal al plano de las diversas capas elastoméricas y las placas rígidas intercaladas y los ejes de cizalladura normalmente serán sustancialmente paralelos al plano de las diversas capas elastoméricas y placas rígidas intercaladas.

45 Preferentemente, el montaje antivibratorio de tipo sándwich se localizará de tal manera que su eje de compresión esté sustancialmente alineado con una tangente del estator y uno de sus ejes de cizalladura esté alineado sustancialmente con un radio del estator, opcionalmente con el centro geométrico del estator. El eje de cizalladura que está sustancialmente alineado con un radio del estator se puede denominar eje de cizalladura radial y un componente de el esfuerzo cortante radial se aplicará al montaje antivibratorio de tipo sándwich a lo largo del mismo.

50 En el caso en el que la estructura de montaje incluye dos o más montajes antivibratorios de tipo sándwich, uno respecto de sus ejes de cizalladura está preferente y sustancialmente alineado con un radio del estator, opcionalmente con el centro geométrico del estator. Esto incluirá el caso en el que el o cada localización de montaje incluye un par de montajes antivibratorios de tipo sándwich colocalizados como se trata con más detalle más adelante. En otras palabras, cuando el par de montajes antivibratorios de tipo sándwich colocalizados estén

55 separados circunferencialmente, sus ejes de cizalladura radial no estarán paralelos sino que cada uno estará,

preferentemente, alineado con un radio del estator.

El estator está, preferentemente, conectado indirectamente al marco de montaje externo por al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich en una pluralidad de localizaciones de montaje setopes alrededor de la circunferencia del estator. Las localizaciones de montaje pueden estar setopes de forma uniforme o no uniforme alrededor de la

estructura de montaje típica, el estator puede estar fijado al marco de montaje externo en dos, tres o cuatro localizaciones de montaje setopes, cada una de las cuales tiene al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich.

El montaje antivibratorio de tipo sándwich tiene una rigidez característica K_c para la carga de compresión y una rigidez característica K_{rs} para el esfuerzo cortante radial y en el que la relación de la rigidez $K_c:K_{rs}$ es mayor o igual a aproximadamente 16:1. La relación de la rigidez se puede considerar infinito si K_{rs} es cero o negativa. La Figura 1 muestra como la relación de la frecuencia natural del montaje antivibratorio de tipo sándwich (torsional:radial) varía con la relación de rigidez. El límite inferior de la frecuencia natural es de aproximadamente 4 y este normalmente viene dictado por la relación del diámetro y la longitud del estator y, por tanto, las posiciones de montaje que están disponibles para el montaje antivibratorio de tipo sándwich. (Por ejemplo, se ha encontrado que es difícil proporcionar una suspensión viable para un estator que tenga una longitud muy corta (aproximadamente 300 mm) y un diámetro largo (aproximadamente 1.500 mm), porque la rigidez a la compresión es demasiado baja para contener el par torsor y mantener la frecuencia natural radial lo bastante alta como para dar estabilidad sin recurrir a diseños de montajes grandes inviables). Para una relación de la frecuencia natural superior a 4, se puede ver a partir de la Figura 1 que la relación de la rigidez de $K_c:K_{rs}$ es superior o igual a aproximadamente 16:1. Por tanto, esta relación de rigidez concreta representa un mínimo práctico para la mayoría de los diseños de estator.

El montaje antivibratorio de tipo sándwich restringirá la deflexión tangencial del estator al tiempo que consigue una suspensión de rigidez baja en la dirección radial. En otras palabras, el montaje antivibratorio de tipo sándwich no restringirá la deflexión radial del estator en ninguna medida práctica, de modo que se minimiza la transferencia de fuerzas desde el estator al marco de montaje externo.

La carga de compresión que se aplica al montaje antivibratorio de tipo sándwich durante la operación de la máquina eléctrica normalmente será una combinación de cargas de compresión estáticas que son sustancialmente constantes y cargas dinámicas de compresión que son variables. La combinación de cualquier carga útil de operación de compresión proporcionará eficazmente una carga de compresión en estado permanente que se aplica al montaje antivibratorio de tipo sándwich durante toda su vida. Las cargas dinámicas de compresión pueden dar lugar a la carga de compresión total que se aplica al montaje antivibratorio de tipo sándwich en cualquier momento concreto siendo superior o inferior a la carga de compresión en estado permanente por los motivos descritos con mayor detalle más adelante. Cualquier incremento en la carga de compresión aplicada más allá de la carga de compresión en estado permanente comprende además las capas elastoméricas del montaje antivibratorio de tipo sándwich de modo que los miembros de montaje del extremo rígidos se acercan más. En el caso en el que la carga de compresión aplicada sea inferior a la carga de compresión en estado permanente, las capas elastoméricas están descomprimidas y los miembros de montaje del extremo rígidos se alejan más. Durante el funcionamiento de la máquina eléctrica, los miembros de montaje del extremo rígidos del montaje antivibratorio de tipo sándwich se acercan más y se alejan aproximadamente una posición en estado permanente que se determina mediante la combinación de cualquier carga de compresión estática.

El montaje antivibratorio de tipo sándwich está precargado con una carga de compresión predeterminada. Cualquier carga de compresión adicional que podría aplicarse al montaje antivibratorio de tipo sándwich no superará, preferentemente, aproximadamente el 60 % de la precarga. En otras palabras, la F_p pre-carga generalmente será la carga de compresión dominante que se aplica al montaje antivibratorio de tipo sándwich durante su vida de funcionamiento. La precarga es una carga de compresión estática y se puede aplicar mediante cualquier medio mecánico adecuado tal como una perno pasante o un montaje conformado, por ejemplo. La precarga se aplica a lo largo del eje de compresión del montaje antivibratorio de tipo sándwich. La aplicación de la precarga comprime las capas elastoméricas del montaje antivibratorio de tipo sándwich y hace que los miembros de montaje del extremo rígidos se acerquen. La precarga del montaje antivibratorio de tipo sándwich extiende su vida de funcionamiento no dejándole que pase a tensión cero en condiciones de operación normales y, en general, aumenta la característica de rigidez a la compresión K_c . Esto significa que las deflexiones del estator debido al par torsor, choque etc. están reducidas. La precarga también significa que el funcionamiento del montaje antivibratorio de tipo sándwich se hace sustancialmente independiente de la masa del estator de modo que se puede usar una montaje antivibratorio de tipo sándwich para cualquier estator concreto. Esto conduce a un diseño modular del montaje antivibratorio de tipo sándwich que es rentable y simple y fácil de instalar en cualquier montaje o marco del estator.

La precarga del montaje antivibratorio de tipo sándwich también ayuda a reducir la rigidez de cizalladura radial característica K_{rs} como resultado del efecto de pandeo de Euler. En otras palabras, la rigidez de cizalladura radial característica K_{rs} se reducirá de acuerdo con la cantidad de la carga de compresión hasta que está cerca de cero, o es incluso negativa, a medida que el montaje está inestable. Por tanto, un montaje antivibratorio de tipo sándwich que tiene características de rigidez de cizalladura radial regresiva frente a la carga de compresión y, por tanto, una inestabilidad en la dirección de la cizalladura radial, proporciona un aislamiento de vibración significativamente

mejor. La Figura 2A muestra curvas de rigidez de la compresión no lineal y lineal típicas para un montaje antivibratorio de tipo sándwich. Las curvas de rigidez representan cómo se desvía un montaje antivibratorio de tipo sándwich en respuesta a una carga de compresión aplicada para los casos en los que el montaje tiene características lineales y no lineales. La Figura 2B muestra cómo la característica de rigidez de cizalladura radial Krs cambia cuando un montaje antivibratorio de tipo sándwich se desvía en respuesta a una carga de compresión aplicada. En este caso, se asume que el montaje tiene una característica lineal. Se muestran dos características de rigidez de cizalladura radial, una para un montaje con dos placas rígidas intercaladas y una para un montaje con cuatro placas rígidas intercaladas. Para una deflexión de 0,01 mm resultante de una carga de compresión aplicada de 10 kN, un montaje antivibratorio de tipo sándwich que tiene cuatro placas rígidas intercaladas tendrá una característica de rigidez de cizalladura Krs de 60,6 kN/mm y un montaje que tiene dos placas rígidas intercaladas tendrá una característica de rigidez de cizalladura Krs de 88,4 kN/mm. Es importante observar que la característica de rigidez de cizalladura Krs disminuye con una característica de rigidez a la compresión Kc creciente y, en algunos casos, puede ser negativa. El incremento del número de placas rígidas intercaladas normalmente tendrá el efecto de disminuir la característica de rigidez de cizalladura radial Krs para cualquier deflexión de compresión dada. Las Figuras 2A y 2B se incluyen con el fin de ilustrar que las características de rigidez de un montaje antivibratorio de tipo sándwich típico se deberán considerar como limitantes de la presente invención a cualquier diseño o disposición concreta.

En función de la localización de su montaje se puede aplicar una carga de compresión estática adicional al montaje antivibratorio de tipo sándwich en forma de una carga de masa Fm. En otras palabras, un componente de la fuerza de gravedad descendente que actúa sobre el estator se puede aplicar al montaje antivibratorio de tipo sándwich a lo largo de su eje de compresión. La combinación de la precarga y la carga de la masa proporcionarán juntas una carga de compresión estática total que representa la carga de compresión en estado permanente que se aplica al montaje antivibratorio de tipo sándwich si la estructura de montaje global permanece estacionaria y la máquina eléctrica no está en funcionamiento.

El montaje antivibratorio de tipo sándwich normalmente experimentará una carga de compresión dinámica como resultado del par torsor generado por la máquina eléctrica durante su funcionamiento. El par torsor actúa a lo largo de una tangente del estator y un componente del par torsor normalmente se aplicará al montaje antivibratorio de tipo sándwich a lo largo de su eje de compresión. La carga de par torsor Ft solo se aplicará en una dirección tangencial del estator si el rotor de la máquina eléctrica siempre rota en la misma dirección. En este caso, la o cada localización del montaje en la que el estator está fijado al marco de montaje externo solo necesita incluir un único montaje antivibratorio de tipo sándwich que experimentará la carga de compresión adicional debido al par torsor cuando la máquina eléctrica está en funcionamiento; apreciándose en realizar que puede seguir siendo necesario un par de montajes antivibratorios de tipo sándwich en algunas circunstancias para aceptar otras cargas de compresión. Si el rotor de la máquina eléctrica puede rotar en ambas direcciones opuestas (p. ej., para un motor de propulsión marino que podría tener que rotar un eje propulsor en ambas direcciones para proporcionar propulsión directa e inversa), la o cada localización del montaje incluirá, preferentemente, un par de montajes antivibratorios de tipo sándwich, uno que experimenta una carga de par torsor Ft cuando el rotor de la máquina eléctrica rota en una dirección y otro que experimenta una carga de par torsor cuando el rotor de la máquina eléctrica rota en la dirección opuesta. Se apreciará fácilmente que cuando la carga de compresión total aplicada a uno de los pares de montajes antivibratorios de tipo sándwich es superior a la carga de compresión e equilibrio como resultado de la carga de par adicional Ft, por lo que la carga de compresión total aplicada simultáneamente al otro montaje antivibratorio de tipo sándwich es menor que la carga de compresión en estado permanente. En otras palabras, las capas elastoméricas de uno del par de montajes antivibratorios de tipo sándwich se comprimen adicionalmente mediante una determinada cantidad, mientras que las capas elastoméricas de la antivibración de tipo sándwich no están comprimidas por una cantidad determinada.

El par de montajes antivibratorios de tipo sándwich se colocan, preferentemente, en la o cada localización del montaje. No obstante, también sería posible que la estructura de montaje incluya una o más localizaciones del montaje con un montaje antivibratorio de tipo sándwich que experimenta una mayor carga de compresión debido al par cuando el rotor de la máquina eléctrica rota en una dirección y una o más localizaciones del montaje con un montaje antivibratorio de tipo sándwich que experimenta una mayor carga de compresión debido al par cuando el rotor de la máquina eléctrica rota en la dirección opuesta. En otras palabras, en lugar de colocar el par de los montajes antivibratorios de tipo sándwich, se localizarían en diferentes localizaciones del montaje setopes alrededor de la circunferencia del estator.

El par de los montajes antivibratorios de tipo sándwich pueden tener la misma construcción o una diferente, incluidas sus características de rigidez Kc y Krs. Por ejemplo, para un motor de propulsión marino, el montaje antivibratorio de tipo sándwich que experimentará una mayor carga de compresión cuando el rotor rota en una dirección para proporcionar una propulsión directa se puede diseñar de modo que acepte cargas de compresión mayores que el montaje antivibratorio de tipo sándwich que experimente una mayor carga de compresión cuando el rotor rota en una dirección opuesta para proporcionar propulsión inversa; de modo que realmente se aprecia que la carga del par Ft aplicada durante la propulsión directa será normalmente mayor que la carga del par durante la propulsión inversa.

Otras cargas de compresión dinámica (p. ej., cargas de choque Fs) se pueden aplicar al montaje antivibratorio de tipo sándwich como resultado de choques inesperados mediante derivaciones con rieles o movimientos de las vías

marítimas, por ejemplo.

En términos generales, la carga de compresión total F_c aplicada al montaje antivibratorio de tipo sándwich en cualquier momento concreto se puede representar mediante la ecuación siguiente:

$$F_c = F_p + F_m + F_t + F_s$$

Cargas estáticas
Cargas dinámicas

La carga del par F_t será un valor positivo (+ve) o negativo (-ve) en función de la dirección en la que el rotor está rotando y si esto tiene como resultado una mayor o menor carga de compresión aplicada al montaje antivibratorio de tipo sándwich. En la práctica, incluso si la carga del par F_t es negativa, el montaje antivibratorio de tipo sándwich seguirá experimentando una carga de compresión como resultado de la precarga F_p y la aplicación de una carga del par negativa tendrá como resultado, simplemente, una reducción de la carga de compresión total F_c que experimenta el montaje.

El esfuerzo cortante radial aplicada al montaje antivibratorio de tipo sándwich en cualquier momento dado dependerá de la deflexión radial del estator como resultado de fuerzas electromagnéticas del estator y, posiblemente, también un componente de cualquier carga de choque F_s .

Las cargas de compresión típicas que podrían experimentar un montaje antivibratorio de tipo sándwich se proporcionan para dos ejemplos de máquina eléctrica. Ninguno de los valores dados en las diversas tablas que figuran más adelante se considerará limitante de la presente invención a cualquier diseño o disposición concretos.

Con una primera máquina eléctrica Ej. 1 se pretende que represente una máquina físicamente grande que podría, por ejemplo, ser adecuada como motor de propulsión marina y tiene los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 1- Ej. 1

Potencia nominal	5 MW
Rpm:	3600
Masa:	14.000 kg
Diámetro del estator:	1,4 m

Con una segunda máquina eléctrica Ej. 2 se pretende que represente una máquina físicamente pequeña y tiene los siguientes parámetros de diseño:

Tabla 2- Ej. 2

Potencia nominal	150 kW
Rpm:	1.800
Masa:	220 kg
Diámetro del estator:	0,28 m

Las cargas de compresión típicas que podrían experimentar el montaje antivibratorio de tipo sándwich cuando se instala en una estructura de montaje para el estator de las máquinas eléctricas Ej. 1 y Ej. 2 serían:

Tabla 3 –Cargas de compresión típicas para Ej. 1 y Ej. 2

	Ej. 1	Ej. 2
Carga de masa F_m	12,2 kN	340 N
Carga de par máx. F_t	$\pm 10,6$ kN	$\pm 5,0$ kN
Carga de choque máx. F_s	36,0 kN	1,7 kN
Carga de compresión máxima total, no incluye la precarga F_p (en la que F_t es +ve)	58,8 kN	7,04 kN
Carga de compresión máxima total, no incluye la precarga F_p (en la que F_t es -ve)	37,6 kN	-2,96 kN

Precarga Fp	98,0 kN	11,7 kN
-------------	---------	---------

A partir de la Tabla 3 se puede ver que la carga de compresión máxima total, sin incluir la precarga Fp, para la máquina eléctrica Ej. 1 está dominada por la carga de la masa y es el 60 % de la precarga relevante. De un modo similar, la carga de compresión máxima total, sin incluir la precarga Fp, para la máquina eléctrica Ej. 2 está dominada por la carga del par y es el 60 % de la precarga relevante.

El montaje antivibratorio de tipo sándwich tiene una característica de rigidez a la compresión Kc alta y, por tanto, puede resistir niveles significativos de la carga de compresión. No obstante, el montaje antivibratorio de tipo sándwich tiene una característica de rigidez de cizalladura radial Krs baja. En la práctica, generalmente se prefiere que la característica de rigidez de cizalladura radial Krs es casi cero, o incluso negativa, para minimizar las fuerzas que se transfieren al marco de montaje externo como resultado de las fuerzas electromagnéticas del estator. Esto, a su vez, minimiza la cantidad de ruido que emite el marco de montaje externo. Se cree que aunque una estructura de montaje convencional use muelles podría ser capaz de conseguir una reducción del ruido de 20-30 dB sobre el intervalo de frecuencias de 10 Hz a 2 Hz, la mejor estructura de montaje de la presente invención podría alcanzar una reducción del ruido de 50-70 dB sobre el mismo intervalo de frecuencia. Se apreciará fácilmente que esto es cerca de una característica de muelle de menos masa ideal.

Las características dinámicas de compresión y de rigidez de cizalladura radial Kc, Krs típicas para el montaje antivibratorio de tipo sándwich cuando se instala en una estructura de montaje para el estator de las máquinas eléctricas Ej. 1 y Ej. 2 serían:

Tabla 4 –Características de rigidez típicas para Ej. 1 y Ej. 2

	Ej. 1	Ej. 2
Krs	100 N/mm	100 N/mm
Kc	260 kN/mm	55 kN/mm
Kc:Krs	2600:1	550:1

Como se ha mencionado brevemente anteriormente, el montaje antivibratorio de tipo sándwich consiste, preferentemente, en una pluralidad de capas elastoméricas con placas rígidas intercaladas. Las capas elastoméricas pueden estar hechas de cualquier material adecuado, tal como caucho, mezcla o polímero de caucho, por ejemplo. De un modo similar, las placas rígidas pueden estar hechas de un material adecuado, aunque generalmente se preferirá un metal de placa rígida, tal como acero. La construcción del montaje antivibratorio de tipo sándwich normalmente se determinará de un modo tal que tenga las características de rigidez requeridas y, en concreto, una característica de rigidez de cizalladura radial Krs que es cercana a cero, o incluso negativa, por los motivos descritos anteriormente. Si la característica de rigidez de cizalladura radial Krs se convierte en cero, o incluso negativa, la relación de rigidez de Kc:Krs pasará a ser infinito y no se complementa para una Krs negativa. Como se ha mencionado anteriormente, la relación de rigidez es, preferentemente, superior o igual a aproximadamente 16:1 y se satisfará para todos los posibles valores de Krs. Las características de construcción del montaje antivibratorio de tipo sándwich que se pueden tener en cuenta al determinar las características de rigidez podrían incluir: El espesor, la dureza y la forma de las capas elastoméricas y, en concreto, la forma del perfil del borde; el espesor de las placas rígidas; y el número de capas elastoméricas y de placas rígidas. El montaje antivibratorio de tipo sándwich también se puede diseñar y construir para garantizar que su frecuencia natural radial es improbable que se excite con las vibraciones radiales causadas por las fuerzas electromagnéticas del estator. Las frecuencias de vibración para el estator se pueden medir o predecir mediante modelos informáticos, por ejemplo, y normalmente dependerá de los parámetros de la máquina, tal como el número de dientes del estator, la velocidad rotacional etc. La frecuencia natural permanecerá, preferentemente, sustancialmente constante cuando el montaje antivibratorio de tipo sándwich está en uso. En otras palabras, el montaje antivibratorio de tipo sándwich puede tener una periodicidad constante cuando su frecuencia natural permanece, preferentemente, sustancialmente constante y no se altera o afecta por la carga de compresión y/o radial experimentada por el montaje antivibratorio de tipo sándwich cuando la máquina eléctrica rotatoria está en funcionamiento.

Los materiales usados para construir el montaje antivibratorio de tipo sándwich serán tales que el montaje se pueda exponer a temperaturas elevadas de aproximadamente 100°C. Esto se considera para proporcionar una ventaja técnica adicional porque cuando las estructuras de montaje convencionales usan muelles, estas se tienen que localizar en regiones de temperatura baja.

Las capas elastoméricas y las placas rígidas intercaladas se pueden localizar entre los miembros de montaje de los extremos rígidos. Uno de los miembros de montaje de los extremos rígidos se puede usar para localizar el montaje antivibratorio de tipo sándwich en una parte del estator, mientras que el otro miembro de montaje de los extremos se puede usar para localizar el montaje antivibratorio de tipo sándwich en el marco de montaje externo. De este modo, el estator se desacopla de forma eficaz del marco de montaje externo y solo está conectado de forma indirecta a él por medio del montaje antivibratorio de tipo sándwich. Los miembros de montaje de los extremos rígidos se puede

fijar mecánicamente al estator y al marco de montaje externo usando cualquier fijación adecuada tales como pernos, por ejemplo, o simplemente se pueden colocar en o contra un asiento conformado y adecuado proporcionado en el estator y el marco de montaje externo, respectivamente. El movimiento relativo entre los miembros de montaje de los extremos rígidos en la dirección tangencial es experimentado por el montaje antivibratorio de tipo sándwich como una carga de compresión, mientras que el movimiento relativo entre los miembros de montaje de los extremos en la dirección radial es experimentado por el montaje antivibratorio de tipo sándwich como esfuerzo cortante radial. En el caso de un par colocalizado de montajes antivibratorio de tipo sándwich, se puede proporcionar un único miembro de montaje del extremo rígido y compartir por ambos montajes. Por ejemplo, cada montaje antivibratorio de tipo sándwich puede tener un miembro de montaje del extremo rígido que localiza el montaje asociado en el marco de montaje externo y un miembro de montaje del extremo rígido compartido, colocado entre ellos, que localiza los montajes en una parte del estator.

Al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich adicional se puede fijar entre el marco de montaje externo y una parte del estator de modo que experimente carga de compresión en una dirección axial del estator. En otras palabras, el montaje antivibratorio de tipo sándwich adicional restringirá cualquier deflexión axial del estator al tiempo que consigue, preferentemente, una suspensión de rigidez baja en la dirección radial. El montaje antivibratorio de tipo sándwich adicional normalmente se localizará de tal manera que su eje de compresión esté alineado sustancialmente con un eje longitudinal del estator y su eje de cizalladura radial está alineado sustancialmente con un radio del estator, opcionalmente con el centro geométrico del estator. Como alternativa, la deflexión axial del estator se puede conseguir para aplicaciones tales como propulsión por raíles o marina por medio de topes. Estas topes pueden ser estructuras metálicas sólidas, tales como choques de colisión encontrados en las aplicaciones marinas, o estructuras de resortes encontradas habitualmente en las aplicaciones de rieles para superar las cargas de desviación. También se pueden usar topes hechas de materiales compuestos y/o poliméricos.

Se puede proporcionar una pluralidad de montajes antivibratorios de tipo sándwich adicionales o topes en localizaciones setopes alrededor de la circunferencia del estator y se puede usar para restringir la deflexión axial del estator en una o las dos direcciones axiales.

El marco de montaje externo está hecho preferentemente de un material rígido adecuado, tal como acero, y puede ser completamente aparte convencional de las partes a las que se fija el montajes antivibratorio de tipo sándwich.

Figuras

La Figura 1 es un gráfico que muestra cmo la relación de la frecuencia natural del montaje antivibratorio de tipo sándwich varía con la relación de rigidez;

La Figura 2A es un gráfico que muestra una curva de rigidez de la compresión para un montaje antivibratorio de tipo sándwich.

La Figura 2B es un gráfico que muestra cómo la rigidez de cizalladura de un montaje antivibratorio de tipo sándwich varía con la deflexión por compresión;

La Figura 3 es una vista transversal radial de una máquina eléctrica rotatoria que tiene una estructura de montaje de acuerdo con la presente invención;

La Figura 4 es una vista transversal axial tomada a lo largo de la línea A-A de la figura 3; y

La Figura 5 es una vista en perspectiva detallada de un par de montajes antivibratorios de tipo sándwich colocalizados que forman parte de la estructura de montaje de la presente invención.

Con respecto a las Figures 3 y 4, un montaje de estator 1 para una máquina eléctrica rotatoria (p. ej., un motor o generador) incluye una superficie radialmente interna 2 que contiene una pluralidad de ranuras setopes circunferencialmente 4 para recibir las bobinas de un devanado del estator (no mostrado).

Un marco de montaje externo se localiza fuera del montaje del estator 1. El marco de montaje incluye miembros estructurales anulares 6, un alojamiento externo cilíndrico 8 y placas anulares en el extremo 10a, 10b. Cada extremo axial del montaje del estator 1 está conectado indirectamente con los miembros estructurales anulares 6 del marco de montaje externo en cuatro localizaciones de montajes aparte 12a-12d como se muestra en la Figura 3. Las localizaciones de montajes 12a-12d están separados igualmente alrededor de la circunferencia del montaje del estator 1. Será fácilmente apreciado que el número de localizaciones de montajes, su localización individual y su separación angular dependerán de la construcción del montaje del estator y/o el marco de montaje externo.

Cada localización de montajes incluye un par de montajes colocalizados 14a, 14b. Un montaje en cada par experimenta una mayor carga de compresión cuando un rotor (no mostrado) rota dentro del montaje del estator en una primera dirección y el otro montaje en cada par experimenta una mayor carga de compresión cuando el rotor rota en una dirección opuesta. En la disposición mostrada en las Figuras 3 y 4 se usan un total de dieciséis montajes antivibratorios de tipo sándwich, ocho en cada extremo axial del montaje del estator 1. No obstante, se apreciará fácilmente que también es posible para cada localización de montajes incluir dos o más pares de montaje colocalizados. En este caso, normalmente, los pares de montajes colocalizados en cada localización de montajes

estarán separados axialmente. Por ejemplo, los pares de montajes colocalizados pueden estar localizados adicionalmente en cada una de las cuatro localizaciones de montaje en cada extremo axial del montaje del estator 1 pero axialmente hacia dentro de los miembros estructurales anulares 6 del marco de montaje. Se proporcionan aberturas rectangulares 16 en el alojamiento cilíndrico 8 para permitir acceso a los montajes e inspección visual de los mismos.

Uno de los pares de montajes colocalizados se muestra con más detalle en la Figura 5. Un primer montaje antivibratorio de tipo sándwich 14a incluye un miembro de montaje de extremos rígido que incluye una placa de reacción 18a, una placa de montaje 20a y una abrazadera de montaje 22a. De un modo similar un segundo antivibratorio de tipo sándwich 14b incluye un miembro de montaje de extremos rígido que incluye una placa de reacción 18b, una placa de montaje 20b y una abrazadera de montaje 22b. Las placas de montaje 20a, 20b incluyen aberturas para permitir que los miembros de montaje de extremos estén fijados mecánicamente a partes setopes circunferencialmente del miembro estructural anular 6 mediante pernos 24. En la disposición mostrada en las Figuras 3 a 5, cada miembro de montaje de extremos está fijado mecánicamente usando tres pernos. No obstante, se apreciará fácilmente que el número de pernos dependerá de los requisitos de tamaño y fijación de los montajes.

Un miembro de montaje intermedio rígido 26 se localiza entre los montajes primero y segundo 14a, 14b y se fija mecánicamente a un extremo de un miembro estructural de extensión axial 28 del montaje del estator 1 como se muestra en las Figuras 4 y 5. Dado que la disposición mostrada en la Figura 3 tiene cuatro localizaciones de montajes 12a-12d, hay cuatro miembros estructurales 28 pero solo dos se muestran en la Figura 4. Cada miembro estructural 28 extiende la longitud axial completa del montaje del estator 1 y está soportado en ambos extremos por un par de montajes colocalizados. Los miembros estructurales 28 forman una parte integral del montaje del estator 1 global y, en particular, con los miembros estructurales anulares 30 que se localizan radialmente hacia dentro de los miembros estructurales anulares del marco de montaje 6. Como se muestra más claramente en las Figuras 4 y 5, los montajes primero y segundo 14a, 14b se solapan con los miembros estructurales anulares 30 en la dirección radial. Se proporciona un aclaramiento radial entre el miembro de montaje intermedio 26 y el marco de montaje externo para permitir una cierta cantidad de movimiento relativo. En la práctica se debe proporcionar suficiente aclaramiento entre todas las partes del montaje del estator 1 y cualquier estructura externa rígida.

Los montajes primero y segundo 14a, 14b tienen tres capas elastoméricas 32 intercaladas con dos placas rígidas intermedias 34. Una placa de extremo rígida 36 de cada montaje linda directamente y de un modo no fijo con la placa de reacción adyacente 18a, 18b de cada miembro de montaje del extremo. La placa del extremo 36 se sujeta en posición mediante la precarga que se describe con mayor detalle más adelante. Una placa del extremo rígida 38 de cada montaje linda directamente sin fijar con el miembro de montaje intermedio 26 y también se sujeta en posición mediante la precarga. Aunque no se muestra, las placas de reacción 18a, 18b y el miembro de montaje intermedio 26 puede incluir hombros una estructura de asiento adecuada que topará con los bordes de las placas del extremo rígidas 36, 38 de cada montaje para proporcionar la localización contra las esfuerzos cortantes.

Se apreciará fácilmente que no hay una conexión física directa entre el montaje del estator 1 y el marco de montaje externo. Más particularmente, la conexión indirecta entre los miembros estructurales de extensión axial 28 del montaje del estator y los miembros estructurales anulares 6 del marco de montaje externo se hace a través del miembro de montaje intermedio 26 y de los miembros de montaje de los extremos de los montajes primero y segundo 14a, 14b en cada localización de montaje 12a-12d.

Cada montaje está precargado con una carga de compresión predeterminada. En la disposición mostrada en la Figura 5, la misma precarga se aplica mecánicamente a ambos montajes colocalizados 14a, 14b mediante un perno (no mostrado) que atraviesa una abertura 40 en la placa de reacción 18a, 18b de cada miembro de montaje del extremo. No obstante, en una disposición diferente cada montaje se puede precargar con su propia carga de compresión predeterminada. Los montajes pueden también diseñarse para acomodar diferentes cargas y tener diferentes características de rigidez. El perno (no mostrado) atraviesa una abertura 42 en el miembro de montaje intermedio 26 que proporciona suficiente aclaramiento para permitir el movimiento relativo entre el montaje del estator 1 y el marco de montaje externo. Cualquier movimiento relativo entre el montaje del estator 1 y el marco de montaje externo en dirección radial es experimentado por los montajes colocalizados 14a, 14b como esfuerzo cortante radial a lo largo de sus ejes de cizalladura radial y cualquier movimiento relativo entre el montaje del estator y el marco de montaje externo en dirección tangencial es experimentado por uno de los montajes colocalizados como mayor carga de compresión (es decir, una carga de compresión que es mayor que la carga de compresión en estado permanente) y por el otro montaje como menor carga de compresión que es inferior a la carga de compresión en estado permanente. Esto se describirá con mayor detalle más adelante.

Un movimiento relativo excesivo entre el montaje del estator y el marco de montaje externo en la dirección tangencial se evita mediante topes 44 que se localizan en los miembros estructurales anulares 30 del marco de montaje externo en cualquiera de los lados del primero y segundo montajes 14a, 14b en cada localización de montaje 12a-12d. Estas topes 44 lindan con las correspondientes regiones de contacto 46 proporcionadas sobre los bordes externos circunferenciales de las placas de montaje 20a, 20b.

Los montajes colocalizados 14a, 14b tienen cada uno un eje de compresión que es normal al plano de las diversas capas elastoméricas 32 y placas rígidas intercaladas 34, y un par de ejes de cizalladura ortogonales que son

paralelos al plano de las diversas capas elastoméricas y placas rígidas intercaladas. Cada montaje 14a, 14b está dispuesto de un modo tal que su eje de compresión está alineado con una tangente del montaje del estator 1.

5 Un eje de cizalladura radial de cada montaje 14a, 14b está alineado con un radio del montaje del estator 1 y apunta hacia el centro geométrico del estator. Un eje de cizalladura axial de cada montaje 14a, 14b está alineado con el eje longitudinal del montaje del estator.

A efectos ilustrativos, el eje de compresión A_c y el eje de cizalladura radial A_{rs} se muestran en la Figura 3 para el montaje 14b en la localización del montaje 12d. El eje de cizalladura axial no se muestra pero se extiende hacia fuera del plano del papel.

10 La precarga F_p se aplica mecánicamente a cada montaje 14a, 14b directamente a lo largo de su eje de compresión mediante el perno (no mostrado) que atraviesa la abertura 40 en la placa de reacción 18a, 18b de cada miembro de montaje del extremo.

Un componente de la carga de masa F_m se aplica a cada montaje 14a, 14b a lo largo de su eje de compresión

15 La combinación de la precarga F_p y de la carga de masa F_m representa la carga de compresión estática que se aplica a cada montaje 14a, 14b cuando el marco de montaje es estacionario y la máquina eléctrica no está funcionando.

20 Cuando el rotor (no mostrado) rota en dirección contraria a las agujas del reloj, un par actúa a lo largo de una tangente del montaje del estator 1. Esto tiene como resultado una carga de par F_t aplicada al primer montaje 14a directamente a lo largo de su eje de compresión. El primero montaje 14a experimenta una mayor carga de compresión o, en otras palabras, una carga de compresión que es superior a la carga de compresión en el equilibrio. No obstante, el segundo montaje 14b del par colocalizado experimenta una carga de compresión inferior a la carga de compresión en el equilibrio. Si el rotor (no mostrado) rota en dirección contraria a las agujas del reloj (p. ej., para proporcionar una propulsión inversa), el segundo montaje 14b experimenta una mayor carga de compresión y el primer montaje 14a del par colocalizado experimenta una carga de compresión que es inferior a la carga de compresión en el equilibrio.

25 El marco de montaje y el montaje del estator pueden experimentar un choque en cualquier dirección. Cuando sea adecuado, un componente de la carga de choque F_s se aplicará a cada montaje 14a, 14b a lo largo de su eje de compresión y/o a lo largo de uno o los dos ejes de cizalladura.

30 Los montajes 14a, 14b tienen una característica de rigidez a la compresión de alta rigidez K_c y, por tanto, son capaces de restringir el movimiento relativo entre el montaje del estator 1 y el marco de montaje en dirección tangencial, que se puede producir por la aplicación de cargas de compresión estáticas y dinámicas.

35 Los montajes 14a, 14b tienen una característica de rigidez de cizalladura radial K_{rs} muy baja y, por tanto, proporcionan una suspensión de rigidez baja en dirección radial. Esto, a su vez, minimiza las fuerzas que se transfieren desde el montaje del estator 1 al marco de montaje como resultado de fuerzas electromagnéticas del estator y proporciona una mejor estructura de montaje que está excepcionalmente quíera,, lo que la convierte en particularmente adecuada para barcos navales y barcos de investigación, por ejemplo.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de montaje para el estator (1) de una máquina eléctrica rotatoria que comprende:
un marco de montaje externo (6); y
5 al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) localizado entre el marco de montaje externo (6) y una parte del estator (28) de modo que experimenta carga de compresión en una dirección sustancialmente tangencial del estator y una esfuerzo cortante radial en una dirección sustancialmente radial del estator durante la operación de la máquina eléctrica rotatoria
10 en la que el montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) tiene una característica de rigidez para carga de compresión K_c y una característica de rigidez para esfuerzo cortante radial K_{rs} ; y
se caracteriza porque el montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) está precargado con una carga de compresión predeterminada sustancialmente a lo largo de su eje de compresión (A_c), de modo que la característica de rigidez para esfuerzo cortante radial K_{rs} es próxima al cero o negativa.
2. Una estructura de montaje de acuerdo de la reivindicación 1, en la que la relación $K_c:K_{rs}$ es mayor o igual a aproximadamente 16:1.
15
3. Una estructura de montaje de acuerdo de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) consiste en una pluralidad de capas elastoméricas (32) intercaladas con placas rígidas (34).
4. Una estructura de montaje de acuerdo de la reivindicación 3, en la que las capas elastoméricas (32) y las placas rígidas intercaladas (34) se localizan entre los miembros de montaje de los extremos rígidos (36, 38; 18a, 18b, 26).
20
5. Una estructura de montaje de acuerdo de la reivindicación 4, en la que un miembro de montaje de los extremos (26) está fijado mecánicamente a la parte del estator (28) y el otro miembro de montaje de los extremos (18a, 18b) está fijado mecánicamente al marco de montaje externo (6).
6. Una estructura de montaje de acuerdo de la reivindicación 3, en la que un miembro de montaje de los extremos (38) se localiza en un asiento (26) formado en la parte del estator (28) y el otro miembro de montaje de los extremos (36) se localiza en un asiento (18a, 18b) formado en el marco de montaje externo (6).
25
7. Una estructura de montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en la que un eje de cizalladura (A_{rs}) del montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) es sustancialmente paralelo al plano de las diversas capas elastoméricas (32) y las placas rígidas intercaladas (34).
30
8. Una estructura de montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que un eje de cizalladura (A_{rs}) del montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) está sustancialmente alineado con un radio del estator y, preferentemente, con el centro geométrico del estator.
9. Una estructura de montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el estator (1) está conectado indirectamente con el marco de montaje externo (6) por al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) en una localización de montajes (12a-12d).
35
10. Una estructura de montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el estator (1) está conectado indirectamente con el marco de montaje externo (6) por al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich (14a, 14b) en una pluralidad de localizaciones de montajes setopes (12a-12d) alrededor de la circunferencia del estator.
40
11. Una estructura de montaje de acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en la que la o cada localización de montaje (12a-12d) incluye un par de montajes antivibratorios de tipo sándwich co-localizados (14a, 14b).
12. Una estructura de montaje de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además al menos un montaje antivibratorio de tipo sándwich adicional fijado entre el marco de montaje externo y una parte del estator de modo que experimente carga de compresión en una dirección axial del estator.
45
13. Una estructura de montaje de acuerdo con la reivindicación 12, en la que un eje de cizalladura del o cada montaje antivibratorio de tipo sándwich está sustancialmente alineado con un radio del estator y, preferentemente, con el centro geométrico del estator.
14. Una estructura de montaje de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que además comprende un tope para prevenir la deflexión axial del estator respecto al marco de montaje externo.
50

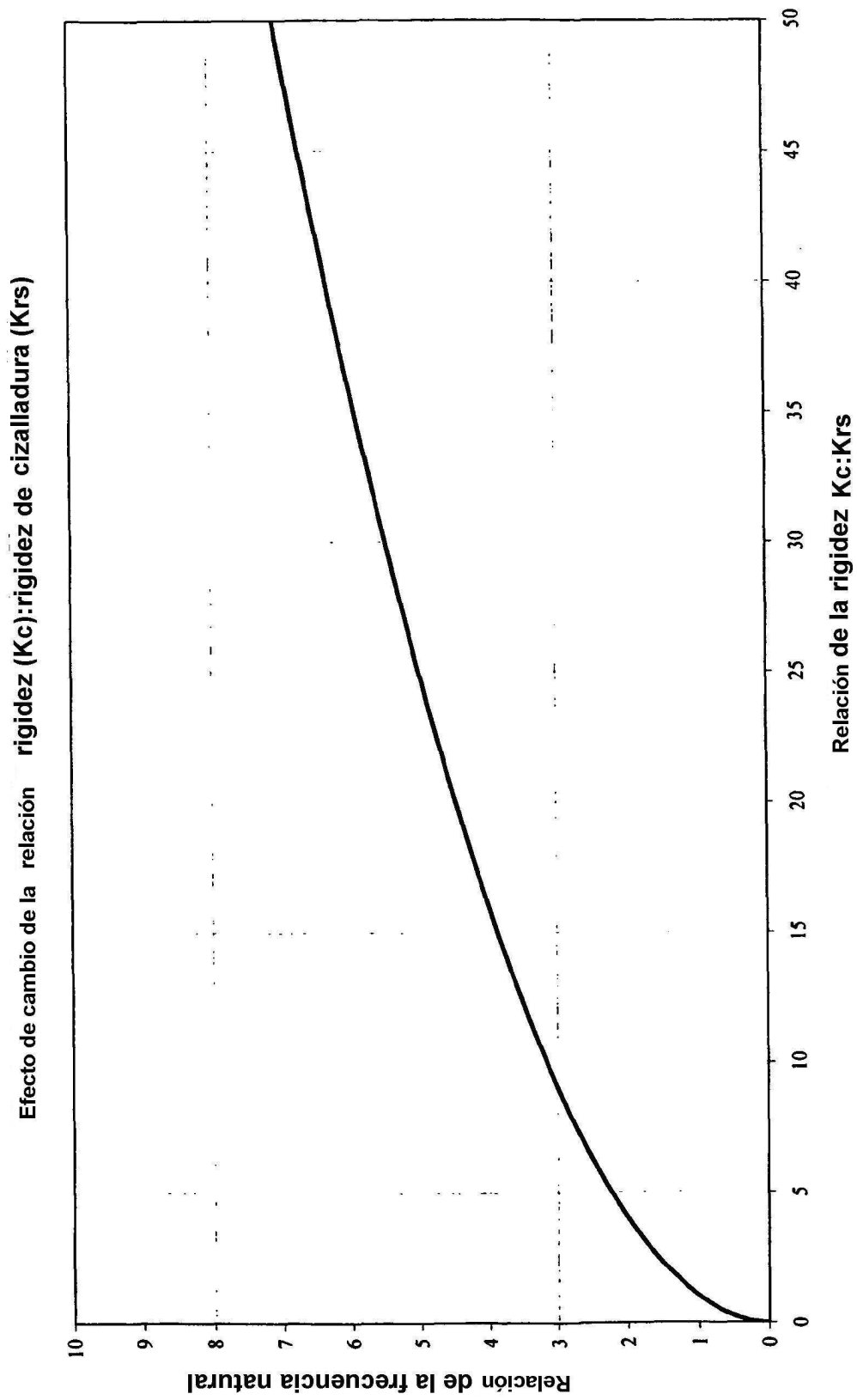


Figura 1

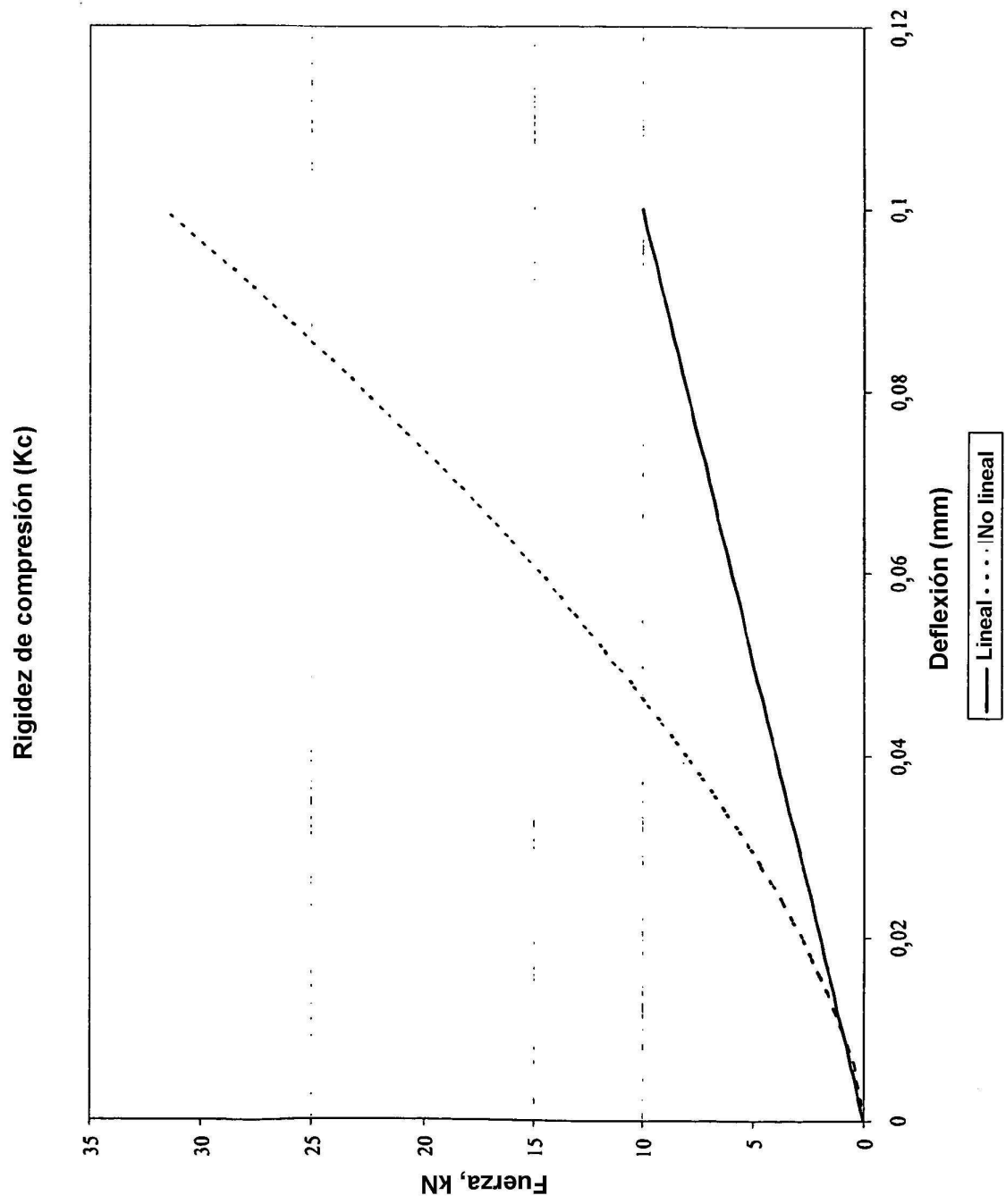


Figura 2A

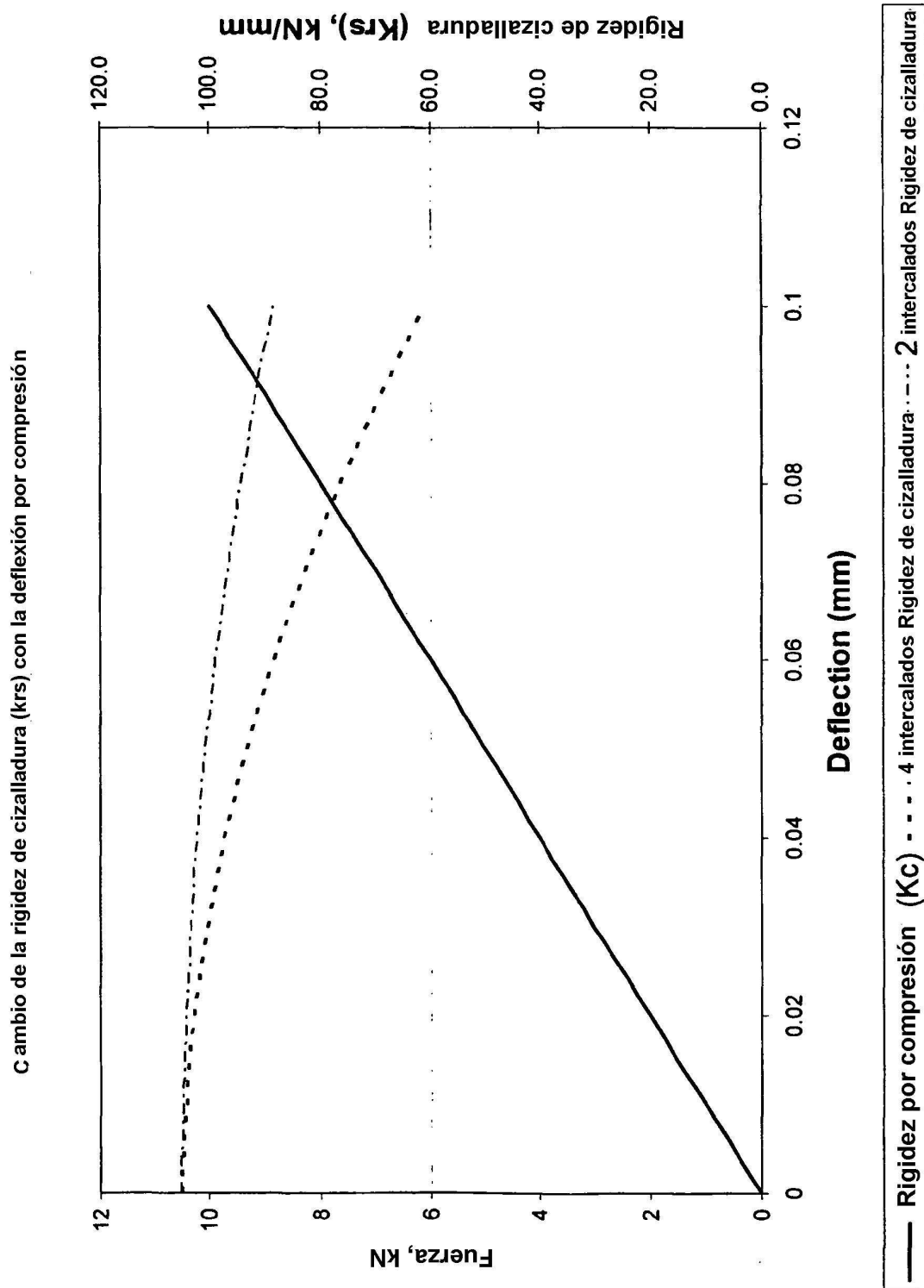


Figura 2B

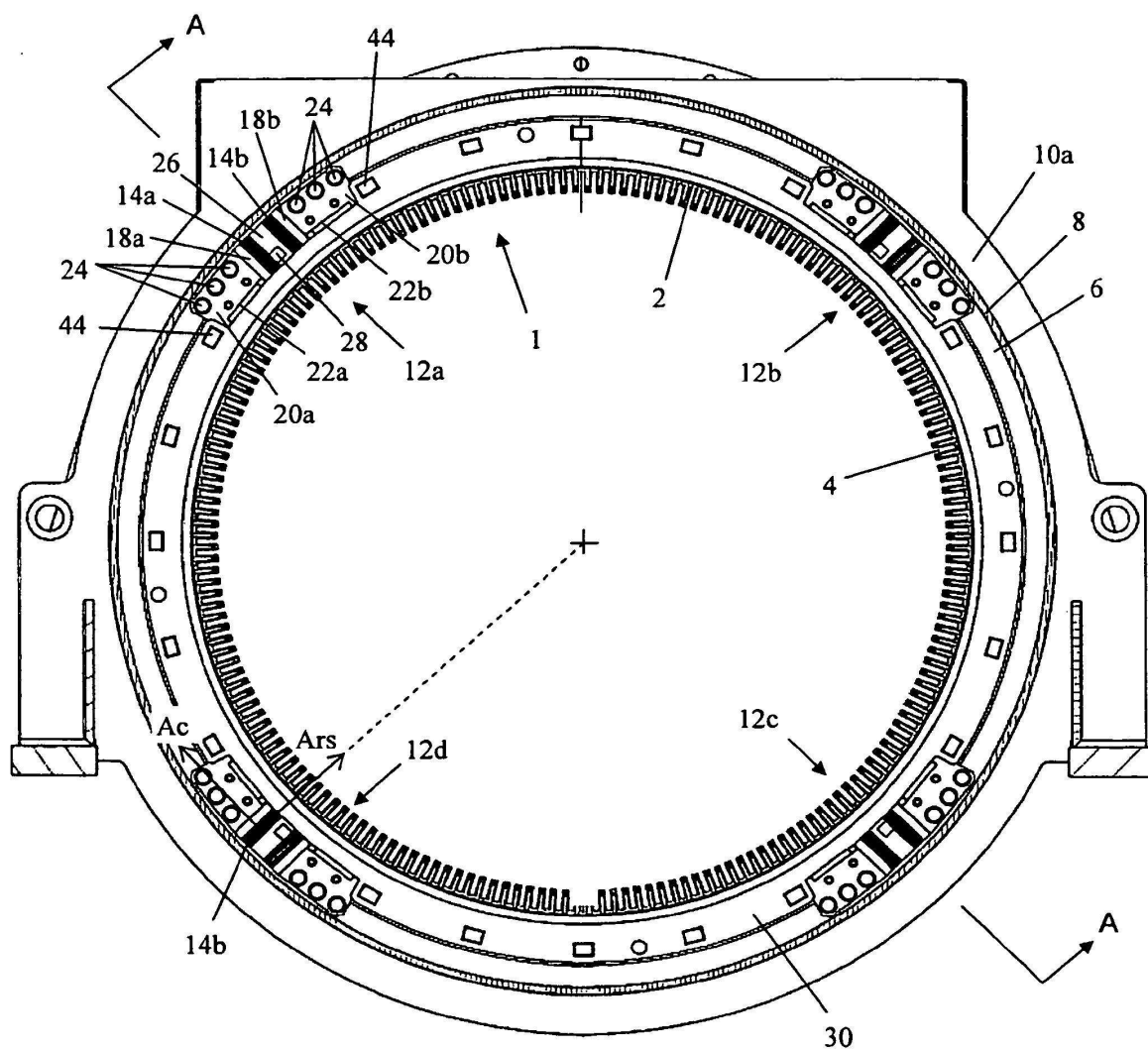


Figura 3

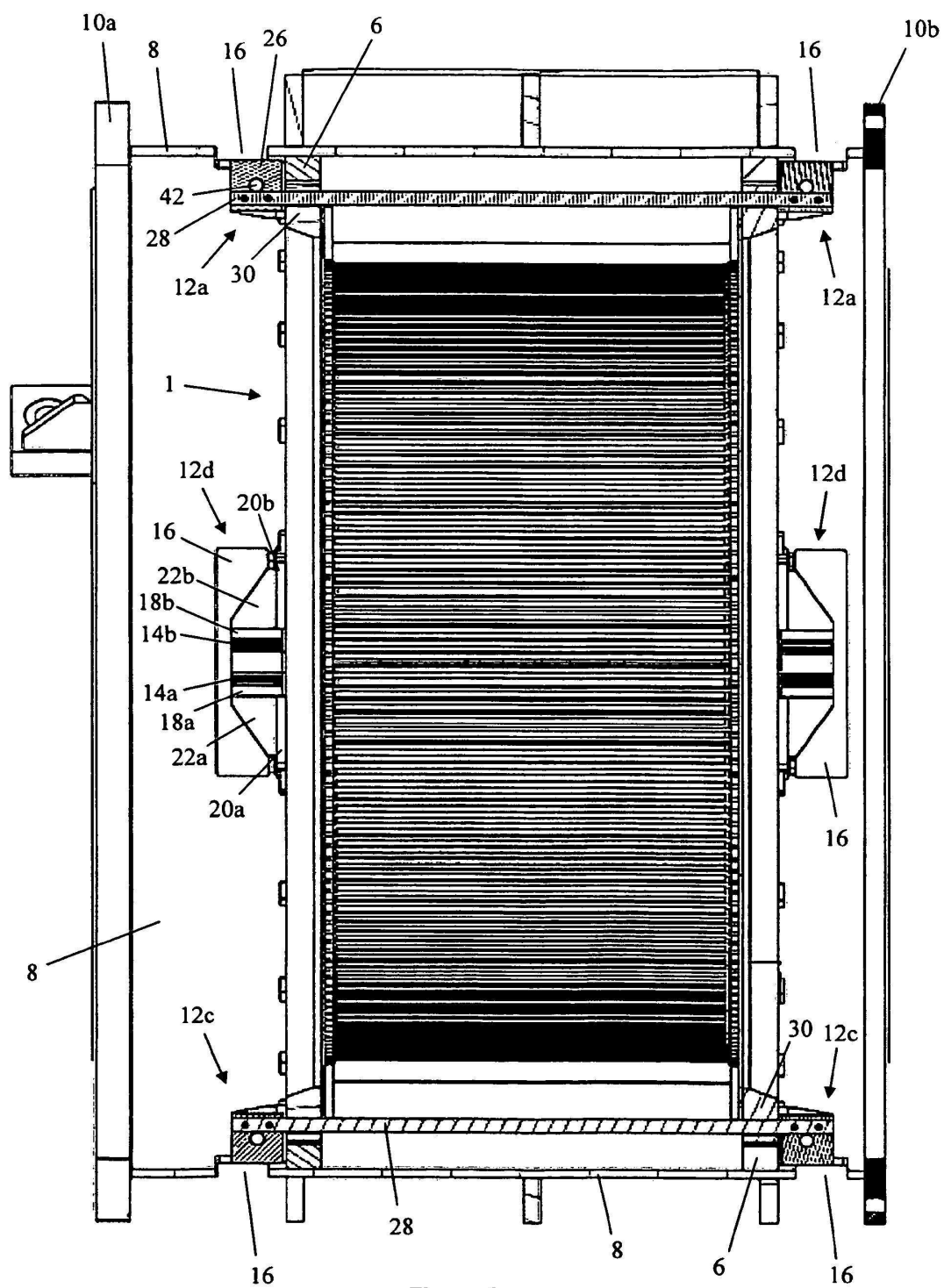


Figura 4

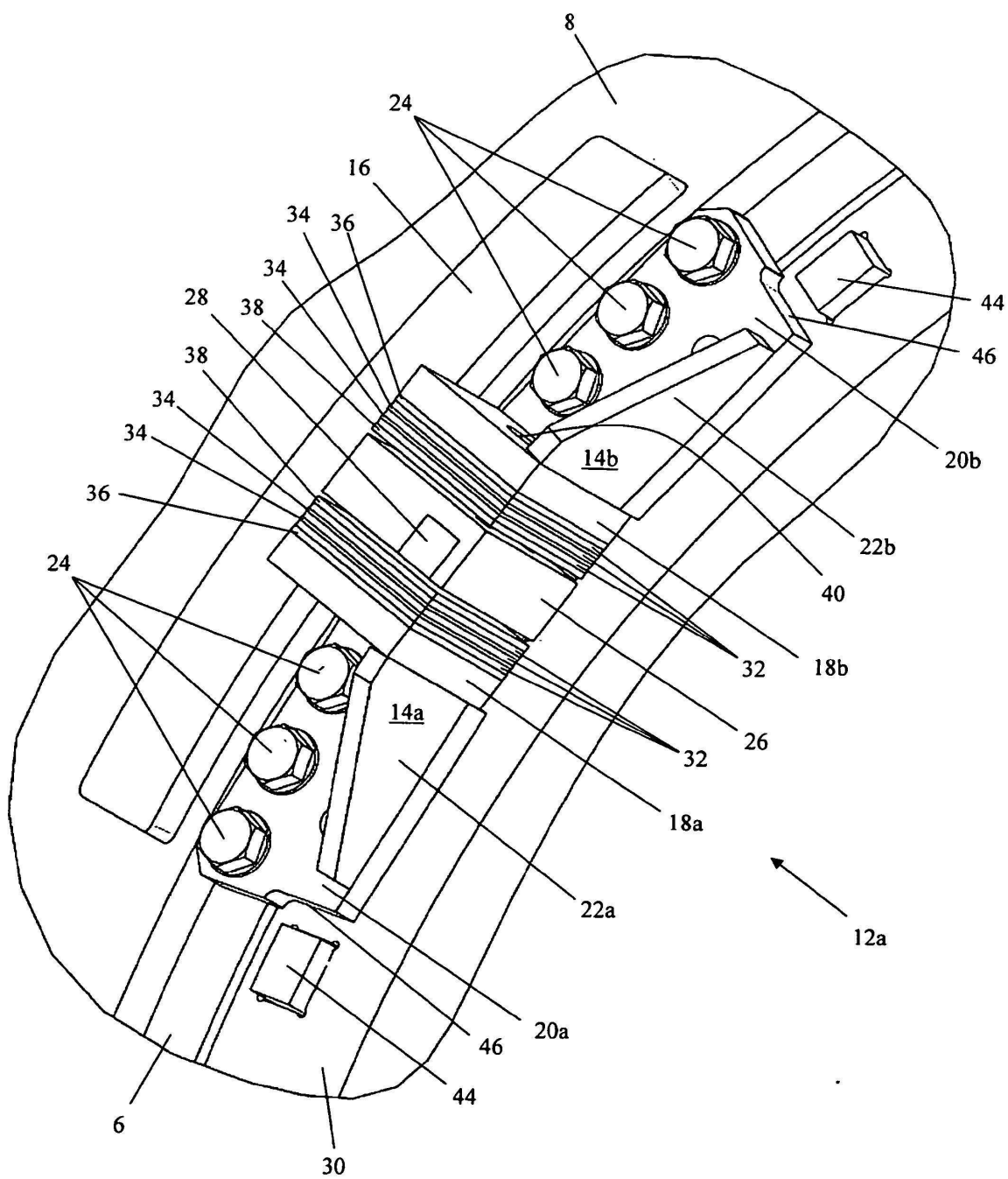


Figura 5