(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 604 974**

(51) Int. CI.:

F16D 66/02 (2006.01)
F16D 66/00 (2006.01)
F16D 55/00 (2006.01)
F16D 65/14 (2006.01)
B60T 13/74 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2006 E 10153796 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2187082**

(54) Título: **Frenos accionados eléctricamente de aviones**

(30) Prioridad:

08.01.2005 GB 0500305

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2017

(73) Titular/es:

MEGGITT AEROSPACE LIMITED (100.0%)
Holbrook Lane Coventry
CV6 4AA, GB

(72) Inventor/es:

BAILEY, DAVID ALEXANDER;
LUMB, JONATHAN DERIC y
WHITTINGHAM, ANDREW

(74) Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

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

Frenos accionados eléctricamente de aviones

Esta invención se refiere a frenos accionados eléctricamente de aviones, y más particularmente, pero no exclusivamente, se refiere a un ajuste de la holgura de funcionamiento de dichos frenos.

El desgaste a la velocidad de taxi en discos de un material de fricción de freno de carbono-carbón (C-C), que comprende un bloque térmico de un freno de avión, es significativo y desproporcionado con respecto a las bajas energías involucradas. Es, por lo tanto, importante controlar el ajuste de la holgura de funcionamiento de los frenos para evitar un rozamiento entre los discos en el bloque térmico del freno que puede resultar en un excesivo desgaste de la superficie de fricción del disco, si la holgura de funcionamiento ha sido ocupada por la dilatación térmica. Sin embargo, si la holgura de funcionamiento es demasiado amplia esto puede provocar un desfase entre la aplicación del freno y la acción de frenado, lo que podría poner en peligro, de forma potencial, la seguridad del avión.

Los frenos de un avión tienen, en el pasado, normalmente incorporados émbolos (pistones) accionados hidráulicamente para generar la fuerza de pinzamiento a través del bloque térmico del freno para generar fricción en los puntos de contacto del freno. Los émbolos accionadores son retirados el contacto con el bloque térmico del freno una distancia predeterminada, por medio de un sistema mecánico utilizando muelles, cuando la presión hidráulica es liberada del sistema de frenado, después de que se elimina la demanda de frenado.

A medida que ha sido introducida tecnología para la mayoría de los aviones eléctricos hay una tendencia emergente hacia la utilización de émbolos accionadores, accionados eléctricamente, para frenos de aviones. En dichos accionadores, el movimiento para aplicar y liberar la fuerza de pinzamiento del freno en el émbolo accionador es accionada por un motor eléctrico a través de un mecanismo tal como engranajes o husillos de bolas. Para establecer una holgura de funcionamiento cuando se elimina la demanda de frenado, se requiere que el motor de accionamiento accione al émbolo accionador lejos del contacto con el bloque térmico. Esto se hace en el documento US 6,003,640 a nombre de Goodrich, utilizando sensores de posición acoplados al émbolo accionador para determinar la posición del émbolo accionador y devolviendo el émbolo accionador a su sitio, una distancia predeterminada, desde la posición de contacto que se produce durante una rutina de calibración.

En frenos accionados eléctricamente tales como los descritos en el documento US 6,003,340, el sistema detecta y registra la posición del bloque térmico del freno cerrado en una posición de accionamiento y un ciclo de calibración del desgaste en el arranque y calcula la posición de la holgura de funcionamiento haciendo volver a los accionadores, una distancia predeterminada, desde esa posición del bloque térmico medida y registrada. La distancia es determinada mediante la dilatación axial térmica máxima posible del bloque térmico C-C, para garantizar que en todas las condiciones de funcionamiento no ocurrirá un arrastre del freno. En frenos de avión más grandes este proceso lleva a que se utilice una holgura de funcionamiento relativamente grande, del orden de entre 3,5 a 4 mm, lo cual a su vez lleva a un desfase entre la aplicación del freno y la generación del par de frenado ya que el émbolo debe cruzar la holgura de funcionamiento.

Al hacer volver el émbolo accionador lejos del contacto con la posición cerrada del bloque térmico del freno, una cantidad predeterminada, tal y como se conoce en los frenos hidráulicos y en los frenos accionados eléctricamente, tal y como se describe en el documento US 6,003,340, no hay una compensación para la dilatación térmica y la contracción que ocurrirá en el bloque térmico del freno durante los ciclos de servicio

La dilatación del bloque térmico del freno C-C es típicamente del orden de $12x10^{6}$ $ºC^{-1}$. Esto es equivalente a 1,2 mm por 1.000ºC por 100 mm de espesor del bloque térmico. Para un tamaño medio de aviones civiles, un bloque térmico del freno carbono-carbono con un espesor total de 200 mm da una dilatación de 2,4 mm entre una temperatura ambiente y 1000ºC. Para un avión civil típico, un bloque térmico del freno carbono-carbono con un espesor total de 300 mm da una dilatación de 3,6 mm entre la temperatura ambiente y 1000ºC.

La dilatación térmica de un material de fricción de freno con un coeficiente de dilatación positivo dará un valor positivo cuando el bloque térmico del freno aumenta la temperatura y un valor negativo cuando el bloque térmico del freno se está enfriando.

Cuando el freno se calienta durante un ciclo de frenado el bloque térmico se expandirá. Cuando la demanda de frenado es eliminada el sistema de control de frenado invertirá el émbolo de accionamiento a una posición de holgura de funcionamiento predeterminada. Si la temperatura que aumenta es significativa, tal y como durante un ciclo de aterrizaje, hay un riesgo de que la dilatación reduzca el espacio entre el bloque térmico expandido y la posición establecida de la holgura de funcionamiento hasta el punto de que el freno será arrastrado y causará un desgaste a los discos de freno C-C y un frenado no controlado.

Si la holgura de funcionamiento de freno se establece cuando el bloque térmico del freno está a una temperatura elevada, entonces, cuando el bloque térmico se enfríe posteriormente, por debajo de la temperatura a la cual se ha establecido la holgura de funcionamiento, el bloque térmico del freno se contraerá debido al enfriamiento, por lo tanto

incrementando la holgura de funcionamiento y en el siguiente accionamiento del freno habrá un retardo mientras se esté ocupando la holgura de funcionamiento adicional entre el émbolo accionador y el bloque térmico del freno.

Con el fin de optimizar el rendimiento de los frenos es importante reducir el tiempo de respuesta para aplicar la acción de frenado después de que el sistema de control de freno identifica una demanda de frenado en el pedal de freno del piloto. Una holgura de funcionamiento del orden de 0,5 mm sería ideal para una respuesta de freno, sin embargo, la holgura de funcionamiento actual de los frenos está establecida en espacios normalmente del orden de 3,5 mm a 4 mm, en aviones grandes, para permitir la dilatación térmica del bloque térmico del freno durante los ciclos de servicio.

Hay un beneficio significativo para el desgaste de los discos del bloque térmico del freno y para el rendimiento del freno si la holgura de funcionamiento se puede ajustar, para compensar los efectos de dilatación en el bloque térmico del freno debido a la temperatura, para evitar arrastres de frenos y un desfase en el accionamiento del freno.

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método de funcionamiento de un freno accionado eléctricamente que comprende un bloque térmico con discos de fricción de carbono y un accionador eléctrico con un miembro móvil para acoplar el bloque térmico y para accionar el freno, comprendiendo el método, mientras no sea aplicado el freno, controlar el accionador para mantener la posición del miembro móvil dependiendo de la temperatura.

Preferiblemente, el procedimiento comprende controlar el accionador para mantener la posición relativa del elemento móvil y el bloque térmico, dependiendo de la temperatura.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para accionar un freno accionado eléctricamente de aviones que comprende un bloque térmico con discos de fricción de carbono y un accionador eléctrico con un émbolo móvil, desde una posición inicial ajustable, en acoplamiento con el bloque térmico para aplicar el freno, incluyendo dicho método:

- registrar los datos indicativos del cambio en el espesor de dicho bloque térmico con la temperatura;
- medir la temperatura del bloque térmico; y
- ajustar dicha posición inicial del accionador dependiendo de dichos datos y de la temperatura medida

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un freno accionado eléctricamente de aviones que comprende:

- un bloque térmico que tiene discos de fricción de carbono;
- un accionador eléctrico que tiene un miembro móvil para acoplar el bloque térmico y para accionar el freno; y
- medios de control para provocar que el accionador, mientras no sea aplicado el freno, mantenga la posición del miembro móvil, o dicha posición relativa al bloque térmico, dependiendo de la temperatura.

De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un freno accionado eléctricamente para un avión, que comprende:

- un bloque térmico con discos de fricción de carbono
- un accionador eléctrico con un émbolo móvil, desde una posición inicial ajustable, en acoplamiento con el bloque térmico para aplicar el freno;
- medios para hacer disponibles los datos registrados indicativos del cambio en el espesor de dicho bloque térmico con la temperatura;
- medios para medir la temperatura de dicho bloque térmico; y
- medios para ajustar dicha posición inicial del accionador dependiendo de dichos datos y de la medida de la temperatura.

Otros aspectos de la invención incluyen determinadas características particulares y combinación de características, mecanismos y dispositivos divulgados en la siguiente descripción particular y dibujos, sean o no estas características, mecanismos y aparatos relativos a frenos de aviones, a temperatura o variación de temperatura, y estén o no contenidos dentro del alcance de cualquiera del primer, segundo, tercer y cuarto aspectos divulgados anteriormente.

La invención puede incluir características tales como el ajuste de la holgura de funcionamiento de un freno para compensar los cambios en la temperatura para utilizar la holgura del freno para un rendimiento de frenado mejorado sin arrastre en el freno o un frenado no controlado.

De forma similar, la invención puede incluir características tales como compensar cambios de temperatura en el bloque térmico del freno para reducir el desgaste en los discos de freno C-C provocado por la variación en la holgura de funcionamiento del freno debida a la dilatación térmica de los discos C-C.

Del mismo modo, la invención puede incluir características tales como la compensación de los cambios de temperatura en el bloque térmico del freno para minimizar el desfase en el accionamiento del freno provocado por la variación en la holgura de funcionamiento del freno debido a la dilatación térmica de los discos C-C.

La invención incluye calcular la posición/ espesor del bloque térmico y la posición de la holgura de funcionamiento durante el funcionamiento para compensar los cambios de temperatura provocados por el accionamiento del freno.

En la siguiente descripción, que se da a modo de ejemplo, el punto de contacto cuando el émbolo accionador toca el bloque térmico de los frenos cerrado (el punto en que se inicia el efecto de frenado) cambiará durante un evento de frenado debido a los aumentos de temperatura del bloque térmico y entre los eventos de frenado ya que el bloque térmico se enfría. Con el fin de mantener la holgura de funcionamiento óptima, el sistema de control del freno modeliza los cambios del espesor del bloque térmico con la temperatura, de manera que sabe la posición del accionador cuando el freno es soltado y puede entonces hacer volver una cantidad predeterminada a continuación de un evento de frenado para establecer la holgura de funcionamiento requerida o para moverse hacia delante entre elementos de frenado, para mantener la holgura de funcionamiento a la distancia requerida.

La posición de la holgura de funcionamiento puede entonces ser establecida a cualquier temperatura del bloque térmico. La unidad de control del freno puede realizar un seguimiento de la temperatura real del bloque térmico o calcular la temperatura del bloque térmico a partir de las entradas de masa y energía del bloque térmico y después utilizar algoritmos para determinar el cambio en el espesor de bloque térmico del freno durante el enfriamiento o el calentamiento del bloque térmico del freno y la posición actual del extremo del bloque térmico del freno cuando el émbolo accionador actúa para aplicar una carga y una señal al accionador de frenado para ajustar la posición del émbolo accionador para la holgura de funcionamiento requerida. Esta operación se puede llevar a cabo a lo largo de los ciclos de servicio del avión desde el despliegue del tren de aterrizaje hasta el ciclo de aterrizaje y las maniobras de toma de tierra para compensar los cambios en el espesor del bloque térmico debido a los efectos de dilatación térmicos durante los eventos de frenado. Dicha compensación de los cambios de temperatura en el bloque técnico del freno mantiene la holgura de funcionamiento requerida para optimizar el rendimiento del freno y minimizar el arrastre del freno.

Al monitorizar el desgaste del bloque térmico durante la vida de un freno, la dilatación térmica será calculada basándose en el espesor del bloque térmico actual para permitir cambios en el espesor del bloque térmico, es decir, la dilatación calculada para el bloque térmico de discos que se aproxima a la condición de desgaste total será menor que para un nuevo bloque térmico de discos. Para un bloque térmico del freno con un desgaste total de 60 mm esto hará una diferencia de 0,72 mm sobre un cambio de temperatura de 1000ºC, si el coeficiente de dilatación térmica de los discos de fricción es de $12x10^{-6}$ $ºC^{-1}$. Además, el desgaste del bloque térmico tendrá un efecto de incrementar la temperatura del bloque térmico ya que hay menos masa para absorber la energía.

El desgaste del bloque térmico puede ser utilizado para determinar el espesor del bloque térmico del freno. A partir del espesor del bloque térmico y del aumento de temperatura durante un accionamiento del freno, se puede calcular la dilatación del bloque térmico para permitir calcular una nueva posición de la holgura de funcionamiento tras un evento de frenado. A medida que el freno se enfría posteriormente, la longitud axial del conjunto térmico disminuirá. La posición del pistón puede ser ajustada para evitar un desfase que podría ser perjudicial para el rendimiento de frenado.

Los ajustes de la posición de la holgura de funcionamiento del émbolo accionador pueden realizarse de forma continua para cambiar constantemente la compensación o en un número de etapas discretas alrededor de unas etapas de temperatura predefinidas tales como, por ejemplo, etapas de 10ºC, 50ºC o 100ºC. De forma alternativa, se puede utilizar una combinación de una compensación continua y por etapas, por ejemplo, el ajuste a medida que la temperatura aumenta será compensado de forma continua y los ajustes durante ciclos de enfriamiento podrían ser incrementos de, por ejemplo, 50ºC.

La invención es particularmente aplicable a sistemas de frenado de aviones que utilizan el accionamiento eléctrico para aplicar la carga de pinzamiento del freno. Dichos frenos son conocidos y comprenden, normalmente, un bloque térmico del freno de discos múltiples y un servomecanismo para la aplicación de la presión de frenado. El bloque térmico de discos múltiples comprende:

- discos de estator de carbono-carbono (C-C) compuesto enchavetados al tubo de par, montados de forma fija a una placa de freno y montados axialmente con respecto a un eje; y

- discos de rotor C-C intercalados entre los discos de estator y enchavetados al interior de la rueda que está montada, con posibilidad de giro, mediante medios de rodamiento al eje

El servomecanismo consta de:

● Una pluralidad de módulos accionadores eléctricos montados, de forma fija, alrededor de una placa de freno, comprendiendo cada accionador un motor de accionamiento, a través de un mecanismo de caja de engranajes, un husillo de bolas para producir un movimiento lineal en un émbolo accionador que aplica y retira una carga al bloque térmico del freno.

● Un sensor de posición para proporcionar una señal representativa de la posición del accionador. El sensor de posición podría ser del tipo conectado al émbolo accionador, sin embargo el sensor es, de forma preferente, un resolvedor montado de manera que detecta el movimiento del eje del motor. La posición del émbolo accionador es procesada mediante la ECU a través de algoritmos a partir de la señal de giro del eje del motor del resolvedor y de las relaciones de engranaje de la caja de engranajes y del mecanismo de husillo de bolas para reducir el movimiento y la posición del accionador desde un punto de referencia. El resolvedor también proporciona información de la velocidad del motor para permitir el control de la velocidad del movimiento del émbolo accionador.

● Un sensor de corriente para detectar la corriente del motor, éste siendo representativo de la carga aplicada al freno o, de forma alternativa, una célula de carga de presión situada dentro del freno para dar una señal directamente representativa de la carga de frenado.

Una unidad de control electrónica (ECU) capaz de proporcionar corriente al motor para mover el accionador en y fuera de un acoplamiento poderoso y controlar la posición del accionador con respecto a la señal de retroalimentación del sensor de posición.

● Sensores adicionales son montados tal y como se requiera para monitorizar parámetros tales como la temperatura, la velocidad de la rueda, y el par de frenado.

A temperatura ambiente el tamaño del bloque térmico se sabe que sigue una rutina de calibración. La rutina de calibración puede llevarse a cabo de diferentes maneras, sin embargo un método preferido podría suponer el accionamiento del émbolo accionador hacia delante hasta que el bloque térmico es cerrado. Esta condición es detectada por un incremento en la corriente del motor por encima de un valor predeterminado. La posición del émbolo accionador y por tanto la posición para la cara posterior de contacto del accionador del bloque térmico es entonces conocida a partir de la información proporcionada por el sensor de posición y procesada por la unidad de control electrónica (ECU). La posición de la cara de contacto el accionador del bloque térmico puede también compararse con una o más de las siguientes posiciones de referencia conocidas para dar información adicional:

● la cara extrema opuesta del bloque térmico para dar la longitud del bloque térmico;

● la posición de la cara de contacto del accionador para un espesor del bloque térmico mínimo predeterminado, para dar el espesor de material del freno restante y la vida de frenado restante;

● la posición de la cara de contacto del accionador cuando el bloque térmico era nuevo para dar la cantidad de desgaste del freno.

Mediante la medición de la posición para todos los accionadores en un conjunto de freno, cuando el freno está cerrado, se puede calcular un valor medio de la posición y de la masa del bloque térmico mediante la ECU de control.

A partir de la posición de la cara de contacto del accionador medida y registrada, se puede establecer la holgura de funcionamiento de forma muy precisa a 0,5 mm, o cualquier otra holgura predeterminada. Cuando posteriormente ocurre un evento de frenado el accionador se moverá a través de la holgura de funcionamiento para entrar forzosamente en acoplamiento con el bloque térmico para generar la fuerza de frenado.

Dado que el freno genera un par, la energía cinética del avión se convertirá, a través de la fricción, en energía térmica en el bloque térmico del freno C-C.

La energía absorbida será el producto del par y de la velocidad de la rueda. Utilizando esta información, y siguiendo el procedimiento mostrado en el diagrama de flujo de la figura 3, se puede calcular la temperatura y la dilatación previstas del bloque térmico del freno C-C. A continuación del evento de frenado, el accionador se hará volver a una posición igual a la holgura de funcionamiento más la dilatación térmica.

La dilatación térmica decaerá con el tiempo a medida que se enfríe el freno, esto puede ser estimado mediante un algoritmo o por comparación con las medidas del sensor tomadas del freno. El reajuste de la holgura de funcionamiento se puede realizar de forma continua o, de forma alternativa, basándose en incrementos de intervalos de temperatura predeterminados, por ejemplo cada vez que se pasen 100ºC. En ocasiones, cuando el freno se enfría a la temperatura ambiente, tal como entre ciclos de servicio o durante periodos de mantenimiento, se puede llevar a cabo un nuevo ciclo de calibración para verificar la posición del accionador actual en contacto con el bloque térmico del freno cerrado.

Con el fin de que la invención pueda ser entendida mejor se describirá ahora por medio de un ejemplo sólo con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los cuales:

La figura 1 muestra la holgura de funcionamiento para un bloque térmico totalmente cerrado a temperatura ambiente;

La figura 2 muestra la holgura de funcionamiento para el mismo bloque térmico a temperatura elevada a continuación de una actuación de un evento de frenado haciendo volver el accionador la holgura de funcionamiento más la dilatación térmica calculada;

Las figuras 3 y 4 son diagramas de flujo respectivos relativos al método.

La figura 1 representa una sección de un conjunto de freno que muestra un bloque térmico del freno que comprende discos 10 de estator de carbono-carbono compuestos (C-C) enchavetados a un tubo 11 de par montado axialmente con respecto a un eje de rueda (no mostrado). Intercalados entre los discos de estator C-C hay discos 12 de rotor enchavetados al interior de una rueda (no mostrada) para su giro con la rueda. Los discos de estator y rotor en el bloque térmico del freno se llevan a acoplamiento mediante fricción con la aplicación de una carga de frenado mediante el émbolo 13 accionador que es accionado mediante un motor a través de un mecanismo de engranajes y de husillo de bolas alojado dentro del cuerpo 14 del módulo del accionador. Una pluralidad de módulos del accionador están montados alrededor de la placa 15 de freno a la cual está fijada el tubo de par. La placa de freno está montada, sin posibilidad de giro, al tren de tamizaje del avión (no mostrado). Un miembro 16 de reacción está previsto en el extremo opuesto del tubo de par de los módulos del accionador para oponerse a la fuerza de frenado aplicada por los accionadores.

La posición del émbolo accionador es determinada mediante una unidad de control electrónica (ECU) que procesa una señal desde un resolvedor montado en el eje del motor para monitorizar el giro del motor.

Para establecer la holgura de funcionamiento, la ECU acciona los émbolos del accionador hacia delante para contactar y cerrar el bloque térmico del freno. El punto al cual el bloque térmico está justamente cerrado es detectado mediante un transductor de carga o mediante la corriente del motor que aumenta por encima de un valor predeterminado, la posición del émbolo accionador en el punto en el que el bloque térmico se determina que está justo cerrado es conocida por la ECU a partir de la señal del resolvedor la cual es representativa de la posición del émbolo accionador. La posición del émbolo accionador para el punto en el cual el bloque térmico está justamente cerrado es almacenada por referencia y la holgura de funcionamiento es establecida apartando el émbolo accionador de ese punto, una cantidad predeterminada, por ejemplo, 05 mm.

La figura 2 representa una sección a través del conjunto de freno de la figura 1 cuando los discos de rotor C-C del bloque térmico del freno y los discos del estator C-C están a una temperatura elevada a continuación de un evento de frenado. La dilatación del material de C-C, en la dirección axial, provoca un incremento en la longitud del bloque térmico del freno, tal como se muestra mediante la dilatación térmica.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo en virtud del cual la ECU determina la nueva posición de la holgura de funcionamiento de los émbolos accionadores para tener en cuenta la dilatación térmica del bloque térmico del freno. La ECU monitoriza el par de frenado y la velocidad de la rueda durante el evento de frenado para calcular la entrada de energía al freno. La longitud del bloque térmico, a la temperatura ambiente, es conocida por la ECU a partir de la posición del accionador para un bloque térmico totalmente cerrado y un valor de referencia, tal como la posición de la cara de reacción del bloque térmico del freno o la posición de los émbolos accionadores cuando hay un nuevo bloque térmico de longitud conocida, se ajusta al freno. A partir de esta información de la longitud del bloque térmico, la ECU puede determinar la masa del bloque térmico y, mediante el cálculo utilizando el calor específico y la masa del bloque térmico, el cambio en la temperatura del bloque térmico. Este aumento de temperatura puede ser utilizado para determinar la dilatación térmica a partir del cambio en la temperatura, la longitud del bloque térmico a temperatura ambiente y el coeficiente de dilatación térmica. El valor de la dilatación térmica puede ser utilizado por la ECU para determinar la nueva posición de la holgura de funcionamiento.

La dilatación térmica decaerá con el tiempo a medida que se enfría el freno, esto se puede estimar mediante un algoritmo o por comparación a las medidas del sensor tomadas del freno. El reajuste de la holgura de funcionamiento se puede realizar de una forma continua o, de una forma alternativa, en una forma incremental de intervalos de temperatura predefinidos, por ejemplo, cada vez que se pasen 100 ºC

En ocasiones cuando el freno se enfría hasta la temperatura ambiente, tal como entre ciclos de servicio o durante períodos de mantenimiento, un nuevo ciclo de calibración puede llevarse a cabo para verificar la posición actual del accionador en contacto con el bloque térmico del freno cerrado.

Como una copia de seguridad a la posición de holgura de funcionamiento calculada para asegurar que el freno no se está arrastrando, se propone una rutina de comprobación adicional en el diagrama de flujo de la figura 4. Cuando se produce un arrastre del freno debido al contacto del émbolo accionador contra el bloque térmico del freno, se generará una corriente en el motor del módulo del accionador debido a la presión del bloque térmico contra el émbolo

accionador. Cuando se detecta una corriente en ausencia de una demanda de frenado, el sistema reconocerá un arrastre del freno y hará un ajuste apropiado de la holgura de funcionamiento moviendo el émbolo accionador lejos del bloque térmico del freno una cantidad predeterminada, por ejemplo, 0,5 mm.

Reivindicaciones

1. Un método de funcionamiento de un freno accionado eléctricamente que comprende un bloque térmico con discos 10, 12 de fricción de carbono y un accionador 14 eléctrico con un miembro 13 móvil para el acoplamiento del bloque térmico y para accionar el freno, el método que comprende calcular la posición del bloque térmico y/o el espesor y la holgura de funcionamiento entre el bloque térmico y el miembro 13 móvil durante el funcionamiento y controlar el accionador para mantener la holgura de funcionamiento para compensar los cambios de temperatura provocados por el accionamiento del freno.

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

● hacer el seguimiento de la temperatura del bloque térmico y/o calcular la masa del bloque térmico y las entradas de energía;

● utilizar algoritmos para determinar el cambio en el espesor del bloque térmico durante el enfriamiento o el calentamiento y la posición actual del extremo del bloque térmico cuando el miembro móvil actúa para aplicar una carga;

● ajustar la posición del miembro móvil para la holgura de funcionamiento requerida.

3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el desgaste del bloque térmico se utiliza para determinar el espesor del bloque del freno.

4. Un método de acuerdo con la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en el que la posición del elemento móvil se ajusta de una manera continua o por etapas o en una serie de etapas discretas alrededor de etapas de temperatura predefinidas.

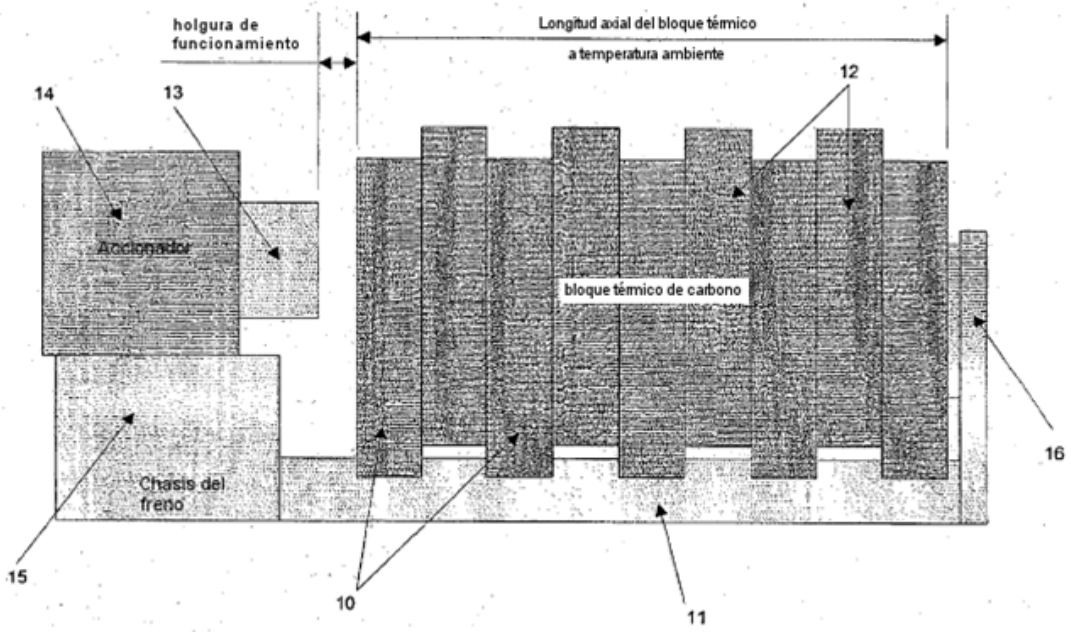
holgura de funcionamiento
Longitud axial del bloque térmico a temperatura ambiente
14
13
12
Accionador
bloque térmico de carbono
16
Chasis del freno
15
10
11

Figura 1

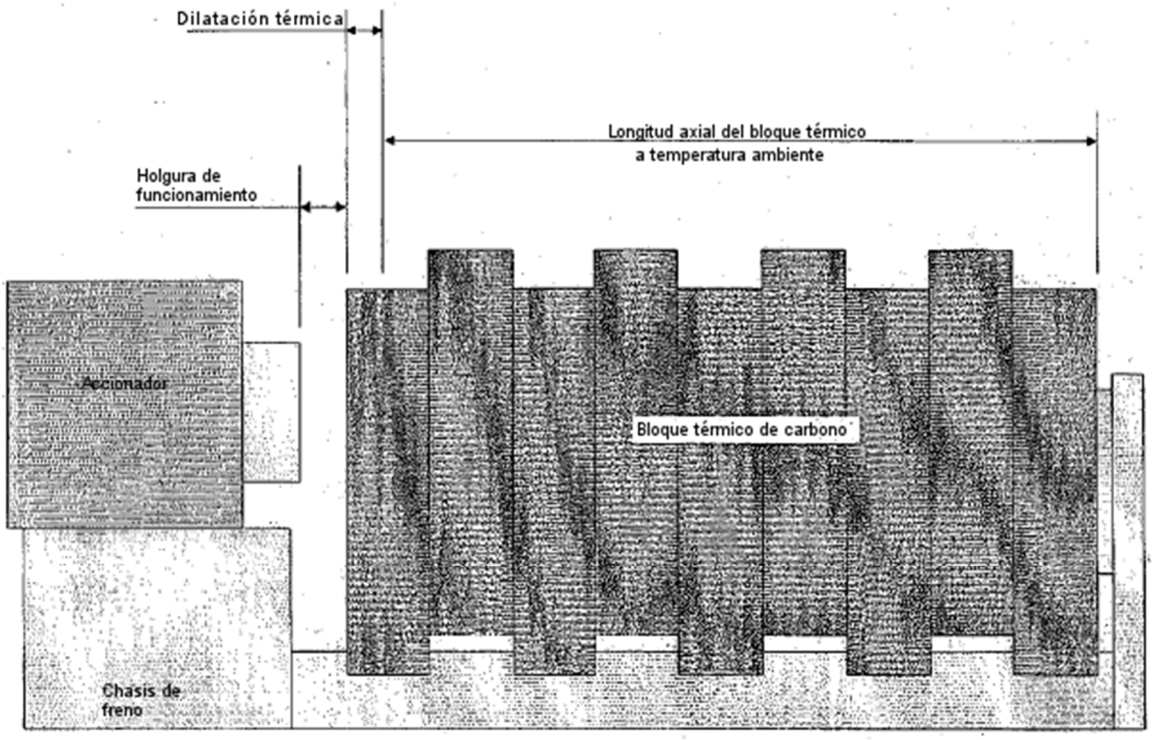
Dilatación térmica
Longitud axial del bloque térmico
a temperatura ambiente
Holgura de
funcionamiento
Accionador
Bloque térmico de carbono
Chasis de
freno

Figura 2

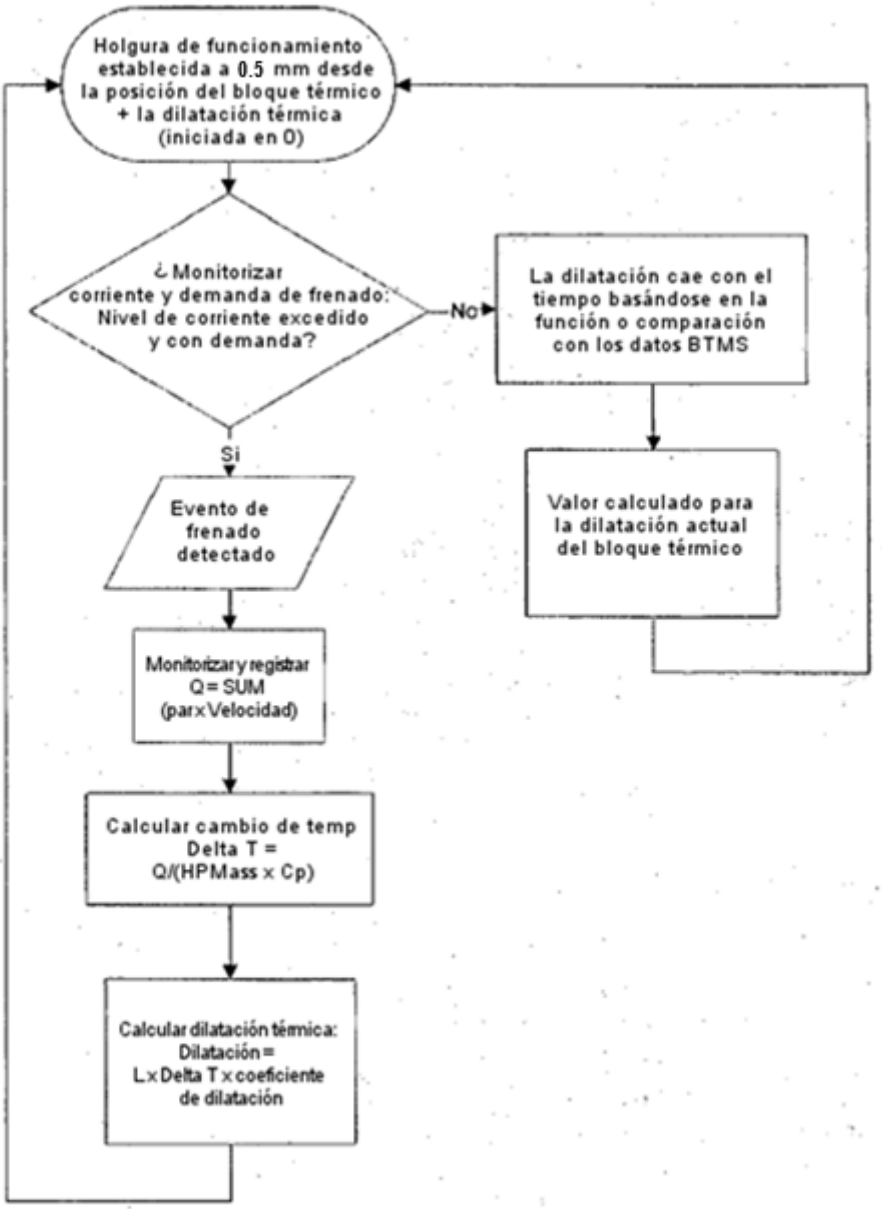
Holgura de funcionamiento establecida a 0.5 mm desde la posición del bloque térmico + la dilatación térmica (iniciada en 0)
¿ Monitorizar corriente y demanda de frenado: Nivel de corriente excedido y con demanda?
No
La dilatación cae con el tiempo basándose en la función o comparación con los datos BTMS
Si
Evento de frenado detectado
Valor calculado para la dilatación actual del bloque térmico
Monitorizar y registrar Q = SUM (par x Velocidad)
Calcular cambio de temp Delta T = Q/(HP Mass x Cp)
Calcular dilatación térmica: Dilatación = L x Delta T x coeficiente de dilatación

Figura 3

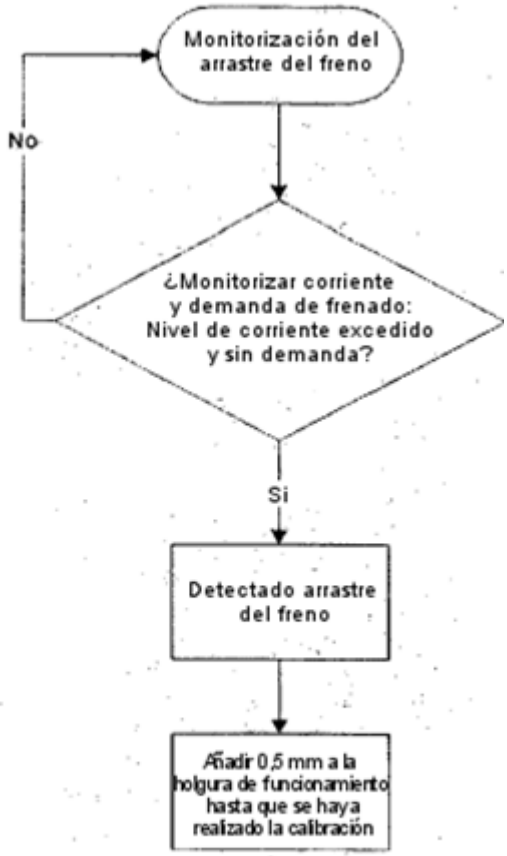
Monitorización del arrastre del freno
No
¿Monitorizar corriente y demanda de frenado: Nivel de corriente excedido y sin demanda?
Si
Detectado arrastre del freno
Añadir 0,5 mm a la holgura de funcionamiento hasta que se haya realizado la calibración

Figura 4