

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 936**

51 Int. Cl.:

B60T 8/00 (2006.01)

B64C 25/00 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

B60T 8/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2007** **E 07872550 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2013** **EP 2081804**

54 Título: **Alivio de carga del tren de aterrizaje de aeronaves utilizando una configuración de control de frenos**

30 Prioridad:

15.09.2006 US 532482

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

04.04.2013

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 NORTH RIVERSIDE PLAZA
CHICAGO IL 66066-2016, US**

72 Inventor/es:

GRIFFITH, THOMAS, T.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 399 936 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

Alivio de carga del tren de aterrizaje de aeronaves utilizando una configuración de control de frenos

5 Campo técnico

Las realizaciones de la presente invención se refieren, en general, a un sistema de freno eléctrico para una aeronave. Más particularmente, las realizaciones de la presente invención se refieren a una configuración de control de freno que alivia la carga estructural del tren de aterrizaje de aeronaves.

10 Antecedentes

Los frenos de las ruedas de una aeronave son controlados por el piloto después de aterrizar para ayudar a la deceleración en tierra de la aeronave. Los frenos de las ruedas pueden también controlarse por el piloto (o por un miembro de la tripulación en tierra) durante las maniobras de rodaje en tierra. La gran masa de una aeronave y la alta velocidad de aterrizaje dan como resultado un momento muy elevado, lo que puede traducirse en cargas dinámicas muy elevadas durante las maniobras de frenado (especialmente cuando los frenos se aplican repentinamente). Por consiguiente, el tren de aterrizaje de aeronaves está diseñado para resistir las cargas de frenado que se generan en respuesta a la aplicación de los frenos de las ruedas de una aeronave. Este objetivo de diseño da como resultado conjuntos de trenes de aterrizaje pesados y voluminosos.

Los sistemas de frenos de aeronaves hidráulicos pueden utilizar técnicas destinadas a aliviar las cargas del tren de aterrizaje provocadas por el accionamiento del freno. Una vez que tal técnica se alterna entre los frenos de las ruedas de proa y popa de un tren de aterrizaje, mientras regula el tiempo inicial frenos de las ruedas de proa/popa. Aunque este sistema se traduce en menos cabeceo de la aeronave durante el frenado, la configuración de alivio de carga no se basa en las condiciones de funcionamiento actuales de la aeronave, tales como la velocidad de la aeronave o la tasa de deflexión del pedal de freno. Otra configuración de alivio de carga limita la cantidad de fluido hidráulico y/o la velocidad de flujo de fluido hidráulico en un sistema de frenos hidráulico. Esta es una configuración mecánica simple que restringe la salida del par de frenado para todas las condiciones de funcionamiento y frenado. Esta configuración está siempre activa y no se basa en las condiciones de funcionamiento actuales de la aeronave, tales como la velocidad de la aeronave o la tasa de deflexión del pedal de freno.

El documento US 2003/0020326 describe una aplicación de freno adaptativa y un sistema de detección inicial de derrapes que permite una rápida aplicación de los frenos y evita fuertes derrapes iniciales. El par de frenado se compara con un par de frenado de umbral predeterminado. Las señales de error de velocidad de las ruedas se generan también para indicar la diferencia entre la velocidad de la rueda y una señal de velocidad de referencia. Un integrador modulador de desviación del par responsable de las señales del par de freno ajusta las señales de error de velocidad de las ruedas para proporcionar una señal de control anti-derrape. El integrador modulador de desviación del par puede también inicializarse en el valor del par de frenado medido cuando las señales de errores de velocidad de las ruedas indican el comienzo de un derrape. Las señales de diferencia del par de frenado se generan para indicar la diferencia entre el par de frenado y un par de frenado impuesto, y una señal de error del par de frenado ajustada se genera en respuesta a las señales de diferencia del par de frenado.

El documento WO 03/022648 describe un método para llevar a cabo una acción de frenado automático, mediante el cual se determina, al menos, una variable que representa el accionamiento del pedal de freno y una acción de frenado automático se activa después si, al menos, se supera un valor umbral (valor umbral de accionamiento del pedal de freno) de la variable que representa el accionamiento del pedal de freno, por lo que el valor umbral de accionamiento del pedal de freno se altera y/o la variable que representa el pedal de freno se pondera de acuerdo con al menos una acción del piloto, especialmente un movimiento detectado del pie del piloto antes de un accionamiento del pedal de freno de la acción de frenado considerada y/o antes de la acción de frenado considerada.

Breve resumen

De acuerdo con la presente invención se proporciona un método de control para un sistema de frenado electrónico de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

En una realización, un sistema de freno eléctrico para una aeronave controla el accionamiento de un mecanismo de freno de avión de manera que alivia la carga dinámica del tren de aterrizaje de aeronaves durante el frenado. El sistema de freno eléctrico varía la sincronización relacionada con el comienzo del par de frenado deseado de acuerdo con la velocidad medida de la aeronave, la cantidad de deflexión del pedal de freno, y posiblemente también la tasa de deflexión del pedal de freno. La configuración del control de frenado da como resultado una suave aplicación de la fuerza de frenado en lugar de una aplicación brusca y repentina de la fuerza de frenado, lo que puede resultar en una alta carga dinámica del tren de aterrizaje de aeronaves.

Los anteriores y otros aspectos de la invención pueden llevarse a cabo en una disposición mediante un método para aliviar la carga dinámica del tren de aterrizaje de aeronaves en una aeronave que tiene un tren de aterrizaje, un sistema de freno eléctrico con un mecanismo de freno, y un pedal de freno. El método implica: obtener un valor de velocidad que indica una velocidad real de la aeronave; obtener datos del sensor del pedal de freno en respuesta al acoplamiento del pedal de freno; y accionar el mecanismo de freno de acuerdo con un perfil de aplicación del freno que está basado en el valor de velocidad y/o los datos del sensor del pedal de freno.

Los anteriores y otros aspectos de la invención se pueden llevar a cabo en una realización de la invención mediante un método de control para un sistema de freno eléctrico en una aeronave. El método implica: obtener datos del sensor del pedal de freno en respuesta al acoplamiento de un pedal de freno, indicando los datos del sensor del pedal de freno una condición de frenado deseada para un mecanismo de freno; y controlar eléctricamente el accionamiento del mecanismo de freno en respuesta a los datos del sensor del pedal de freno. Dicho control se realiza para lograr inicialmente la condición de frenado deseado dentro de un período de tiempo después de una manipulación del pedal de freno, y para variar el período de tiempo de acuerdo con los datos del sensor del pedal de freno.

Los anteriores y otros aspectos de la invención se pueden llevar a cabo en otra disposición mediante un sistema de freno eléctrico para una aeronave. El sistema de freno eléctrico incluye: un mecanismo de freno, un pedal de freno acoplado al mecanismo de freno; y una arquitectura de control de freno acoplada al pedal de freno y al mecanismo de freno. La arquitectura de control de freno incluye una lógica de procesamiento configurada para obtener un valor de velocidad que indica una velocidad real de la aeronave, obtener los datos del sensor del pedal de freno en respuesta a un acoplamiento del pedal de freno, y accionar el mecanismo de freno en respuesta al acoplamiento del pedal de freno y de acuerdo con un perfil de aplicación del freno que se basa en el valor de velocidad y/o los datos del sensor del pedal de freno.

Breve descripción de los dibujos

Una comprensión más completa de la presente invención puede derivarse haciendo referencia a la descripción detallada y a las reivindicaciones cuando se consideran en conjunto con las siguientes figuras, en las que los mismos números de referencia se refieren a elementos similares en todas las figuras.

- La Figura 1 es una representación esquemática de una porción de un sistema de freno eléctrico adecuado para su uso en una aeronave;
- La Figura 2 es una representación esquemática de una arquitectura de control de freno adecuada para su uso en un sistema de freno eléctrico para una aeronave;
- La Figura 3 es un gráfico que ilustra las características del par de frenado en el tiempo para un sistema de freno eléctrico;
- La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de freno eléctrico; y
- La Figura 5 es un gráfico que ilustra las características del par de frenado en el tiempo para un sistema de freno eléctrico en condiciones de funcionamiento diferentes.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es meramente de naturaleza ilustrativa y no está destinada a limitar las realizaciones de la invención ni la aplicación y usos de tales realizaciones. Además, no hay intención de estar ligado por ninguna teoría expresada o implícita presentada en el campo técnico, antecedentes, breve sumario precedente o en la siguiente descripción detallada.

Las realizaciones de la invención se pueden describir en la presente memoria en términos de componentes de bloques funcionales y/o lógicos y varias etapas de procesamiento. Se debe apreciar que tales componentes de bloques pueden ser realizados por cualquier número de componentes de hardware, software, y/o firmware configurados para realizar las funciones especificadas. Por ejemplo, una realización de la invención puede emplear varios componentes de circuitos integrados, por ejemplo, elementos de memoria, elementos de procesamiento de señales digitales, elementos lógicos, tablas de búsqueda, o similares, que pueden llevar a cabo una variedad de funciones bajo el control de uno o más microprocesadores u otros dispositivos de control. Además, los expertos en la técnica apreciarán que las realizaciones de la presente invención pueden ponerse en práctica en conjunto con una variedad de diferentes sistemas de freno de aeronaves y configuraciones de aeronaves, y que el sistema descrito en este documento es meramente un ejemplo de realización de la invención.

En aras de la brevedad, las técnicas convencionales y los componentes relacionados con el procesamiento de señales, sistemas de freno de aeronaves, controles del sistema de freno, y otros aspectos funcionales de los sistemas (y los componentes operativos individuales de los sistemas) pueden no estar descritos en detalle aquí. Además, las líneas de conexión mostradas en las varias figuras contenidas aquí están destinadas a representar las relaciones funcionales y/o acoplamientos físicos ejemplares entre los varios elementos. Cabe señalar que muchas relaciones funcionales o conexiones físicas alternativas o adicionales pueden estar presentes en una realización de la invención.

La siguiente descripción se refiere a los elementos o nodos o características que están "conectados(as)" o "acoplados(as)" juntos. Como se usa en la presente memoria, a menos que expresamente se indique lo contrario, "conectado" significa que un elemento/nodo/característica está directamente unido a (o que se comunica directamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente mecánicamente. Asimismo, a menos que expresamente se indique lo contrario, "acoplado" significa que un elemento/nodo/característica está unido directa o indirectamente a (o que se comunica directa o indirectamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente mecánicamente. Por lo tanto, aunque las representaciones esquemáticas que se muestran en las figuras representan las disposiciones ejemplares de elementos, elementos, dispositivos, características o componentes intervinientes adicionales pueden estar presentes en una realización de la invención.

La Figura 1 es una representación esquemática de una porción de un sistema de freno eléctrico 100 adecuado para su uso en una aeronave (no mostrada). El sistema de freno eléctrico 100 incluye un pedal de freno 102, una unidad de control del sistema de freno (BSCU) 104 acoplada al pedal de freno 102, un control de accionamiento del freno eléctrico (EBAC) 106 acoplado a la BSCU 104, y un mecanismo de freno 108 acoplado al EBAC 106. El mecanismo de freno 108 corresponde a al menos una rueda 110 de la aeronave. El sistema de freno eléctrico 100 puede incluir también un concentrador de datos remoto montado en el eje (RDC) 112 acoplado a la rueda 110. Brevemente, la BSCU 104 reacciona a la manipulación del pedal de freno 102 y genera señales de control que son recibidas por el EBAC 106. A su vez, el EBAC 106 genera señales de control del mecanismo de freno que se reciben por el mecanismo de freno 108. A su vez, el mecanismo de freno 108 actúa para ralentizar la rotación de la rueda 110. Estas características y componentes se describen con más detalle a continuación.

El sistema de freno eléctrico 100 se puede aplicar a cualquier número de configuraciones de frenado eléctricas para una aeronave, y el sistema de freno eléctrico 100 se representa de una manera simplificada para facilitar la descripción. Una realización del sistema de freno eléctrico 100 puede incluir una arquitectura de subsistema izquierda y una arquitectura de subsistema de derecha, en la que los términos "izquierda" y "derecha" se refieren a los lados de babor y estribor de la aeronave, respectivamente. En la práctica, las dos arquitecturas de subsistema pueden controlarse independientemente de la manera descrita a continuación. A este respecto, una realización del sistema de freno eléctrico 100, estando desplegada, puede incluir un pedal de freno izquierdo, un pedal de freno derecho, una BSCU izquierda, una BSCU derecha, cualquier número de EBAC izquierdos acoplados a y controlados por la BSCU izquierda, cualquier número de EBAC derechos acoplados a, y controlados por la BSCU derecha, un mecanismo de freno para cada rueda (o para cada grupo de ruedas), y un RDC para cada rueda (o para cada grupo de ruedas). En funcionamiento, el sistema de freno eléctrico puede, independiente, generar y aplicar señales de control del accionador del freno para cada rueda de la aeronave o, simultáneamente, para cualquier grupo de ruedas.

El pedal de freno 102 está configurado para proporcionar la entrada del piloto al sistema de freno eléctrico 100. El piloto manipula físicamente el pedal de freno 102, dando lugar a la deflexión o movimiento (es decir, alguna forma de entrada física) del pedal de freno 102. Esta deflexión física es medida desde su posición natural por un servo hardware o un componente equivalente, convertida en una señal de control ordenada por el piloto de la BSCU por un transductor o un componente equivalente, y enviada a la BSCU 104. La señal de control ordenada por el piloto de la BSCU puede transmitir los datos del sensor del pedal de freno que pueden incluir o indicar la posición de deflexión de pedal de freno 102, la tasa de deflexión del pedal de freno 102, una condición de frenado deseada para el mecanismo de freno 108, o similares.

Una realización del sistema de freno eléctrico 100 puede utilizar cualquier número de BSCU 104. Para facilitar la descripción, este ejemplo incluye sólo una BSCU 104. La BSCU 104 es una unidad de control electrónico que ha incorporado un software que calcula digitalmente las señales de control del EBAC que representan las órdenes de frenado. La implementación eléctrica/del software permite además la optimización y personalización del rendimiento de frenado y de la sensación si es necesario para el despliegue de una aeronave dada.

La BSCU 104 puede implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, una memoria de contenido direccionable, un procesador de señal digital, un circuito integrado de aplicación específica, una matriz de compuertas programables de campo, cualquier dispositivo lógico programable adecuado, lógica discreta de compuerta o de transistor, componentes de hardware discretos, o cualquier combinación de los mismos, diseñados para realizar las funciones descritas en la presente memoria. Un procesador puede implementarse como un microprocesador, un controlador, un microcontrolador, o una máquina de estado. Un procesador también puede ser implementado como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un procesador y un microprocesador de señales digitales, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores en conjunto con un núcleo de procesador de señales digitales, o cualquier otra configuración de este tipo. En una realización, la BSCU 104 se implementa con un procesador de ordenador (tal como un PowerPC 555) que aloja el software y proporciona interfaces externas para el software.

La BSCU 104 supervisa varias entradas de la aeronave para proporcionar funciones de control, tales como, sin limitación: frenado por pedal; frenado de aparcamiento; frenado automatizado; frenado por retracción del tren. Además, la BSCU 104 combina órdenes anti-derrape (que podrían generarse interna o externamente desde la BSCU 104) para proporcionar un control mejorado del frenado. La BSCU 104 obtiene señales de control ordenadas

por el desde el pedal de freno 102, junto con datos de las ruedas (por ejemplo, velocidad de la rueda, dirección rotacional, presión del neumático, etc.) del RDC 112, como se describe en más detalle a continuación. La BSCU 104 procesa sus señales de entrada y genera una o más señales de control del EBAC que son recibidas por el EBAC 106. En la práctica, la BSCU 104 transmite las señales de control del EBAC al EBAC 106 a través de un bus de datos digitales. En una arquitectura generalizada (no mostrada), cada BSCU puede generar señales de salida independientes para su uso con cualquier número de EBAC bajo su control.

La BSCU 104 se puede acoplar a uno o más EBAC 106 asociados. El EBAC 106 puede ser implementado, realizado, o efectuado de la manera descrita anteriormente para la BSCU 104. En una realización, el EBAC 106 se implementa con un procesador de ordenador (tal como un PowerPC 555) que aloja el software, proporciona interfaces externas para el software, e incluye una lógica de procesamiento adecuada que está configurado para llevar a cabo las diferentes operaciones del EBAC descritas en la presente memoria. La EBAC 106 obtiene señales de control del EBAC de la BSCU 104, procesa las señales de control del EBAC, y genera las señales de control del mecanismo de freno (señales de accionamiento del freno) para el mecanismo de freno 108.

En particular, las funcionalidades de la BSCU 104 y del EBAC 106 pueden combinarse en un único procesador basado en una característica o componente. En este sentido, la BSCU 104, el EBAC 106, o la combinación de los mismos pueden ser considerados como una arquitectura de control de freno para el sistema de freno eléctrico 100. Una arquitectura de control de freno de este tipo incluye una lógica de procesamiento, funcionalidad y características configuradas adecuadamente que soportan el alivio de carga y las operaciones de control de freno descritas en la presente memoria.

La rueda 110 puede incluir un mecanismo de freno 108 asociado. El EBAC 106 controla el mecanismo de freno 108 para aplicar, liberar, modular y, de otro modo, controlar el accionamiento de uno o más componentes del mecanismo de freno 108. En este sentido, el EBAC 106 genera las señales de control del mecanismo de freno en respuesta a las respectivas señales de control del EBAC generadas por la BSCU 104. Las señales de control del mecanismo de freno están adecuadamente formateadas y dispuestas para su compatibilidad con el mecanismo de freno 108 concreto utilizado por de la aeronave. En la práctica, las señales de control del mecanismo de freno pueden ser reguladas para llevar a cabo maniobras anti-derrape y otras maniobras de frenado. Los expertos en la técnica están familiarizados con los mecanismos de freno para aeronaves y la forma general en que son controlados, y tales aspectos conocidos no se describirán en detalle en la presente memoria.

El sistema de freno eléctrico 100 puede incluir o comunicarse con uno o más sensores de la rueda 110. Estos sensores están adecuadamente configurados para medir datos de la rueda (velocidad de la rueda, dirección de rotación de la rueda, presión del neumático, temperatura de la rueda/freno, etc.) para la rueda 110, en el que los datos de la rueda pueden ser utilizados por el sistema de frenado eléctrico 100. El RDC 112 está generalmente configurado para recibir, medir, detectar o, de otro modo, obtener datos para su procesamiento y/o transmisión a otro componente de sistema de freno eléctrico 100. Aquí, el RDC 112 está acoplado a (o está asociado de otro modo con) la rueda 110, y el RDC 112 está configurado para recoger y transmitir sus datos de rueda a la BSCU 104. El bus o buses de comunicación de datos digitales de la aeronave pueden estar configurados para comunicar los datos de la rueda del RDC 112 a la BSCU 104 utilizando cualquier protocolo de comunicación de datos adecuada y cualquier configuración de transmisión de datos adecuada. En una realización alternativa, el RDC 112 puede configurarse para comunicar los datos de la rueda al EBAC 106. En otra realización adicional, el RDC 112 puede configurarse para comunicar los datos de la rueda a la BSCU 104 y al EBAC 106.

En este ejemplo, el sistema de freno eléctrico 100 está adecuadamente configurado para controlar el accionamiento del mecanismo de freno 108 en respuesta a los datos de la rueda. En particular, el sistema de freno eléctrico 100 está configurado para controlar el accionamiento del mecanismo de freno 108 en respuesta a un valor de velocidad de la rueda, que indica la velocidad real de la aeronave.

El sistema de freno eléctrico 100 puede ser utilizado para aliviar cargas dinámicas estructurales (por ejemplo, cargas del tren de aterrizaje) durante el gran esfuerzo de frenado de la aeronave. El sistema de freno eléctrico 100 le ordena generalmente al mecanismo de freno 108 que genere el par de frenado de una manera que está relacionada con la cantidad que el pedal de freno 102 es deprimido por el piloto. Este control puede tener en cuenta la posición de deflexión del pedal de freno 102, la tasa de deflexión del pedal de freno 102, y/o la velocidad a la que la aeronave se desplaza para modificar el accionamiento del mecanismo de freno 108 de tal manera que el par de frenado deseado se obtiene a una tasa adecuada que no desarrolle cargas dinámicas de pico máximo. Esto permite que el tren de aterrizaje de la aeronave se diseñe con menos peso y volumen, lo que beneficia el rendimiento de la aeronave. En una realización, el sistema de frenos eléctrico 100 utiliza sensores en el pedal de freno 102 para medir la velocidad de deformación y deflexión del pedal de freno 102. La velocidad de las ruedas de la aeronave, que puede ser medida por un sensor en la rueda 110, se utiliza también como una entrada para las leyes de control de frenos. La BSCU 104 procesa estas entradas para reducir la tasa de aparición inicial de la aplicación del freno, que a su vez reduce la carga de freno pico que tiene que ser absorbida por la estructura del tren de aterrizaje. Las leyes de control de freno se pueden ajustar al modelo particular de la aeronave, las características estáticas, dinámicas u operacionales de la aeronave, y/o las características estáticas, dinámicas u operacionales del mecanismo de freno 108.

La Figura 2 es una representación esquemática de una arquitectura de control de freno 200 adecuada para su uso en un sistema de freno eléctrico de una aeronave. El sistema de freno eléctrico 100 puede emplear una realización de la arquitectura de control de freno 200. Por ejemplo, la arquitectura de control de freno 200 puede ser implementada o puesta en práctica en la BSCU 104 y/o en el EBAC 106. La arquitectura de control de freno 200 pueden incluir, sin limitación: un procesador 202 habiendo configurado de manera adecuada la lógica de procesamiento; una cantidad apropiada de memoria 204, y un generador de señales de control del mecanismo de freno 206. La arquitectura de control de freno 200 puede, pero no necesariamente, incluir un generador del perfil de aplicación del freno 208. Estos elementos pueden acoplarse entre sí mediante un bus de comunicación de datos 209 o cualquier arquitectura o disposición de interconexión configurada adecuadamente. En esta realización, la arquitectura de control de freno 200 está configurada para obtener y procesar los datos del sensor del pedal de freno 210 y los datos de la velocidad de la rueda 212 en la forma descrita en más detalle a continuación.

El procesador 202 puede ser implementado o realizado en la forma descrita anteriormente para la BSCU 104. La lógica de procesamiento correspondiente al procesador 202 está diseñada para llevar a cabo diversas operaciones y funciones asociadas con la configuración de control del freno descrita en la presente memoria. Por otra parte, un procedimiento o algoritmo (o partes del mismo) que se describe en conexión con las realizaciones descritas en este documento puede implementarse directamente como un hardware, un firmware, en un módulo de software ejecutado por el procesador 202, o en cualquier combinación práctica de los mismos. Un módulo de software puede residir en la memoria 204, que puede implementarse como uno o más componentes físicos que tiene memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. A este respecto, la memoria 204 puede estar acoplada al procesador 202 de tal manera que el procesador 202 puede leer información de, y escribir información en, la memoria 204. En la alternativa, la memoria 204 puede ser integral con el procesador 202. Como un ejemplo, el procesador 202 y la memoria 204 pueden residir en un ASIC.

La memoria 204 puede estar configurada para almacenar al menos un perfil de aplicación del freno 214 para la aeronave. El perfil de aplicación del freno 214 influye en la manera en que se acciona el mecanismo de freno. El perfil de aplicación del freno 214 puede ser predeterminado y programado en la arquitectura de control de freno 200 o generado en tiempo real por la arquitectura de control de freno 200. En la primera situación, el perfil de aplicación del freno 214 puede estar basado en características estáticas, dinámicas, aerodinámicas, operacionales y/u otras de la aeronave (por ejemplo, la masa de la aeronave y la velocidad de aterrizaje de la aeronave típica) y/o basarse en las características estáticas, dinámicas, operacionales y/u otras del sistema de freno eléctrico o del mecanismo de freno (por ejemplo, el tiempo de respuesta de los elementos de control, el par máximo de frenado alcanzable, y el intervalo típico del par de frenado). En la última situación, el generador del perfil de aplicación del freno 208 opcional puede ser utilizado para generar el perfil de aplicación del freno 214 dinámicamente en respuesta a los datos de sensor del pedal de freno 210 y/o en respuesta a los datos de la velocidad de la rueda 212. El funcionamiento del generador del perfil de aplicación del freno 208 puede estar también influenciado por las características de la aeronave y/o las características del mecanismo de freno como se ha mencionado anteriormente. En la práctica, el generador del perfil de aplicación del freno 208 puede implementarse en la lógica de procesamiento del procesador 202.

La Figura 3 es un gráfico que ilustra las características del par de frenado en el tiempo para un sistema de freno eléctrico. Una realización de la arquitectura de control de freno 200 puede, sin embargo, manipular diferentes tipos de perfiles de aplicación del freno y no tienen por qué limitarse a los perfiles que indican las características del par de frenado. Por ejemplo, un perfil de aplicación del freno puede representarse, en cambio, sin limitación de la posición del accionador del freno a lo largo del tiempo; fuerza sujeción del freno aplicada a lo largo del tiempo; una configuración de modulación del freno, o similares.

El gráfico de la Figura 3 representa dos perfiles posibles de aplicación del freno para un mecanismo de freno: un perfil no compensado 300, y un perfil ajustado 302. Las porciones iniciales y finales de ambos perfiles son prácticamente idénticas y, por lo tanto, los gráficos parecen superponerse. Ambos perfiles indican el mismo par de frenado deseado de freno correspondiente a una manipulación del piloto dada de un pedal de freno. En última instancia, este par de frenado deseado es alcanzado por ambos perfiles. El perfil no compensado 300 alcanza rápidamente el par de frenado deseado en un momento $t = t_1$, rebasa del par de frenado deseado, y finalmente se asienta de nuevo en el par de frenado deseado en un tiempo $t = t_2$. El tiempo de subida empinada del perfil no compensado 300 resulta en una aplicación repentina de los frenos, un cabeceo de la aeronave, y en una carga dinámica relativamente elevada del tren de aterrizaje. Esta tensión dinámica se complica por el rebasamiento del perfil no compensado 300 por encima del par de frenado deseado. En contraste, el perfil ajustado 302 aumenta gradualmente el par de frenado de tal manera que el par de frenado deseado no se alcanza inicialmente hasta el tiempo $t = t_2$. De esta manera, el perfil ajustado 302 suaviza el accionamiento del mecanismo de freno para reducir el efecto de cabeceo y, por tanto, aliviar la carga dinámica estructural del tren de aterrizaje. Por otra parte, el perfil ajustado 302 impide el rebasamiento del par de frenado deseado. Dependiendo de la aeronave, las características del sistema de freno, las condiciones de funcionamiento, y la entrada del piloto, la diferencia ($t_2 - t_1$) puede ser aproximadamente 0,25 a 1,00 segundos. Esta diferencia de tiempo tendrá poco o ningún efecto perceptible en las operaciones normales de aterrizaje de la aeronaves.

El generador de señales de control del mecanismo de freno 206, que puede implementarse en la lógica de procesamiento del procesador 202, está adecuadamente configurado para generar señales de control para el mecanismo o mecanismos de freno de la aeronave. Haciendo referencia a la Figura 1, el generador de señales de control del mecanismo de freno 206 puede ser implementado en la BSCU 104 y configurado para generar o influir en las señales de control del EBAC, y/o apicararse en la EBAC 106 y configurarse para generar o influir en las señales de control del mecanismo de freno. Como se describe en más detalle a continuación, el perfil de aplicación del freno 214 puede influir o regular el funcionamiento del generador de señales de control del mecanismo de freno 206 para aliviar la carga dinámica estructural del tren de aterrizaje de la aeronave.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de freno eléctrico 400. El proceso 400 puede ser utilizado para aliviar la carga estructural del tren de aterrizaje de aeronaves que utiliza el sistema de freno eléctrico de la aeronave. Las diversas tareas realizadas en conexión con el proceso 400 pueden ser realizadas por un software, hardware, firmware, o cualquier combinación de los mismos. Para fines ilustrativos, la siguiente descripción del proceso 400 puede hacer referencia a elementos mencionados anteriormente en conexión con las Figuras 1-3. En las realizaciones de la invención, las porciones del proceso 400 pueden ser realizadas por diferentes elementos del sistema descrito, por ejemplo, la BSCU, el EBAC, o el mecanismo de freno. Se debe apreciar que el proceso 400 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, las tareas que se muestran en la Figura 4 no necesitan ser realizadas en el orden ilustrado, y el proceso 400 puede incorporarse en un procedimiento o proceso más exhaustivo que tiene una funcionalidad adicional no descrita aquí en detalle.

El proceso de control de freno eléctrico 400 puede comenzar mediante la obtención de un valor de velocidad y/o los datos del sensor del pedal de freno para la aeronave (tarea 402). El valor de velocidad indica la velocidad real de la aeronave. Para este ejemplo, el valor de velocidad es un valor de velocidad de la rueda correspondiente a la velocidad de una rueda del tren de aterrizaje, y el valor de velocidad de la rueda se puede obtener a partir de un sensor de rueda configurado de manera adecuada. Los datos del sensor del pedal de freno se obtiene en respuesta al acoplamiento del pedal de freno (este acoplamiento por lo general corresponde a la manipulación física del pedal de freno por un piloto o un miembro de la tripulación en tierra). Los datos del sensor del pedal de freno pueden indicar, incluir, o representar uno o más de los siguientes, sin limitación: datos de posición de deflexión del pedal de freno; datos de la tasa de deflexión del pedal de freno, una condición de frenado deseada para el mecanismo de freno (por ejemplo, una posición del accionador del freno, una cantidad del par de frenado, o un porcentaje de la capacidad total de frenado).

En este ejemplo, el proceso de control de freno eléctrico 400 obtiene y procesa (tarea 404), tanto el valor de velocidad de la aeronave y los datos del sensor del pedal de freno. Dependiendo de la implementación del sistema de freno eléctrico, el proceso 400 puede calcular o derivar una condición de frenado deseada (tarea 406) del valor de velocidad y/o de los datos del sensor del pedal de freno. Además, el proceso 400 recupera o genera un perfil de aplicación del freno apropiado para las condiciones de funcionamiento actuales (tarea 408). Por ejemplo, el proceso 400 puede acceder a un perfil almacenado que está basado en la velocidad real de la aeronave y/o en los datos actuales del sensor del pedal de freno. Como alternativa, el proceso 400 puede utilizar un algoritmo adecuado para generar un perfil deseado en respuesta a la velocidad real de la aeronave y a los datos actuales del sensor del pedal de freno. A este respecto, la Figura 5 es un gráfico que ilustra las características del par de frenado en el tiempo para un sistema de freno eléctrico en condiciones de funcionamiento diferentes.

La Figura 5 muestra diferentes perfiles de aplicación de freno que se pueden generar o recuperar durante el proceso 400. El perfil de aplicación del freno 502 está asociado con un par de frenado deseado relativamente elevado, una posición de deflexión relativamente larga del pedal de freno, y un período de tiempo relativamente largo (t_4) para alcanzar inicialmente el par de frenado deseado después de una manipulación del pedal de freno. Esta manipulación del pedal de freno puede ser una deflexión inicial del pedal de freno o un cambio posterior en una deflexión real del pedal de freno. Como se ha descrito anteriormente en relación con la Figura 3, el sistema de freno eléctrico alcanza inicialmente la condición de frenado deseada cuando el par de frenado alcanza primero el valor deseado. Los perfiles ilustrados en la Figura 5 evitan el rebasamiento del par de frenado deseado durante el accionamiento del mecanismo de freno. Por lo tanto, los periodos de tiempo designados representar el tiempo que tarda el sistema de freno eléctrico para lograr inicialmente la condición de frenado deseada.

El perfil de aplicación del freno 503 está asociado con un par de frenado deseado relativamente elevado, una posición de deflexión relativamente larga del pedal de freno, y un período de tiempo relativamente corto (t_1) para alcanzar el par de frenado deseado. El perfil de aplicación del freno 504 está asociado con un par de frenado deseado relativamente intermedio, una posición de deflexión relativamente intermedia del pedal de freno, y un período de tiempo relativamente corto (t_2) para lograr el par de frenado deseado. El perfil de aplicación del freno 506 está asociado con un par de frenado deseado relativamente bajo, una posición de deflexión relativamente corta del pedal de freno, y un período de tiempo relativamente intermedio (t_3) para lograr el par de frenado deseado. Como se muestra en la Figura 5, un perfil de aplicación del freno influye en el período de tiempo para alcanzar inicialmente el par de frenado deseado.

En una realización, el perfil aplicación del freno dado aumenta este período de tiempo cuando la velocidad real de la aeronave es relativamente baja, y disminuye el período de tiempo cuando la velocidad real de la aeronave es

relativamente alta. Esta característica contempla el coeficiente de fricción dinámica relativamente bajo entre los neumáticos de aeronaves y el suelo en condiciones de alta velocidad, en las que las alas siguen proporcionando un ascenso a la aeronave (y, a la inversa, el coeficiente de fricción de dinámico relativamente alto en condiciones de baja velocidad en las que todo el peso de la aeronave está soportado por los neumáticos). Por lo tanto, el perfil de aplicación del freno 502 puede representar una condición de velocidad relativamente baja de la aeronave, y el perfil de aplicación del freno 503 puede representar una condición de velocidad relativamente alta de la aeronave, en el que el par de frenado deseado es el mismo.

En una realización, el perfil de aplicación del freno dado aumenta el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una posición de deflexión relativamente larga del pedal de freno, y disminuye el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una posición de deflexión relativamente corta del pedal del freno. Esta característica contempla la necesidad de reducir la aplicación repentina de los frenos durante las maniobras de frenado. Por el contrario, la técnica de alivio de carga descrita en la presente memoria puede no ser necesaria en virtud de las maniobras de frenado relativamente suaves o dóciles. Por lo tanto, el perfil de aplicación del freno 502 puede corresponder a una deflexión del pedal de freno relativamente larga, y el perfil de aplicación del freno 504 puede corresponder a una deflexión del pedal de freno relativamente corta.

En una realización, el perfil de aplicación del freno dado aumenta el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una tasa de deflexión relativamente alta del pedal de freno, y disminuye el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una tasa de deflexión relativamente baja del pedal de freno. Esta característica contempla la necesidad de "aligerar" la aplicación de los frenos en respuesta a un acoplamiento rápido del pedal de freno. Por el contrario, la técnica de alivio de la carga descrita en la presente memoria puede no ser necesaria cuando el pedal de freno se desvía lentamente. Por lo tanto, el perfil de aplicación del freno 506 puede corresponder a una velocidad de deflexión relativamente alta, y el perfil de aplicación del freno 504 puede corresponder a una velocidad de deflexión relativamente baja. Como ilustra este ejemplo, los diferentes criterios para influir en un perfil de aplicación del freno no necesitan estar correlacionados; aunque el perfil de aplicación del freno 504 corresponda a un par de frenado deseado más elevado en comparación con el perfil del aplicación del freno 506, el período de tiempo para el perfil de aplicación del freno 504 es menos que el período de tiempo para el perfil del aplicación del freno 506.

Haciendo referencia de nuevo a la Figura 4, el proceso de freno eléctrico 400 controla y acciona eléctricamente el mecanismo (o mecanismos) de freno de acuerdo con el perfil de aplicación del freno particular (tarea 410). En la práctica, el accionamiento del mecanismo de freno será sensible al acoplamiento y manipulación del pedal de freno y, a su vez, en respuesta a los datos del sensor del pedal de freno en tiempo real. Para este ejemplo, el accionamiento del mecanismo de freno también es sensible a los datos de velocidad de la aeronave. Como se ha explicado anteriormente, el sistema de freno eléctrico controla/varía el tiempo necesario para alcanzar la condición de frenado deseada (tarea 412) de acuerdo con los datos del sensor del pedal de freno y/o los datos de velocidad de la aeronave, que pueden ser contemplados por el perfil de aplicación del freno real. En ciertas realizaciones, el proceso 400 impide que el rebasamiento de la condición de frenado deseada (tarea 414), siguiendo el perfil de aplicación del freno real.

Eventualmente, el proceso de freno eléctrico 400 alcanzará la condición de frenado deseada (tarea 416) para las condiciones de funcionamiento reales y la entrada del piloto. La Figura 4 se representa como un bucle, de modo que el proceso 400 se puede llevar a cabo continuamente para reaccionar a las condiciones reales y a cualquier cambio en la entrada del piloto.

Aunque, al menos, una realización ejemplar se ha presentado en la descripción detallada anterior, se debe apreciar que existe un gran número de variaciones. También debe apreciarse que la realización o realizaciones ejemplares descritas en este documento no están destinadas a limitar el alcance, aplicabilidad, o configuración de la invención de ninguna manera. Más bien, la descripción detallada anterior proporcionará a los expertos en la materia una hoja de ruta conveniente para la aplicación de la realización o realizaciones descritas. Se debe entender que varios cambios se pueden hacer en la función y en la disposición de los elementos sin apartarse del alcance de la invención, en la que el alcance de la invención viene definido por las reivindicaciones, que incluye sus equivalentes conocidos y equivalentes previsibles al momento de presentación la presente solicitud de patente.

REIVINDICACIONES

1. Un método de control (400) para un sistema de freno eléctrico en una aeronave, comprendiendo el método (400):

- 5 obtener datos del sensor del pedal de freno (402) en respuesta al acoplamiento de un pedal de freno, indicando los datos del sensor del pedal de freno una condición de frenado deseada para un mecanismo de freno; y controlar eléctricamente el accionamiento del mecanismo de freno (410) en respuesta a los datos del sensor del pedal de freno para:
- 10 alcanzar inicialmente la condición de frenado deseada dentro de un período de tiempo después de una manipulación del pedal de freno (416); y variar el periodo de tiempo (412) de acuerdo con los datos del sensor del pedal de freno; en el que controlar eléctricamente el accionamiento del mecanismo de freno (410) aumenta el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una posición de deflexión relativamente larga del pedal de freno, y disminuye el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una posición de deflexión relativamente corta del pedal de freno.
- 15

2. Un método (400) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además obtener un valor de velocidad (402) que indica una velocidad real de la aeronave, en el que controlar eléctricamente el accionamiento del mecanismo de freno (410) comprende además de controlar eléctricamente el accionamiento del mecanismo de freno en respuesta al valor de velocidad para variar la duración del tiempo (412) de acuerdo con el valor de velocidad.

3. Un método (400) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

- 25 acceder a un perfil de aplicación del freno (408) que se basa en los datos del sensor del pedal de freno; y accionar el mecanismo de freno (410) de acuerdo con el perfil de aplicación del freno.

4. Un método (400) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que controlar eléctricamente el accionamiento del mecanismo de freno (410) aumenta el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una tasa de deflexión relativamente alta del pedal de freno, y disminuye el período de tiempo cuando los datos del sensor del pedal de freno indican una tasa de deflexión relativamente baja del pedal de freno.

5. Un método (400) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el perfil de aplicación del freno (408) representa el par de frenado a lo largo del tiempo para el mecanismo de freno.

6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que: los datos del sensor del pedal de freno (404) indican un momento de frenado deseado para el mecanismo de freno; y el perfil de aplicación del freno (408) impide el rebasamiento del par de frenado deseado durante el accionamiento del mecanismo de freno.

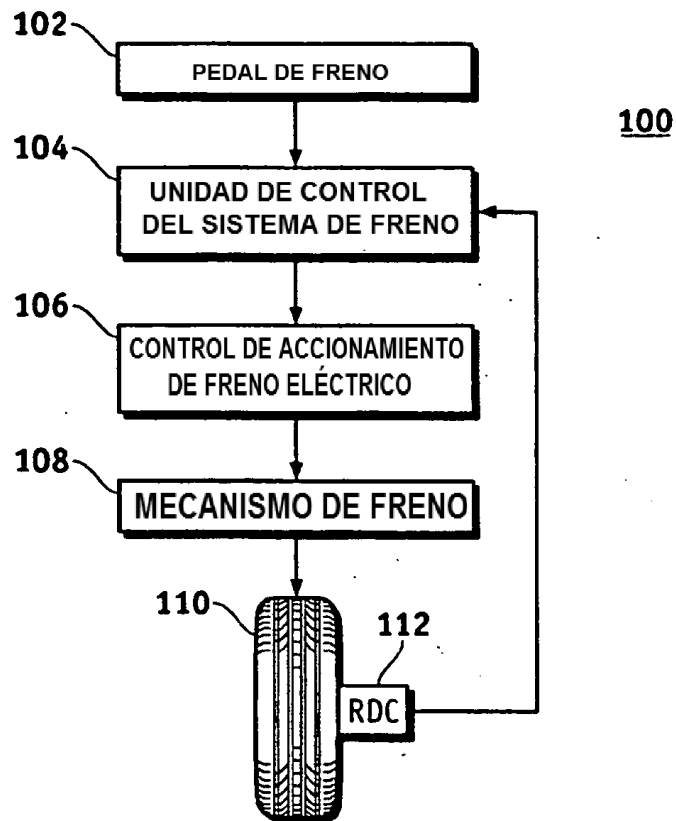


FIG. 1

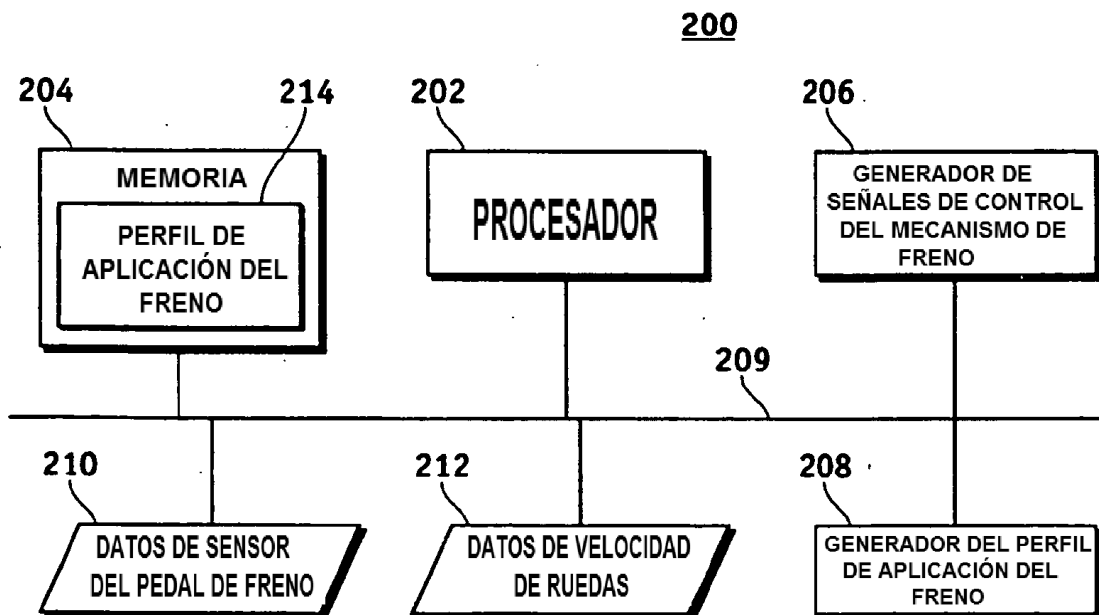


FIG. 2

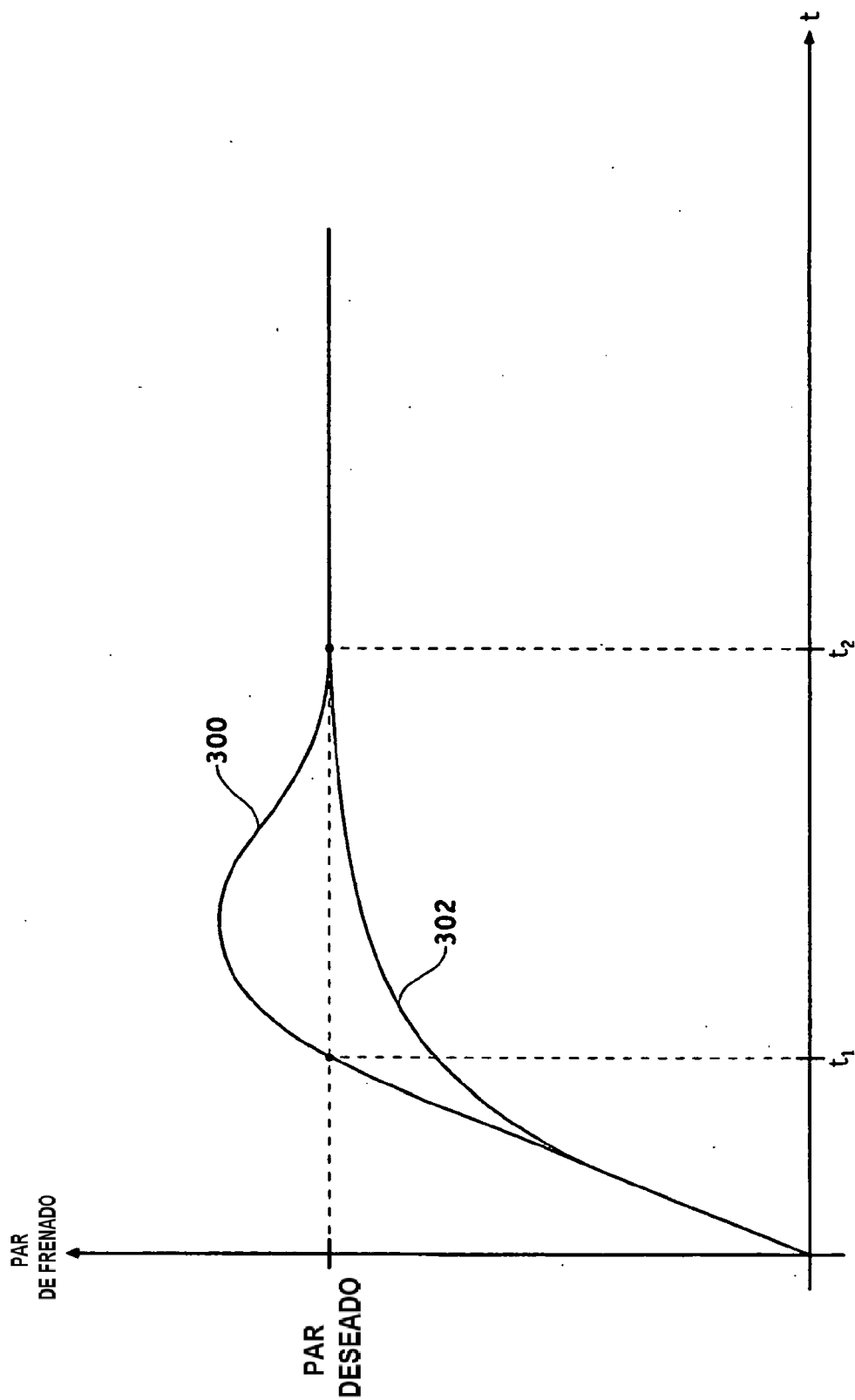


FIG. 3

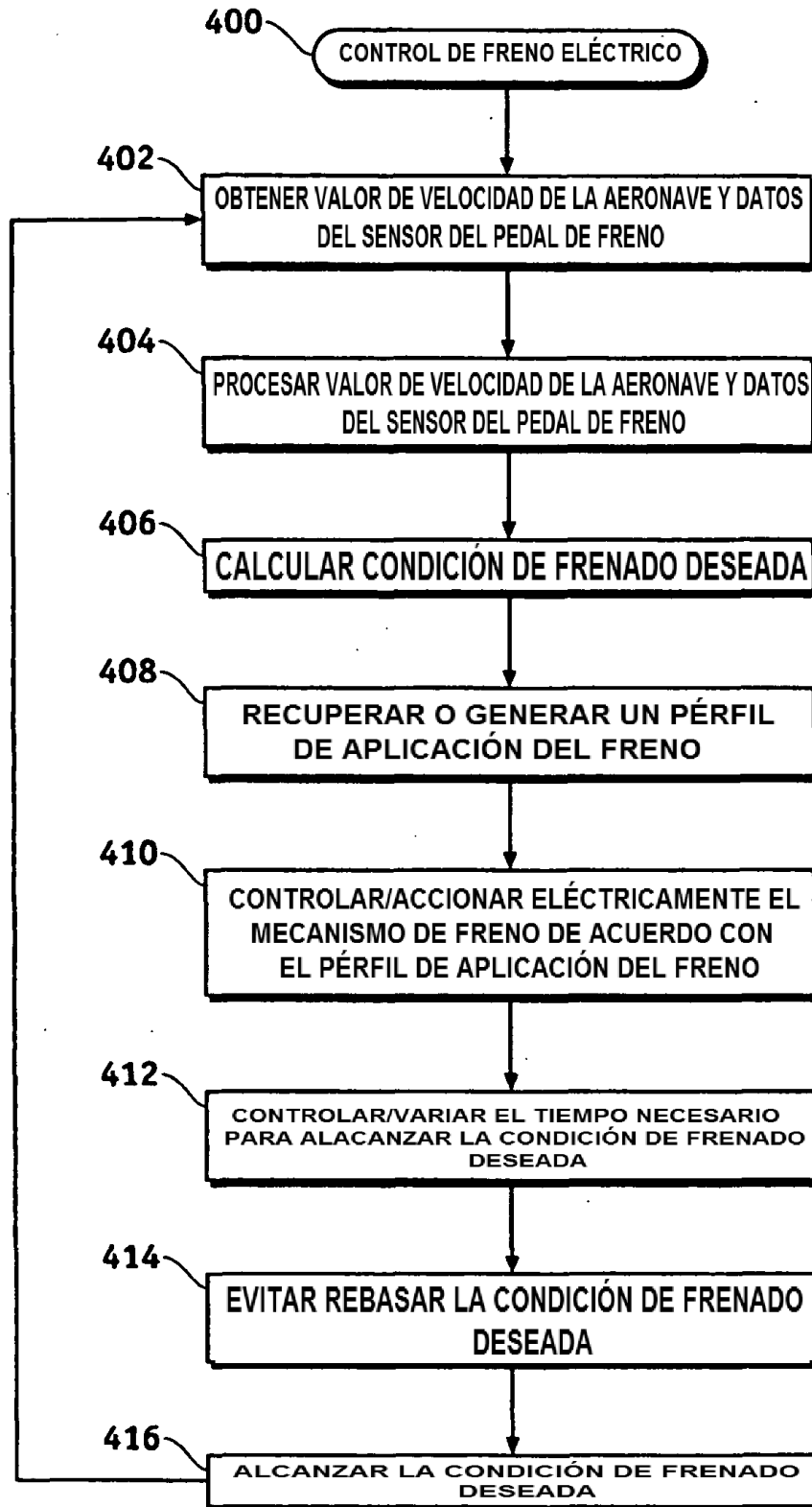


FIG. 4

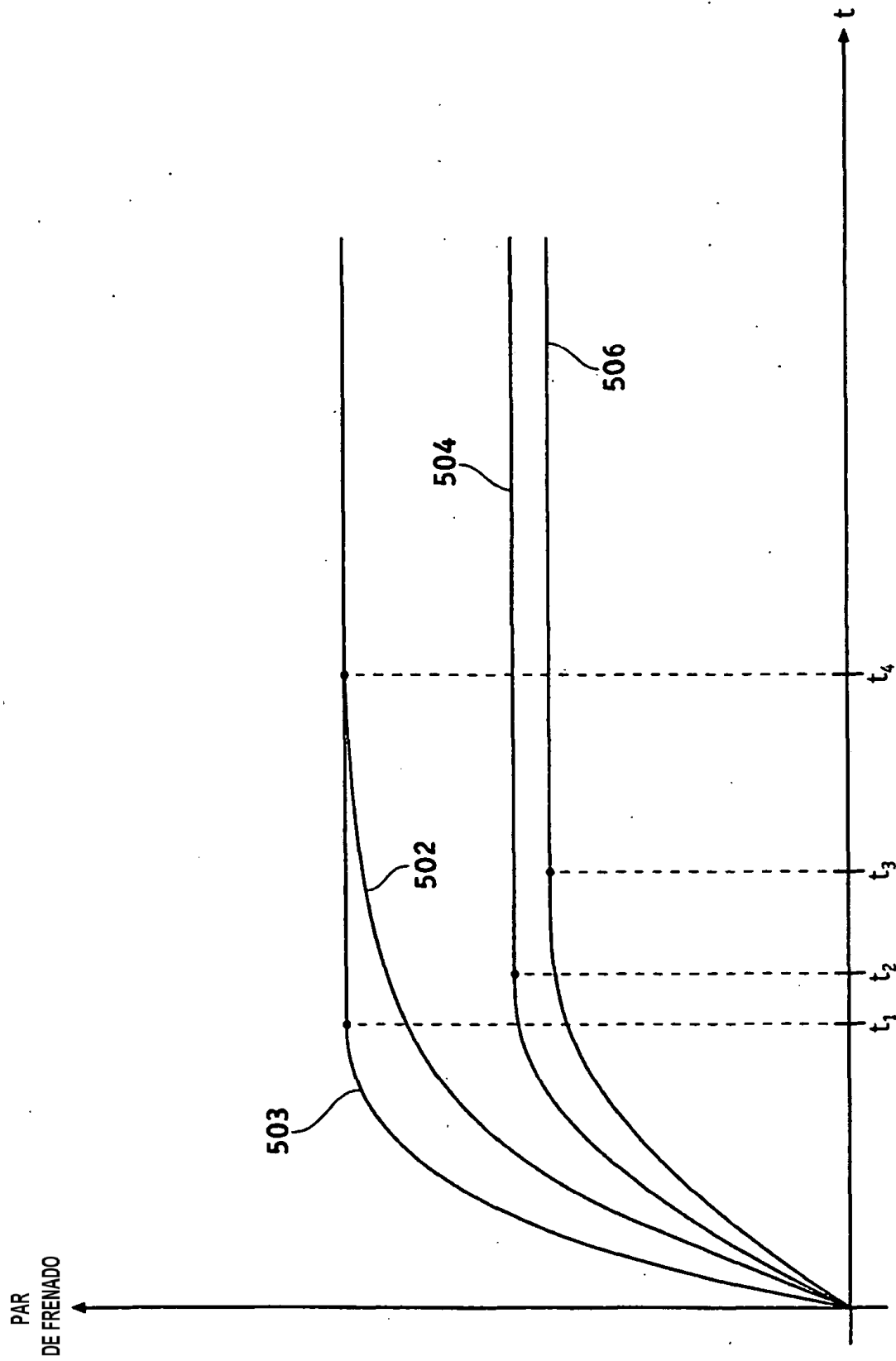


FIG. 5