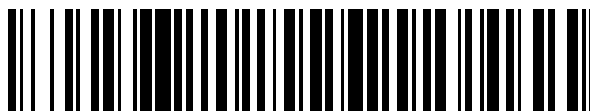


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 520 166**

51 Int. Cl.:

B60T 8/00 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2010** **E 10704250 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014** **EP 2391529**

54 Título: **Sistema de inhibición de frenos de rodaje**

30 Prioridad:

29.01.2009 US 148248 P

14.07.2009 US 225519 P

27.01.2010 US 695121

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.11.2014

73 Titular/es:

HYDRO-AIRE, INC. (100.0%)

**3000 Winona Avenue
Burbank, CA 91510, US**

72 Inventor/es:

**DEVLIEG, GARRETT H. y
GOWAN, JOHN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 520 166 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

Sistema de inhibición de frenos de rodaje

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere, en general, a sistemas de frenado de aeronave y, más en particular, pertenece a las mejoras en los sistemas de inhibición de frenos de rodaje que reducen el desgaste de los frenos de carbono.

10 Los frenos de carbono se instalan en muchas aeronaves modernas que están diseñadas para transportar muchos pasajeros o cargas útiles. Tales frenos se basan en el uso de un material de compuesto de carbono que sirve como material de fricción, así como un disipador de calor. Una pila de discos de rotor de carbono y discos de estator de carbono se disponen coaxialmente en una secuencia alterna a lo largo del eje de rueda donde los discos de rotor se introducen de manera giratoria en la rueda mientras que los discos de estator se introducen en el eje estacionario.

15 La fuerza de frenado se genera por la presurización de unos accionadores de pistón que están configurados para comprimir la pila entre una placa de presión y una placa de refuerzo para hacer de este modo que las superficies de fricción de los discos adyacentes se acoplen entre sí. Aunque se prefieren los frenos de carbono por razones de peso y rendimiento sobre los frenos de acero, el coste de sustituir la pila en función de los ciclos de aterrizaje entre las sustituciones es mucho mayor que para los frenos de acero.

20 En contraste con los frenos de acero convencionales, para los que la vida del freno se determina en gran medida por la cantidad total de energía que se absorbe, los frenos de carbono se desgastan en función del número de veces que se aplican los frenos, aunque el desgaste es mayor tras la aplicación inicial del freno cuando la temperatura de los frenos es baja. En consecuencia, la mayor parte del desgaste de los frenos de carbono tiende a producirse durante el rodaje, ya que los frenos pueden aplicarse de manera rutinaria docenas de veces en la negociación de las pistas de rodaje entre la pista de aterrizaje y la puerta de embarque y durante el tráfico stop-and-go que puede encontrarse en la cola para despegar.

30 Los sistemas de frenos se han diseñado para reducir el número de aplicaciones de freno y por lo tanto la tasa de desgaste de los frenos de carbono deshabilitando uno o más frenos durante las aplicaciones de freno de baja energía, es decir, durante el rodaje. Como tal, los frenos individuales se someten a un número más bajo de aplicaciones de freno mientras que el aumento de la carga de frenado durante cada aplicación no tiene ningún efecto adverso sobre el desgaste. Estos sistemas pueden basarse en la determinación de la secuencia de desactivaciones del freno, con el fin de lograr una tasa de desgaste uniforme entre las diversas ruedas frenadas sin comprometer la capacidad de detención y sin influir negativamente en la estabilidad de la aeronave. No obstante, estos sistemas pueden sufrir ciertas deficiencias, incluyendo cambios bruscos y desagradables en la velocidad de desaceleración ("golpes de desaceleración"), fuerzas de guiñada no deseadas que requieren un contraviraje, y cambios en la "sensación" de freno cuando se superan los umbrales de inhibición de frenos de rodaje.

40 Haciendo referencia a la figura 1, en el actual sistema de inhibición de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787, sin inhibición de frenos de rodaje en funcionamiento, funcionan todos los frenos de rodaje, y la energía de frenado o fuerza (F_B) de frenado de rodaje se distribuye simultáneamente a todos los frenos de aeronave del tren de aterrizaje, lo que da como resultado una "sensación" de pedal de freno normal. Sin embargo, como se ilustra en la figura 2, durante el funcionamiento del sistema de frenos de rodaje convencional de la aeronave Boeing 787 con un modo de inhibición de frenos de rodaje convencional en funcionamiento, en una primera configuración (1) de frenado, una primera mitad de los frenos funcionan con una energía de frenado o fuerza (F_B) de frenado de rodaje, y una segunda mitad de los frenos funcionan con cero energía de frenado o fuerza (F_B) de frenado de rodaje, y en una segunda configuración (2) de frenado, la segunda mitad de los frenos funcionan con una energía de frenado o fuerza (F_B) de frenado de rodaje, y la primera mitad de los frenos funcionan con cero energía de frenado o fuerza (F_B) de frenado de rodaje, y los frenos se alternan de esta manera en cada aplicación de frenado de rodaje normal para mejorar la vida de los frenos de carbono, de manera que se aplica dos veces el par la mitad del tiempo y la energía de frenado o fuerza (F_B) de frenado de rodaje se distribuye de este modo de manera uniforme a todos los frenos.

55 Sin embargo, como se ilustra en las figuras 3 y 4, que representan la fuerza (F_B) de frenado frente al desplazamiento (X_P) de pedal de freno correspondiente para el funcionamiento de los frenos de aeronave sin y con la implementación convencional de un modo de inhibición de frenos de rodaje, la aplicación de la mitad de los frenos durante el funcionamiento normal de los frenos de rodaje se implementa habitualmente de acuerdo con una curva específica de orden de fuerza (F_B) de frenado frente a aplicación (X_P) de pedal de freno, y da como resultado una "sensación" de pedal de freno que proporciona solo la mitad de la desaceleración de la aeronave por unidad de fuerza de pedal cuando la inhibición de frenos de rodaje está activa. Esto, a su vez, da como resultado la duplicación del cambio en la "sensación" de pedal de freno entre la inhibición de frenos de rodaje "ON" y "OFF", y la duplicación de una diferencia asimétrica en la "sensación" de pedal de freno cuando la inhibición de frenos de rodaje está en "ON" en un lado de la aeronave y en "OFF" en el otro. Además, como se ilustra en la figura 7, que muestra los gráficos de desplazamiento (X_P) de pedal frente a tiempo (t) transcurrido, y fuerza (F_B) de frenado frente a tiempo (t) transcurrido, debido a que la característica de inhibición de frenos de rodaje incorpora un umbral de orden de fuerza de frenado del 45% ajustable por encima del que se aplican los frenos inhibidos, se produce una duplicación del

“golpe” de desaceleración cada vez que se supera el “umbral del 45%”. Estos cambios en la “sensación” pueden ser muy grandes y desagradables.

Para cualquier implementación de inhibición de frenos de rodaje es necesario establecer un umbral de orden de fuerza de frenado por encima del que se desconecte la inhibición de frenos de rodaje. Esto garantiza que todos los frenos funcionen durante una parada de emergencia. Al establecer dicho umbral, debe establecerse lo suficientemente alto como para que no se supere el umbral durante el frenado de rodaje en servicio, porque se produce un “golpe de desaceleración” muy brusco y desagradable cuando los frenos inhibidos se vuelven activos de repente. Sin embargo, también debe establecerse lo suficientemente bajo como para que no se produzcan deslizamientos durante el frenado de rodaje en servicio debido a que se duplica la fuerza de frenado en los frenos “activos” para compensar que los otros frenos están “inhibidos”, ya que estos deslizamientos también provocarían “golpes de desaceleración” bruscos y desagradables. Determinadas características de inhibición de frenos de rodaje solo inhiben un tercio de los frenos al mismo tiempo, por lo que podría establecerse un umbral que cumpla ambos criterios, que sea lo suficientemente alto para evitar que se supere el umbral durante el frenado de rodaje normal, y sin embargo lo suficientemente bajo como para evitar la actividad de antideslizamiento. Otra característica de inhibición de frenos de rodaje inhibe la mitad de los frenos a la vez, y no puede establecerse un nivel de umbral que cumpla ambos criterios. Como resultado, la característica de inhibición de frenos de rodaje provocará golpes de desaceleración bruscos y desagradables durante el frenado de rodaje normal, o debido a la aplicación repentina de los frenos inactivos (umbral demasiado alto), o debido a la actividad de antideslizamiento (umbral demasiado bajo) o ambas.

Determinadas aeronaves incorporan dos unidades de control de sistema de frenos, una para los frenos en el lado derecho de la aeronave y la otra para los frenos en el lado izquierdo, y ninguna de las unidades de control de sistema de frenos (BSCU) conoce la aplicación de pedal de freno, el estado de freno desactivado, o el estado de fallo de antideslizamiento para los frenos en el otro lado. Esto crea desventajas para la característica de inhibición de frenos de rodaje porque se permite que un lado de la aeronave tenga operativa la inhibición de frenos de rodaje mientras que el otro lado no la tiene. Durante el tiempo que la inhibición de frenos de rodaje solo esté operativa en un lado de la aeronave habrá una diferencia muy significativa en la “sensación” de freno entre los dos lados de la aeronave, lo que hará que la aeronave tire hacia un lado durante el frenado de rodaje (hacia el lado donde están activos todos los frenos). Esto será muy desagradable para el piloto y también puede dar como resultado un desequilibrio de energía significativo entre los dos lados de la aeronave que el piloto intentará compensar con un viraje de morro.

Cuando la inhibición de frenos de rodaje está funcionando, el piloto siente una reducción de factor dos en la fuerza de frenado para una determinada aplicación del pedal de freno. Esto provocará una sensación “blanda” pronunciada en los pedales de freno. Por lo tanto, los pedales deben aplicarse el doble de fuerte para cada aplicación de frenado de rodaje, y la experiencia previa indica que esto será desagradable para el piloto. Además, la diferencia en la “sensación” de pedal entre el modo de inhibición de frenos de rodaje y el modo de frenado normal será muy pronunciada, indicando también la experiencia previa que será desagradable para el piloto.

Hay también un problema potencial con la protección contra el excesivo cabeceo delantero. Actualmente, esto se maneja mediante un algoritmo basado en tiempo en la curva de fuerza de frenado frente a aplicación de pedal de freno, y su implementación necesita redirigirse al incorporar la inhibición de frenos de rodaje, porque las dos características están relacionadas entre sí. Además, puede producirse un desgaste excesivo de los frenos durante el funcionamiento no normal de la característica de inhibición de frenos de rodaje, tal como durante la desactivación de un freno por un máximo de diez días (“FRENO DESACTIVADO”), la pérdida de la función de antideslizamiento en un freno (“ANTIDESLIZAMIENTO DELANTERO” o “ANTIDESLIZAMIENTO TRASERO”), la pérdida de frenado en un freno (“FRENO DELANTERO” o “FRENO TRASERO”), la pérdida de antideslizamiento en ambos frenos (“ESTADO DE ANTIDESLIZAMIENTO”), o la pérdida de frenado en ambos frenos (“CONTROLES DE FRENO”). Dos condiciones no normales también dan como resultado, habitualmente, bloqueos de ruedas al 50% de la desaceleración normal de la aeronave. También pueden producirse condiciones de fallo de freno electrónico adicionales que la unidad de control de sistema de frenos (BSCU) no monitorizará de manera habitual, lo que también dará como resultado uno o más de estos efectos de fallo. Sería deseable proporcionar un sistema de frenos de rodaje mejorado para la aeronave Boeing 787 que supere tales deficiencias de los sistemas de frenos de rodaje existentes. La presente invención satisface estas y otras necesidades.

El documento EP 0.384.071 A1 divulga un sistema para aumentar y/o ampliar la vida útil de funcionamiento de una pila de los discos de freno de aeronave limitando selectivamente el número de conjuntos de freno que comprende la configuración del tren de aterrizaje de la aeronave y que se ponen en funcionamiento durante el tiempo que la aeronave está en tierra y se somete a ciclos de frenado de rodaje a baja velocidad, mientras que también permite que todos los conjuntos de freno del total disponible en la aeronave estén operativos durante otras partes del ciclo de aterrizaje y despegue de la aeronave.

El documento EP 1.712.441 A1 divulga un sistema de control de frenos de aeronave para controlar el funcionamiento de una pluralidad de frenos de carbono. Cada freno incluye al menos un accionador de freno que responde a una señal de control de accionamiento eléctrico para aplicar una fuerza de apriete a una pila de discos

de freno para efectuar un par de frenado en una rueda de un vehículo. El sistema de control incluye un controlador para proporcionar señales de control de accionamiento eléctrico a uno o más de los accionadores de freno en respuesta a una señal de orden de freno de entrada de un piloto para efectuar la aplicación de la fuerza de apriete a la pila de discos de freno para efectuar una operación de frenado. El controlador de freno está configurado para el funcionamiento en modo de rodaje durante el rodaje de la aeronave para proporcionar señales de control de accionamiento eléctrico a uno o más de los accionadores de freno que hacen que alguno o todos los accionadores de freno proporcionen una luz continua de frenado durante el rodaje, aunque no se ordene al controlador mediante la señal de orden de freno de entrada del piloto que efectúe una operación de frenado.

10 Sumario de la invención

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave, de acuerdo con la reivindicación 1, y un método para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave, de acuerdo con la reivindicación 5.

Brevemente, y en términos generales, la presente invención proporciona un sistema y un método de inhibición de frenos de rodaje que resuelve el problema de las discontinuidades en la "sensación" de pedal, debido a la aplicación de una característica de inhibición de frenos de rodaje, añadiendo una nueva lógica de "sensación" de pedal. Más especialmente, la presente invención proporciona un sistema y un método de inhibición de frenos de rodaje que añade una nueva lógica de "sensación" de pedal en la que se ordena el doble de la fuerza de frenado para una aplicación de pedal de freno determinada cuando la inhibición de frenos de rodaje está activa. Aunque la mitad de los frenos se inhiben en ese momento, la "sensación" de pedal de freno general será la misma que cuando todos los frenos están activos.

La invención emplea dos curvas de fuerza de frenado frente a aplicación de pedal de freno diferentes para su uso en el frenado de la aeronave. Se usa una curva "normal" cuando la inhibición de frenos de rodaje está inactiva y se usa una curva de "inhibición de rodaje" cuando la inhibición de frenos de rodaje está activa. Esta última curva sirve para aplicar una fuerza de frenado adicional para una aplicación de pedal de freno determinada con el fin de compensar que los frenos estén desactivados. Como resultado, la aeronave se desacelerará a la misma velocidad para una aplicación de pedal de freno determinada independientemente de si la inhibición de frenos de rodaje está activa o inactiva. Además, se eliminarán las fuerzas de guiñada no deseadas en caso de que la inhibición de frenos de rodaje se active en un solo lado de la aeronave. Finalmente, el pedal de freno tendrá la misma "sensación" en cualquiera de los modos de funcionamiento.

La diferencia de factor entre la curva de "inhibición de rodaje" y la curva "normal" puede ajustarse para acabar con cualquier no-linealidad en la relación entre par de frenado frente a orden de fuerza de frenado para los frenos de carbono. La transición de la curva "normal" a la curva de "inhibición de rodaje" puede lograrse al instante, ya que se produce cuando no se están aplicando los frenos. Por otro lado, la forma de transición de la curva de "inhibición de rodaje" a la curva "normal" se logra a través de una función de transferencia ajustada para minimizar el cambio en la fuerza total de frenado durante la condición transitoria donde los frenos activos reducen su fuerza de frenado al mismo tiempo que se aplican los frenos inhibidos.

La presente invención también proporciona un sistema y un método que resuelve los problemas encontrados durante el funcionamiento no normal de la característica de inhibición de frenos de rodaje. Para un freno desactivado, se desconecta OFF la inhibición de frenos de rodaje, y debido a los requisitos para la partición BSCU, la inhibición de frenos de rodaje solo se desconecta OFF para el par de frenos delantero-trasero afectado. Para cualquier otra condición no normal la inhibición de frenos de rodaje permanece en ON. Durante las condiciones no normales, de acuerdo con la invención, la solución recomendada para los bloqueos de ruedas al 50% de la desaceleración normal de la aeronave es desconectar OFF la inhibición de frenos de rodaje en ambos pares de frenos delantero-trasero adyacentes si existe alguna condición no normal en cualquiera de los pares.

Además, de acuerdo con la presente invención, la unidad de control de sistema de frenos (BSCU) se modifica para leer los mensajes de estado del controlador de accionamiento de freno electrónico (EBAC) que indican el funcionamiento EBAC no normal, y para compartir el estado no normal entre los dos pares de frenos delantero-trasero en un tren de aterrizaje. Además, la característica de inhibición de frenos de rodaje se desconecta OFF en ambos pares de frenos delantero-trasero si existe alguna condición no normal en cualquiera de los pares.

En consecuencia, la presente invención proporciona un sistema para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave. El sistema de frenos de aeronave incluye al menos un tren de aterrizaje, y cada tren de aterrizaje incluye un par delantero de frenos de rueda y un par trasero de frenos de rueda. Durante el modo de inhibición de frenos de rodaje al menos alguno de los frenos de rueda se desactivan para el frenado a pesar de una orden de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada. El sistema para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje incluye al menos un controlador de accionamiento de freno electrónico conectado operativamente a al menos un tren de aterrizaje y configurado para controlar el funcionamiento de los pares delantero y trasero de frenos de rueda del tren de aterrizaje, y una unidad de control de

sistema de frenos operativa para recibir una orden de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada. La unidad de control de sistema de frenos está conectada al controlador de accionamiento de freno electrónico y es operativa para controlar el controlador de accionamiento de freno electrónico para generar una fuerza de frenado mayor que la fuerza de frenado ordenada de la orden de pedal de freno. En un aspecto preferido en la actualidad, la mitad de los frenos de rueda se desactivan durante el modo de inhibición de frenos de rodaje, y la unidad de control de sistema de frenos es operativa para controlar el controlador de accionamiento de freno electrónico para generar el doble de la fuerza de frenado ordenada de la orden de pedal de freno durante el modo de inhibición de frenos de rodaje.

En otro aspecto preferido en la actualidad, el controlador de accionamiento de freno electrónico es operativo para generar un mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal del controlador de accionamiento de freno electrónico, y la unidad de control de sistema de frenos está conectada al controlador de accionamiento de freno electrónico para recibir el mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal del controlador de accionamiento de freno electrónico. En otro aspecto preferido en la actualidad, la unidad de control de sistema de frenos es operativa para desconectar el modo de inhibición de frenos de rodaje en los pares delantero y trasero de frenos de rueda del tren de aterrizaje en respuesta al mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal del controlador de accionamiento de freno electrónico.

La presente invención también proporciona un método para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave, que implica generar una orden de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada para un par delantero de frenos de rueda y un par trasero de frenos de rueda de al menos un tren de aterrizaje, que reciben la orden de pedal de freno, y controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda del tren de aterrizaje para generar una fuerza de frenado mayor que la fuerza de frenado ordenada de la orden de pedal de freno para compensar, al menos en parte, que los frenos de rueda se desactiven durante el modo de inhibición de frenos de rodaje en respuesta a la orden de pedal de freno. En un aspecto preferido en la actualidad, la etapa de controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda incluye generar una fuerza de frenado ordenada de acuerdo con una primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado cuando el modo de inhibición de frenos de rodaje está inactivo, y controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda para generar una fuerza de frenado ordenada mayor que la orden de pedal de freno durante el modo de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con una segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado.

En otro aspecto preferido en la actualidad, la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado aplica el doble de la fuerza de frenado para una aplicación de pedal de freno determinada. En otro aspecto preferido en la actualidad, la etapa de controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda implica la transición desde la primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado cuando no se aplican los frenos de rueda. En otro aspecto preferido en la actualidad, la etapa de controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda implica la transición desde la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a la primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a través de una función de transferencia ajustada para minimizar un cambio en la fuerza total de frenado mientras que los frenos activos reducen su fuerza de frenado al mismo tiempo que aplican los frenos inhibidos. En otro aspecto preferido en la actualidad, la etapa de controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda implica la transición desde la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a la primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a través de un retraso de tiempo que se aproxima al retraso, tal como aproximadamente 0,3 segundos, por ejemplo, con el que vuelven a aplicarse los frenos desactivados. En otro aspecto preferido en la actualidad, la mitad de los frenos de rueda se desactivan durante el modo de inhibición de frenos de rodaje, y la etapa de controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda implica controlar el accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda para generar el doble de la fuerza de frenado ordenada de la orden de pedal de freno durante el modo de inhibición de frenos de rodaje.

En otro aspecto preferido en la actualidad, el método de la invención también implica generar un mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal del accionamiento del par delantero de frenos de rueda y el par trasero de frenos de rueda del tren de aterrizaje, recibir el mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal, y desconectar el modo de inhibición de frenos de rodaje en los pares delantero y trasero de frenos de rueda del tren de aterrizaje en respuesta al mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal.

Estas y otras características y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas que, consideradas junto con los dibujos adjuntos, ilustran a modo de ejemplo los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 sin la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 2 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave

Boeing 787 con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 3 es un diagrama que ilustra la "sensación" de pedal de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 sin la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 4 es un diagrama que ilustra la "sensación" de pedal de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 5 es un diagrama esquemático de un sistema que controla un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave, de acuerdo con la presente invención.

La figura 6 es un diagrama que ilustra la comparación de la "sensación" de pedal de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 con y sin la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 7 es un diagrama que ilustra la comparación del "golpe" de desaceleración de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 8 es un diagrama que ilustra la comparación del "golpe" de desaceleración de un sistema de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 9 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con un freno desactivado con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 10 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con un freno desactivado con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 11 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de antideslizamiento en un freno con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 12 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de antideslizamiento en un freno con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 13 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de aeronave de un Boeing 787 con una pérdida de frenado en un freno con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 14 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de frenado en un freno con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 15 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de antideslizamiento en un par de frenos delantero-trasero con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 16 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de antideslizamiento en un par de frenos delantero-trasero con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 17 es un diagrama que ilustra el funcionamiento de un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de frenado en un par de frenos delantero-trasero con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje convencional.

La figura 18 es un diagrama que ilustra el funcionamiento un freno de rodaje de la aeronave Boeing 787 con una pérdida de frenado en un par de frenos delantero-trasero con la aplicación de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

La figura 19 es una comparación resumida del funcionamiento convencional actual de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 y el funcionamiento de un sistema de inhibición de frenos de rodaje de la aeronave Boeing 787 de acuerdo con el sistema y el método de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Con referencia a los dibujos, que se proporcionan a modo de ejemplo, y no como limitación, la presente invención proporciona un sistema y un método para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de los frenos de aeronave. Haciendo referencia a la figura 5, el sistema 30 para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje durante el funcionamiento de los frenos de aeronave incluye habitualmente una unidad 32 de control de sistema de frenos (BSCU) configurada para controlar un controlador 34 de accionamiento de freno electrónico (EBAC), a la que la unidad de control de sistema de frenos se conecta eléctricamente por un bus 36 de sistema. A su vez, el controlador de accionamiento de freno electrónico está configurado para controlar el funcionamiento de un tren de aterrizaje, tal como un tren de 38 aterrizaje, que incluye un par delantero de frenos 40a, 40b de rueda, a los que se conecta el controlador de accionamiento de freno electrónico, y un par trasero de frenos 42a, 42b de rueda, a los que se conecta el controlador de accionamiento de freno electrónico. Por lo tanto, los pares de frenos de rueda delantero y trasero también forman grupos de un par delantero-trasero izquierdo de frenos 44 de rueda, y un par delantero-trasero derecho de frenos 46 de rueda. La posición del pedal 48 de freno de aeronave accionado por un piloto se lee habitualmente por un microcontrolador 50 que genera una señal 52 de orden de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada, y la señal de orden del pedal se recibe por la unidad de control de sistema de frenos. Los mensajes 54 de estado que indican el funcionamiento no normal del controlador de accionamiento de freno electrónico se reciben por la unidad de control de sistema de frenos a través del bus 56 de sistema.

El sistema y el método de la presente invención proporcionan una solución al problema de las discontinuidades en la “sensación” de pedal, debido a la aplicación de una característica de inhibición de frenos de rodaje, añadiendo una nueva lógica de “sensación” de pedal, en la que se ordena el doble de la fuerza de frenado para una aplicación de pedal de freno determinada cuando la inhibición de frenos de rodaje está activa. Aunque la mitad de los frenos se inhiben en ese momento, la “sensación” de pedal de freno general será la misma que cuando todos los frenos están activos.

La siguiente lógica simple implementa esta característica:

Lógica de inhibición de frenos de rodaje (TBI) para cada lado de la aeronave:

Lógica:

“Habilitar TBI” permite la TBI en los pares de frenos tanto delantero como trasero en ese lado de la aeronave SI:

- La orden de fuerza de frenado es <50%, Y
- La velocidad es <45 nudos, Y
- No se aplican los frenos automáticos de aterrizaje, Y
- No se aplican los frenos automáticos RTO, Y
- Ningún freno está “Desactivado”, Y
- Ningún freno indica un “Fallo de antideslizamiento”, Y
- O bien: La aplicación de pedal de freno es <10%, O, se presenta la orden “Habilitar TBI”.
- “TBI delantera On” inhibe la aplicación del par de frenos delantero (es decir, permite la TBI en el par de frenos delantero) SI:
- Se presenta una orden de “Habilitar TBI”, Y
- “Seleccionar par de frenos” está en “On” (es decir, se ha seleccionado el par de frenos delantero), Y
- No se presenta la orden “TBI trasera On”, Y
- O bien: La aplicación de pedal de freno es >20%, O, se presenta la orden “TBI delantera On”.
- “TBI trasera On” inhibe la aplicación del par de frenos trasero (es decir, habilita TBI en el par de frenos trasero) SI:
- Se presenta una orden de “Habilitar TBI”, Y
- “Seleccionar par de frenos” está en “Off” (es decir se ha seleccionado el par de frenos trasero), Y
- No se presenta la orden “TBI delantera On”, Y
- O bien: La aplicación de pedal de freno es >20%, O, se presenta la orden “TBI trasera On”.
- “Seleccionar par de frenos” Cada vez que la BSCU está encendida, se selecciona o el par de frenos delantero o el trasero, pero nunca ambos:

Cuando “Seleccionar par de frenos” está en “On” se selecciona el par de frenos delantero. Cuando “Seleccionar par de frenos” está en “Off” se selecciona el par de frenos trasero. “Seleccionar par de frenos” se establece inicialmente en “On” en el encendido de la BSCU (esta selección de manera arbitraria el par de frenos delantero para empezar).

- Se ordena “Seleccionar par de frenos” en “Off” (es decir, se selecciona el par de frenos trasero) cuando: se presenta en primer lugar la orden “TBI delantera On”, ENTONCES, la aplicación de pedal de freno es <10%
- Se ordena “Seleccionar par de frenos” en “On” (es decir, se selecciona el par de frenos delantero) cuando: se presenta en primer lugar la orden “TBI trasera On”, ENTONCES, la aplicación de pedal de freno es <10%
- Eliminación de rebote: debe “eliminarse el rebote” en cada una de las señales lógicas anteriores para evitar que una señal espuria momentánea ejecute la lógica. Por ejemplo, la señal “aplicación de pedal de freno > 50%” se presenta durante 5 o 10 veces antes de reconocerse como válida.

Características:

- La lógica “Habilitar TBI” garantiza que la inhibición de frenos de rodaje solo esté activa durante el frenado de rodaje normal. Si no se presenta la orden “Habilitar TBI”, la característica de inhibición de frenos de rodaje no es operativa (es decir, todos los frenos son completamente operativos). La orden “Habilitar TBI” no se presenta cuando se produce cualquiera de las siguientes condiciones:

- 1) Cada vez que la orden de fuerza de frenado del pedal de freno supera el 50% (Esto garantiza que todos los frenos estén activos para paradas de emergencia).
- 2) La velocidad de la aeronave supera los 45 nudos. (Esto garantiza que todos los frenos funcionen durante las paradas de energía más alta de manera que la energía más alta se distribuya por igual entre todos los frenos).
- 3) Se aplican los frenos automáticos de aterrizaje o RTO. (Esto garantiza que todos los frenos funcionen

durante las paradas de energía más alta de manera que la energía más alta se distribuya por igual entre todos los frenos).

4) Cualquier freno está desactivado (Esto garantiza que la “sensación” de freno no cambie con cada aplicación de freno de rodaje sucesiva. Esto también garantiza que el otro freno en el mismo eje no conozca la energía de rodaje doble y la fuerza de frenado en un freno multiplique por 4 veces su valor de “no-inhibición” para compensar que su eje complementario no sea operativo. Obsérvese que el funcionamiento con un freno desactivado es un caso poco frecuente, de modo que la desconexión de la inhibición de frenos de rodaje durante la desactivación de freno no afecta significativamente al desgaste general de los frenos).

5) Cualquier freno tiene un fallo de antideslizamiento (Esto garantiza que los bloqueos de ruedas no se produzcan como resultado de que la fuerza de frenado en los dos frenos “activos” sea 2 veces mayor que su valor de “no-inhibición” para compensar que se inhiban los otros dos frenos. Desconectar la inhibición de frenos de rodaje en todos los cuatro frenos de un lado, incluso si se produce un fallo de antideslizamiento en un solo freno, garantiza que la “sensación” de freno no cambie con cada aplicación de freno de rodaje sucesiva. Obsérvese que funcionar con un fallo de antideslizamiento es un caso poco frecuente, de modo que la desconexión de la inhibición de frenos de rodaje cuando se presenta un fallo de antideslizamiento no debería afectar significativamente al desgaste general de los frenos).

6) La aplicación de pedal de freno desciende por debajo del 10%, O, se presenta la orden “Habilitar TBI” (Esto garantiza que cuando se aplica el frenado manual por encima de 45 nudos, la inhibición de frenos de rodaje no se accionará de repente a continuación, liberando la mitad de los frenos a medida que la aeronave desacelera a 45 nudos. Una vez que la aeronave está por debajo de 45 nudos y se libera el pedal de freno, la inhibición de frenos de rodaje se activará a continuación para cada aplicación posterior del freno de rodaje “normal”. Esta lógica también garantiza que después de una aplicación de freno manual de “emergencia”, donde todos los frenos están activos, todos los frenos se mantendrán activos hasta que se libere el pedal de freno. Entonces, puede reanudarse la inhibición de frenos de rodaje para cada aplicación posterior del freno de rodaje).

7) La lógica “TBI delantera On” y “TBI trasera On” inhibe alternativamente el par de frenos delantero y trasero de lado a lado en un lado de la aeronave, siempre que se cumplan todas las condiciones de “Habilitar TBI”. Esto reduce el número de frenos que están activos durante una aplicación de freno de rodaje típica, reduciendo de este modo el desgaste de los frenos. Si se selecciona, uno (y solo uno) de los dos pares de frenos se inhibe de la aplicación cuando se aplica el pedal de freno lo suficiente para ordenar la aplicación de freno. Una vez inhibido, el par de frenos permanece acoplado en la condición de “inhibición” hasta que ya no se presenta “Habilitar TBI” (por ejemplo, fallo de antideslizamiento, frenado de emergencia aplicado, etc.) o hasta que se libera el pedal de freno (lo que hace que la lógica “Seleccionar par de frenos” deselectione ese par de frenos y seleccione el otro par de frenos para inhibirse en la siguiente aplicación de rodaje). Una aplicación de freno se define como el ángulo de pedal que supera el 20%, y una liberación de freno se define como el ángulo de pedal que desciende por debajo del 10%. Estos valores son, por supuesto, ajustables pero deben permanecer razonablemente separados para evitar una “lógica de aleteo” cuando el pedal de freno se encuentra cerca de la liberación de freno.

8) La lógica “Seleccionar par de frenos” siempre selecciona o el par de frenos delantero o el trasero para la TBI, pero nunca ambos. La lógica selecciona arbitrariamente el par de frenos delantero en el encendido de la BSCU, a continuación cambia al otro par cada vez que se aplica la inhibición de frenos de rodaje a un par de frenos y, a continuación, se libera el pedal de freno. Esto hace que la inhibición de frenos de rodaje se alterne entre los pares de frenos delantero y trasero que se inhiben en cada aplicación de pedal de freno de rodaje sucesiva para promover el equilibrio de energía.

Haciendo referencia a las figuras 3-4 y 6, la presente invención:

- Incorpora dos curvas de fuerza de frenado frente a aplicación de pedal de freno.
- Una curva es la curva “Normal” que se incorpora en la actualidad. Esta curva se usa cada vez que la inhibición de frenos de rodaje no está activa.
- La otra curva es una curva de “Inhibición de rodaje”. Esta curva aplica el doble de la fuerza de frenado para una aplicación de pedal de freno determinada y se usa cada vez que la inhibición de frenos de rodaje está activa. El factor de diferencia entre las curvas de “Inhibición de rodaje” y “Normal” puede ajustarse para acabar con cualquier no-linealidad en la relación entre par de frenado frente a orden de fuerza de frenado para los frenos de carbono.
- La transición de la curva “Normal” a la curva de “Inhibición de rodaje” puede hacerse al instante, ya que se produce cuando no se aplican los frenos.
- La transición de la curva de “Inhibición de rodaje” a la curva “Normal” debe hacerse a través de una “función de transferencia” ajustada para minimizar el cambio en la fuerza total de frenado durante la condición transitoria donde los dos frenos activos reducen su fuerza de frenado al mismo tiempo que se aplican los dos frenos inhibidos. La “función de transferencia” sería la transición de la curva de “Inhibición de rodaje” de vuelta a la curva “Normal” a través de una relación de curva frente a tiempo, de tal manera que la fuerza de frenado en los dos frenos que se habían aplicado a través de la curva de “Inhibición de rodaje” reducen su fuerza de frenado a la misma velocidad que se aplica la fuerza de frenado en los dos frenos que se habían liberado. Esto debería ser fácil de hacer en un punto donde el golpe de desaceleración se reduce a un nivel que no es desagradable.

Características:

- No debe haber ningún golpe de desaceleración significativo cuando la aplicación de pedal de freno supere el “umbral” de fuerza de frenado y los frenos previamente inhibidos se activen de repente. La relación entre la fuerza total de frenado y la aplicación de pedal de freno sería la misma antes y después de que se supere el umbral, y la “función de transferencia” minimizaría o eliminaría virtualmente cualquier golpe de desaceleración que se produjera durante la transición. Esto tendría la ventaja añadida de permitir que el umbral de fuerza de frenado se estableciera más bajo, para minimizar la exposición al deslizamiento durante el frenado de rodaje normal, sin presentar un golpe de desaceleración cuando se supera el umbral. Por lo tanto, puede establecerse un único valor de “umbral” que cumple ambos criterios para el umbral.
- El resultado es que la tripulación de vuelo debería experimentar un frenado de rodaje mucho más suave sin “golpes de desaceleración” desagradables debidos a la actividad de deslizamiento o cuando se aplica un frenado más fuerte.
- Ya no sería un problema asociado que la inhibición de frenos de rodaje estuviera activa en un lado de la aeronave y que no estuviera activa en el otro lado. Aunque la sensación de pedal frente a la fuerza total de frenado para cada lado de la aeronave sigue siendo la misma de cualquier manera, la tripulación de vuelo no experimenta ningún cambio en el manejo de la aeronave durante este tiempo, y se elimina el problema del equilibrio de energía entre los dos lados de la aeronave.
- El resultado es que la tripulación de vuelo no debería experimentar una diferencia significativa y desagradable en la sensación de freno entre los dos lados de la aeronave en los momentos en que una BSCU está en modo de inhibición de frenos de rodaje y la otra no lo está.
- Debe haber una diferencia insignificante en la “sensación” de pedal de freno entre el frenado “Normal” y el frenado de “Inhibición de rodaje”.
- El resultado es que la tripulación de vuelo no debería experimentar una sensación “blanda” durante el frenado de rodaje, y puede proporcionarse una única sensación de pedal óptima tanto en el modo “Normal” como en el de “Inhibición de rodaje”.

Cuando se ordena una inhibición de frenos de rodaje “ON”, se ordena el doble de la fuerza de frenado “normal”. Esto no provocará un “golpe” de desaceleración, debido a que esta transición solo se produce cuando no se aplican los frenos. Por el contrario, como se ilustra en la figura 8, que muestra los gráficos de desplazamiento (X_p) de pedal frente a tiempo (t) transcurrido, y fuerza (F_B) de frenado frente a tiempo (t) transcurrido, una manera de mitigar el problema de un “golpe” de desaceleración cuando se ordena una inhibición de frenos de rodaje “OFF” cada vez que se supera el “Umbral del 45%”, es volver a ordenar la transición de la duplicación de la fuerza de frenado a “normal” a través de un retraso de tiempo que se aproxima al retraso con el que vuelven a aplicarse los frenos inhibidos (en el orden de 0,3 segundos). Sin retraso de tiempo, esta transición provocaría un “golpe” de desaceleración comparable a un ciclo de antideslizamiento. El retraso de tiempo reduce el “golpe” de desaceleración a un nivel que es tan pequeño como para ser imperceptible.

Como se ilustra en las figuras 3, 4 y 6, la nueva lógica de “sensación” de pedal propuesta resuelve por completo el problema de que la “sensación” de pedal de freno sea siempre la misma, tanto si la inhibición de frenos de rodaje está en “ON” o en “OFF”. Ya no hay un gran cambio en la “sensación” de pedal de freno entre los tiempos cuando la inhibición de frenos de rodaje está en “ON” y en “OFF”; ya no hay un gran diferencia asimétrica en la “sensación” de pedal de freno cuando la inhibición de frenos de rodaje está en “ON” en un lado de la aeronave y en “OFF” en el otro; y ya no hay un gran “golpe” de desaceleración cada vez que se supera el “Umbral del 45%”.

Puede producirse un desgaste excesivo de los frenos durante el funcionamiento no normal de la característica de inhibición de frenos de rodaje, tal como durante la desactivación de un freno por un máximo de diez días (“FRENO DESACTIVADO”), la pérdida de la función de antideslizamiento en un freno (“ANTIDESLIZAMIENTO DELANTERO” o “ANTIDESLIZAMIENTO TRASERO”), la pérdida de frenado en un freno (“FRENO DELANTERO” o “FRENO TRASERO”), la pérdida de antideslizamiento para ambos frenos (“ESTADO DE ANTIDESLIZAMIENTO”), o la pérdida de frenado en ambos frenos (“CONTROLES DE FRENO”). Durante la desactivación de un freno por un máximo de diez días (“FRENO DESACTIVADO”), ilustrada en la figura 9, un freno puede llegar a calentarse dos veces más debido al uso continuo durante el frenado de rodaje. Durante la pérdida de la función de antideslizamiento en un freno (“ANTIDESLIZAMIENTO DELANTERO” o “ANTIDESLIZAMIENTO TRASERO”), ilustrada en la figura 11, un freno puede llegar a calentarse dos veces más, entre 25 y 45 nudos un freno puede aplicar cuatro veces el par normal, y a menos de 25 nudos un freno puede bloquearse a la mitad de la desaceleración normal. Durante la pérdida de frenado en un freno (“FRENO DELANTERO” o “FRENO TRASERO”), ilustrada en la figura 13, un freno puede llegar a calentarse dos veces más debido al uso continuado durante el rodaje de frenado y un freno puede aplicar cuatro veces el par normal. Durante la pérdida de antideslizamiento en ambos frenos (“ESTADO DE ANTIDESLIZAMIENTO”), ilustrada en la figura 15, dos frenos pueden bloquearse a la mitad de la desaceleración normal. Durante la pérdida de frenado en ambos frenos de un par delantero y trasero de frenos (“CONTROLES DE FRENO”), ilustrada en la figura 17, dos frenos pueden llegar a calentarse dos veces más, y dos frenos pueden aplicar cuatro veces el par normal. También pueden producirse condiciones de fallo de freno electrónico adicionales que la unidad de control de sistema de frenos (BSCU) no suele controlar, lo que también da como resultado uno o más de estos efectos de fallo.

Para la condición de inhibición de frenos de rodaje no normal, Freno desactivado, se desconecta OFF la inhibición de frenos de rodaje y, debido a los requisitos para la partición BSCU, la inhibición de frenos de rodaje solo se desconecta OFF en el par de frenos delantero-trasero afectado. Para cualquier otra condición no normal, la inhibición de frenos de rodaje permanece en ON. Esto hace que el funcionamiento de inhibición de frenos de rodaje no normal de la aeronave Boeing 787 sea mucho menos benigno que en cualquier otro modelo. Haciendo referencia a las figuras 9, 11, 13, 15 y 17, y como se resume en la figura 19, todas las condiciones de inhibición de frenos de rodaje no normales excepto una dan como resultado una duplicación del sobrecalentamiento de frenos durante el frenado de rodaje (es decir, la misma duplicación del sobrecalentamiento de frenos que se produciría si la inhibición de frenos de rodaje siempre inhibiera los mismos frenos). Todas las condiciones de inhibición de frenos de rodaje no normales excepto dos dan como resultado que solo funcione un freno en un tren de aterrizaje, aplicando dicho freno cuatro veces el par normal. Dos condiciones de inhibición de frenos de rodaje no normales dan como resultado bloqueos de ruedas al 50% de la desaceleración normal de la aeronave. Durante las condiciones de inhibición de frenos de rodaje no normales, de acuerdo con la invención, la solución recomendada será desconectar OFF la inhibición de frenos de rodaje en ambos pares de frenos delantero-trasero adyacentes si existe una condición de inhibición de frenos de rodaje no normal en cualquiera de los pares.

En el sistema de frenos de rodaje de la invención, los problemas de funcionamiento de inhibición de frenos de rodaje no normal anteriores pueden resolverse haciendo que la BSCU lea los mensajes de estado del controlador de accionamiento de freno electrónico (EBAC) que indican el funcionamiento EBAC no normal, como se ilustra en la figura 5, ya que estos mensajes están habitualmente disponibles en el bus. La partición BSCU también debe modificarse para compartir el estado de inhibición de frenos de rodaje no normal entre los dos pares de frenos delantero-trasero en un tren de aterrizaje, y la característica de inhibición de frenos de rodaje debe desconectarse OFF en ambos pares de frenos delantero-trasero adyacentes si existe una condición de inhibición de frenos de rodaje no normal en cualquiera de los pares.

Durante la desactivación de un freno por un máximo de diez días ("FRENO DESACTIVADO"), ilustrada en la figura 10, tres frenos pueden llegar a calentarse un 33% más. Durante la pérdida de la función de antideslizamiento en un freno ("ANTIDESLIZAMIENTO DELANTERO" o "ANTIDESLIZAMIENTO TRASERO"), ilustrada en la figura 12, a menos de 25 nudos un freno puede bloquearse en la desaceleración normal. Durante la pérdida de frenado en un freno ("FRENO DELANTERO" o "FRENO TRASERO"), ilustrada en la figura 14, tres frenos pueden llegar a calentarse un 33% más. Durante la pérdida de antideslizamiento en ambos frenos ("ESTADO DE ANTIDESLIZAMIENTO"), ilustrada en la figura 16, dos frenos pueden bloquearse en la desaceleración normal. Durante la pérdida de frenado en ambos frenos de un par de frenos delantero y trasero, ("CONTROLES DE FRENO"), ilustrada en la figura 18, dos frenos pueden llegar a calentarse dos veces más, y dos frenos pueden aplicar dos veces el par normal.

Estas modificaciones resuelven por completo los problemas asociados con el funcionamiento no normal de la característica de inhibición de frenos de rodaje, y con estas modificaciones, las consecuencias del funcionamiento no normal de la característica de inhibición de frenos de rodaje son benignas. Además, desconectando OFF la inhibición de frenos de rodaje durante el funcionamiento "No normal" no se influye materialmente en su duración o la vida de los frenos de carbono, ya que el funcionamiento "No normal" se produce habitualmente solo durante un pequeño porcentaje del tiempo.

En vista de lo anterior, debe apreciarse que implementando el sistema y el método de acuerdo con la invención, la nueva lógica de "sensación" de pedal propuesta resuelve por completo el problema de las discontinuidades en la "sensación" de pedal freno, ya que la "sensación" de pedal freno será siempre la misma, tanto si la inhibición de frenos de rodaje está en "ON" o en "OFF". Ya no hay un gran cambio en la "sensación" de pedal de freno entre los momentos cuando la inhibición de frenos de rodaje está en "ON" y en "OFF"; ya no hay una gran diferencia asimétrica en la "sensación" de pedal de freno cuando la inhibición de frenos de rodaje está en "ON" en un lado de la aeronave y en "OFF" en el otro; y ya no hay un gran "golpe" de desaceleración cada vez que se supera el "Umbral del 45%". También debe apreciarse que implementando el sistema y el método de acuerdo con la invención, durante el funcionamiento no normal de la inhibición de frenos de rodaje, se eliminarían los importantes problemas de sobrecalentamiento de frenos debidos a la duplicación del sobrecalentamiento de frenos durante el frenado de rodaje, la aplicación de cuatro veces el par de frenado normal, como cuando solo se aplica un freno en un tren de aterrizaje, y la exposición a los bloqueos de ruedas.

Aunque se han descrito e ilustrado las formas específicas de la invención, también será evidente para los expertos en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones sin alejarse del alcance de la invención. En consecuencia, no se pretende que la invención esté limitada, excepto por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (30) para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave, incluyendo el sistema de frenos de aeronave:

al menos un tren (38) de aterrizaje, incluyendo cada al menos un tren (38) de aterrizaje mencionado un par delantero de frenos (40a, 40b) de rueda y un par trasero de frenos (42a, 42b) de rueda, desactivándose al menos alguno de dichos frenos (40a, 40b, 42a, 42b) de rueda para el frenado a pesar de una orden (52) de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje, al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico conectado operativamente a dicho al menos un tren (38) de aterrizaje y configurado para controlar el funcionamiento de dichos pares delantero y trasero de frenos de rueda de dicho al menos un tren (38) de aterrizaje; y una unidad (32) de control de sistema de frenos operativa para recibir una orden (52) de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada, conectándose dicha unidad (32) de control de sistema de frenos a dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico, **caracterizado por que** dicha unidad (32) de control de sistema de frenos es operativa para controlar dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico para generar una fuerza de frenado mayor que la fuerza de frenado ordenada de la orden (52) de pedal de freno.

2. El sistema de la reivindicación 1, donde la mitad de dichos frenos (40a, 40b, 42a, 42b) de rueda se desactivan durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje, y dicha unidad (32) de control de sistema de frenos es operativa para controlar dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico para generar el doble de la fuerza de frenado ordenada de la orden (52) de pedal de freno durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje.

3. El sistema de la reivindicación 1, donde dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico es operativo para generar un mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal de dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico, y dicha unidad (32) de control de sistema de frenos está conectada a dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico para recibir dicho mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal de dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico.

4. El sistema de la reivindicación 3, donde dicha unidad (32) de control de sistema de frenos es operativa para desconectar el modo de inhibición de frenos de rodaje en dichos pares delantero y trasero de frenos de rueda de dicho al menos un tren (38) de aterrizaje en respuesta a dicho mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal de dicho al menos un controlador (34) de accionamiento de freno electrónico.

5. Un método para controlar un modo de inhibición de frenos de rodaje de funcionamiento de un sistema de frenos de aeronave, incluyendo el sistema de frenos de aeronave al menos un tren (38) de aterrizaje, incluyendo cada al menos un tren (38) de aterrizaje mencionado un par delantero de frenos de rueda y un par trasero de frenos de rueda, desactivándose al menos alguno de dichos frenos (40a, 40b, 42a, 42b) de rueda para el frenado a pesar de una orden (52) de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje, comprendiendo el método:

generar una orden (52) de pedal de freno para una fuerza de frenado ordenada para un par delantero de frenos de rueda y un par trasero de frenos de rueda de al menos un tren (38) de aterrizaje; y recibir dicha orden (52) de pedal de freno, **caracterizado por que** el método comprende, además, controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda de dicho al menos un tren (38) de aterrizaje para generar una fuerza de frenado mayor que la fuerza de frenado ordenada de la orden (52) de pedal de freno para compensar que al menos alguno de dichos frenos (40a, 40b, 42a, 42b) de rueda se desactivan durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje en respuesta a dicha orden (52) de pedal de freno.

6. El método de la reivindicación 5, donde dicha etapa de controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda comprende generar una fuerza de frenado ordenada de acuerdo con una primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado cuando el modo de inhibición de frenos de rodaje está inactivo, y controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda para generar una fuerza de frenado ordenada mayor que la orden (52) de pedal de freno durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje de acuerdo con una segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado.

7. El método de la reivindicación 6, donde dicha segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado aplica el doble de la fuerza de frenado para una aplicación de pedal de freno determinada.

8. El método de la reivindicación 6, donde dicha etapa de controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda comprende la transición desde la primera curva de orden de

pedal frente a fuerza de frenado a la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado cuando no se aplican los frenos de rueda.

- 5 9. El método de la reivindicación 6, donde dicha etapa de controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda comprende la transición desde la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a la primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a través de una función de transferencia ajustada para minimizar un cambio en la fuerza total de frenado mientras que los frenos activos reducen su fuerza de frenado al mismo tiempo que se aplican los frenos inhibidos.
- 10 10. El método de la reivindicación 6, donde dicha etapa de controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda comprende la transición desde la segunda curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a la primera curva de orden de pedal frente a fuerza de frenado a través de un retraso de tiempo que se aproxima a un retraso con el que vuelven a aplicarse los frenos desactivados.
- 15 11. El método de la reivindicación 10, donde dicho retraso es de aproximadamente 0,3 segundos.
12. El método de la reivindicación 5, donde la mitad de dichos frenos (40a, 40b, 42a, 42b) de rueda se desactivan durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje, y dicha etapa de controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda comprende controlar el accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda para generar el doble de la fuerza de frenado ordenada de la orden (52) de pedal de freno durante dicho modo de inhibición de frenos de rodaje.
- 20 13. El método de la reivindicación 5, que comprende además las etapas de:
- 25 generar un mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal del accionamiento de dicho par delantero de frenos de rueda y dicho par trasero de frenos de rueda de dicho al menos un tren (38) de aterrizaje; recibir dicho mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal; y desconectar el modo de inhibición de frenos de rodaje en dichos pares delantero y trasero de frenos de rueda de dicho al menos un tren (38) de aterrizaje en respuesta a dicho mensaje de estado que indica el funcionamiento no normal.
- 30

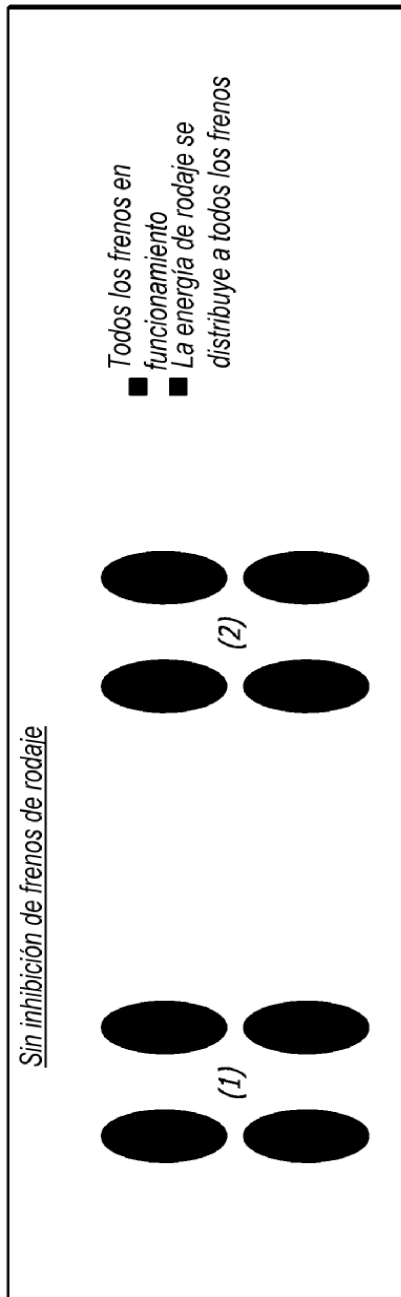


FIG. 1
(Técnica anterior)

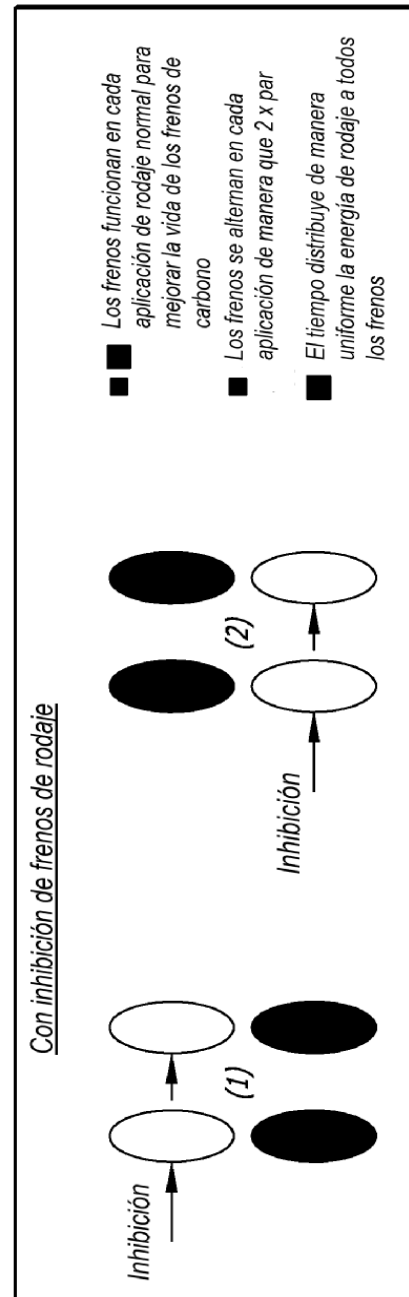


FIG. 2
(Técnica anterior)

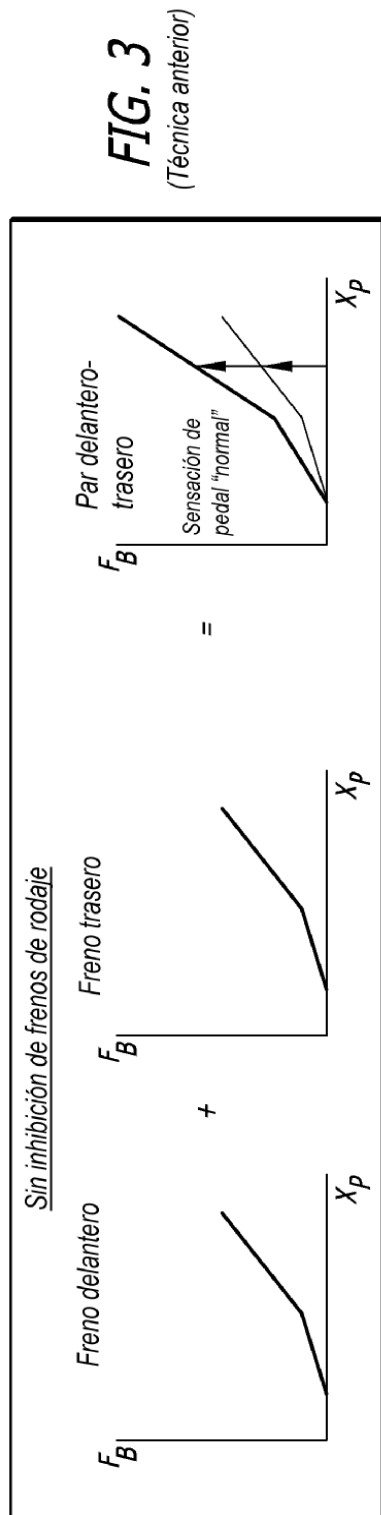


FIG. 3
(Técnica anterior)

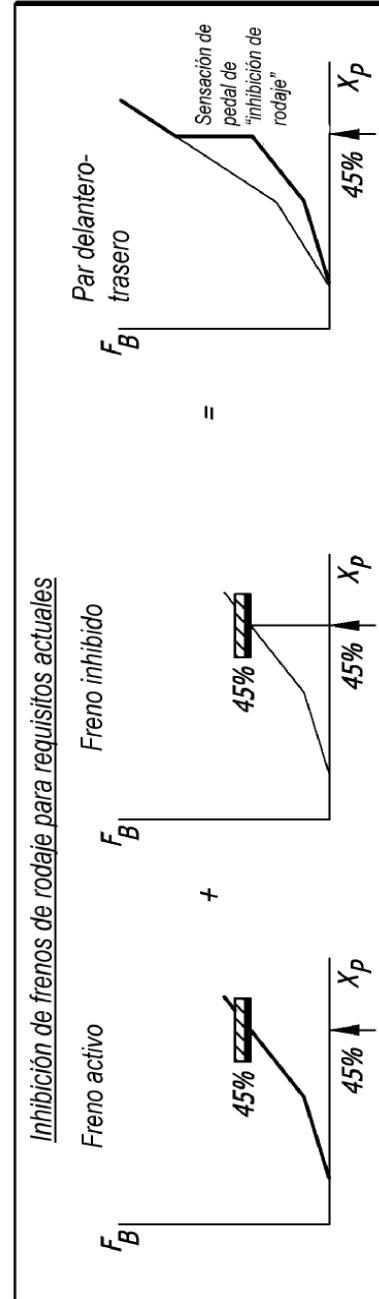


FIG. 4

FIG. 5

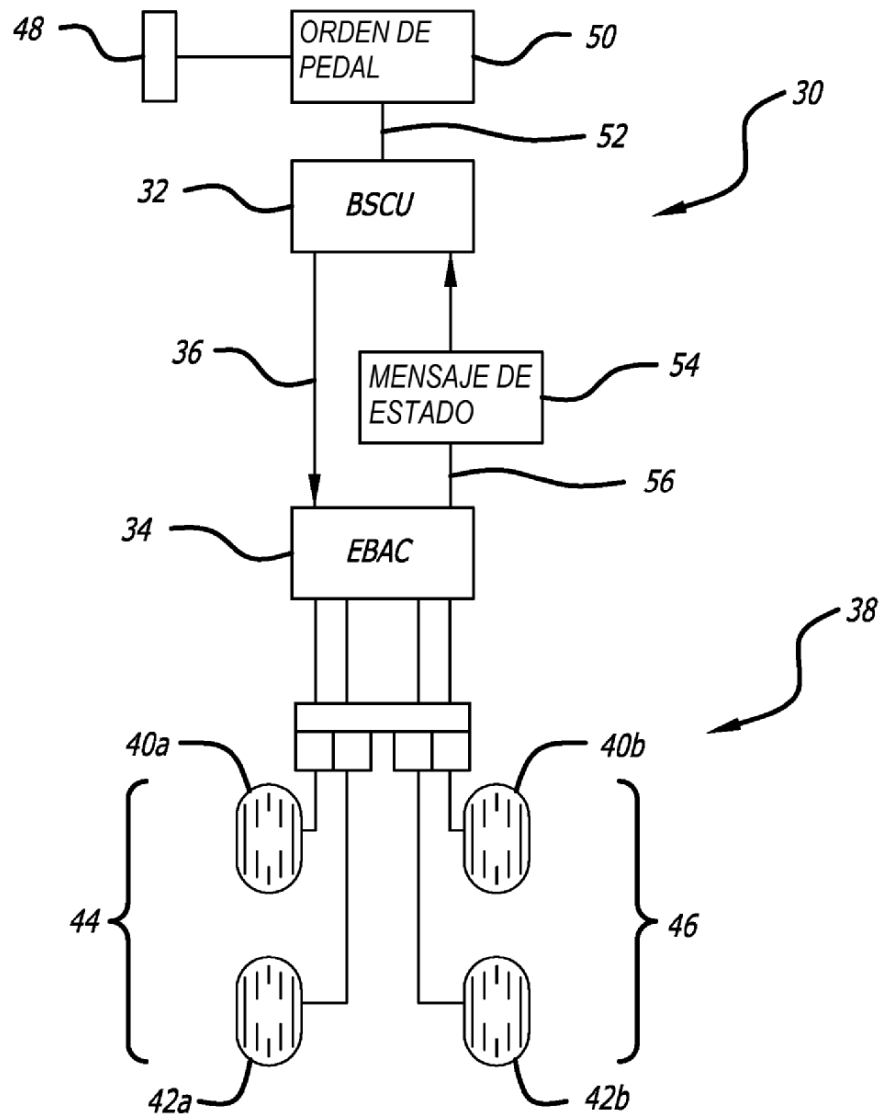
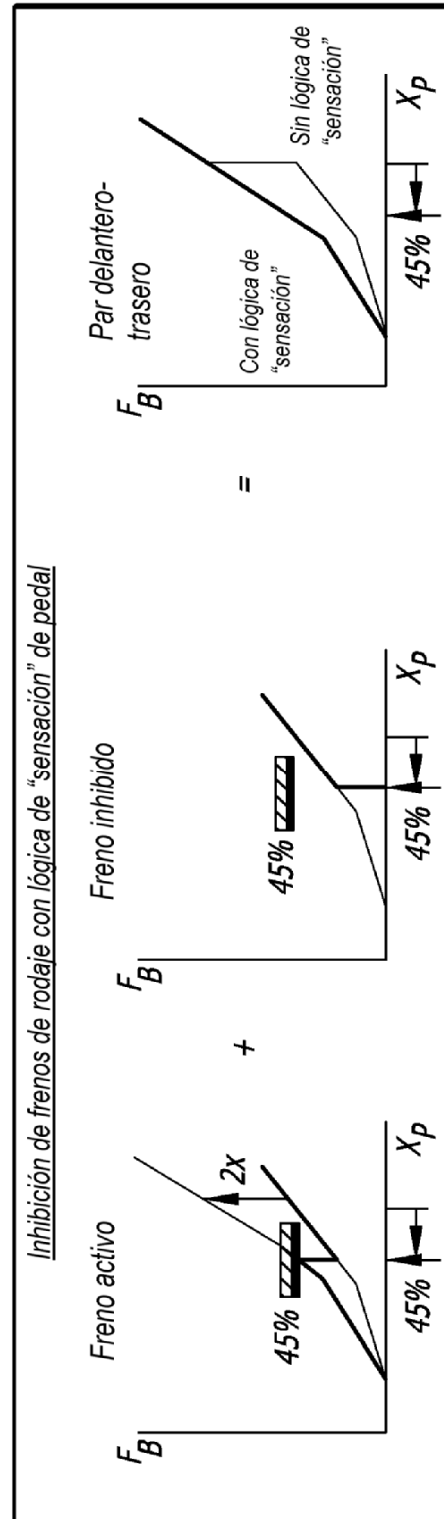


FIG. 6



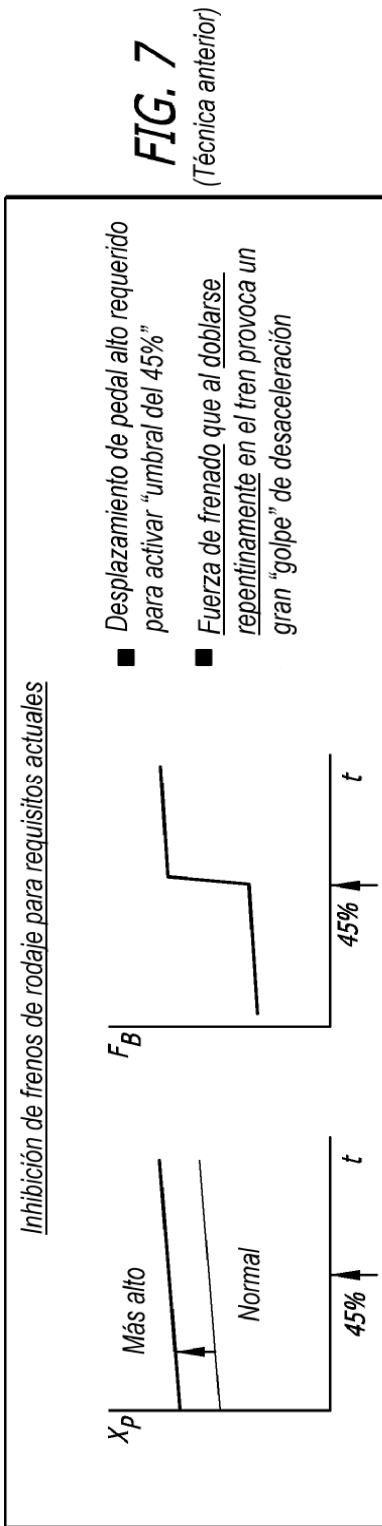


FIG. 7
(Técnica anterior)

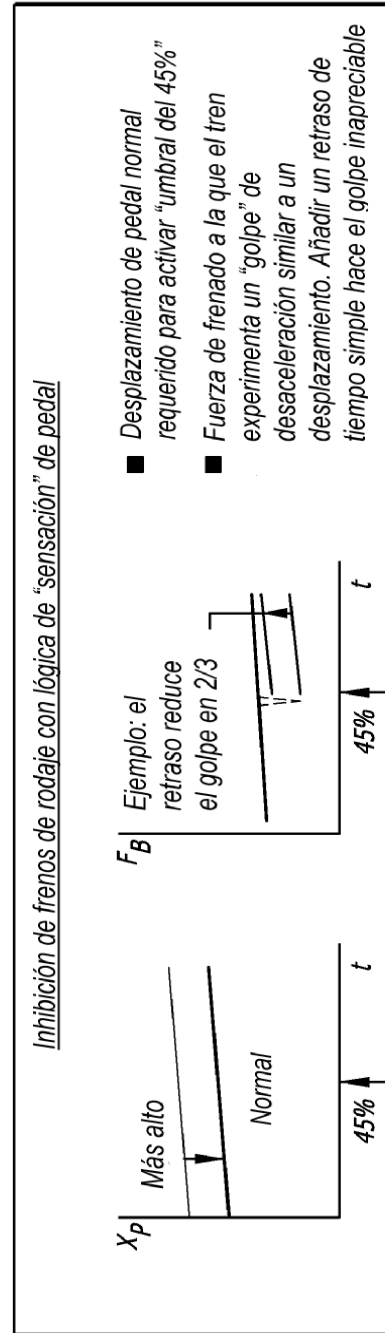


FIG. 8

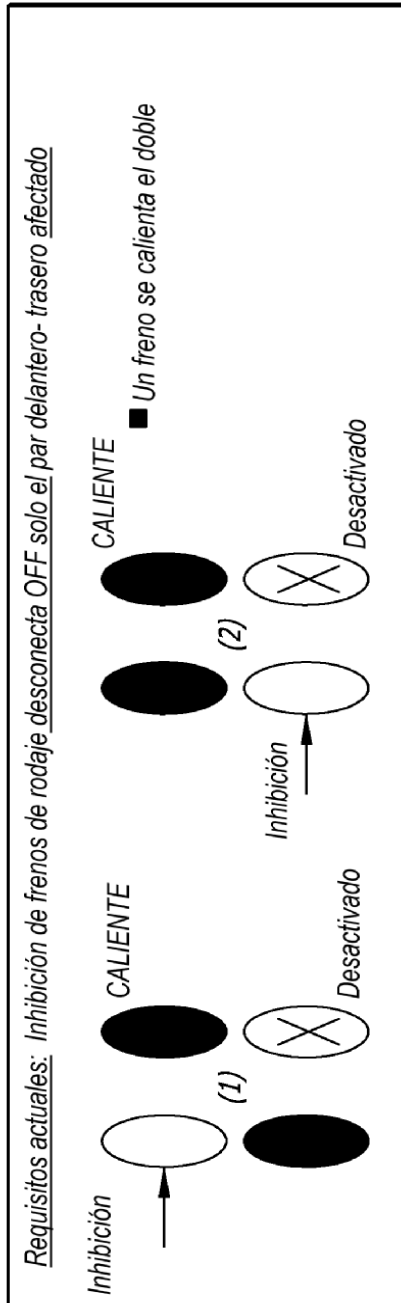


FIG. 9
(Técnica anterior)

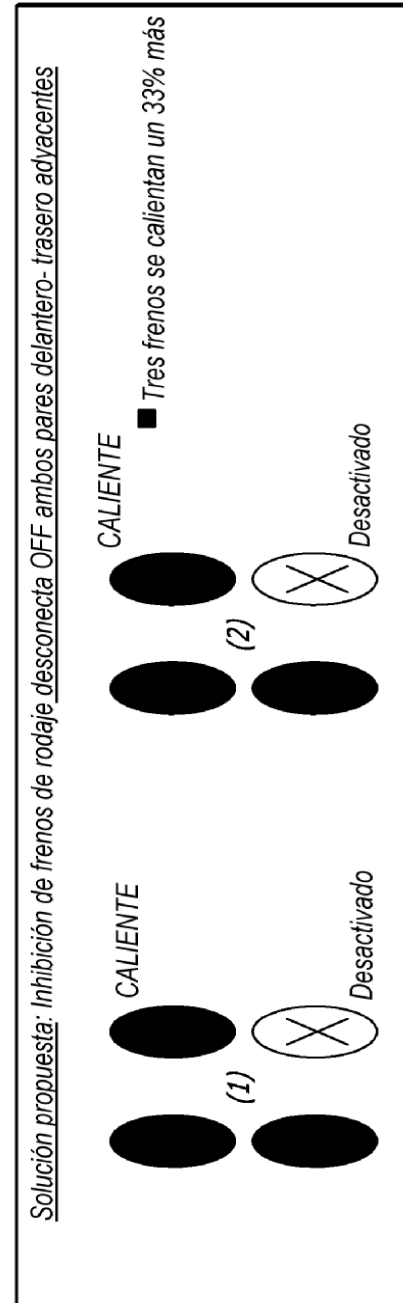


FIG. 10

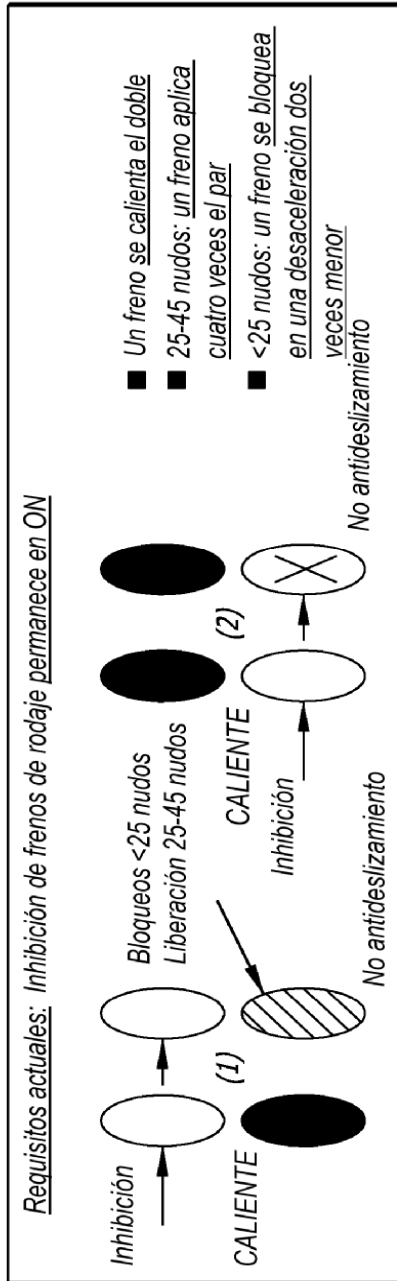


FIG. 11
(Técnica anterior)

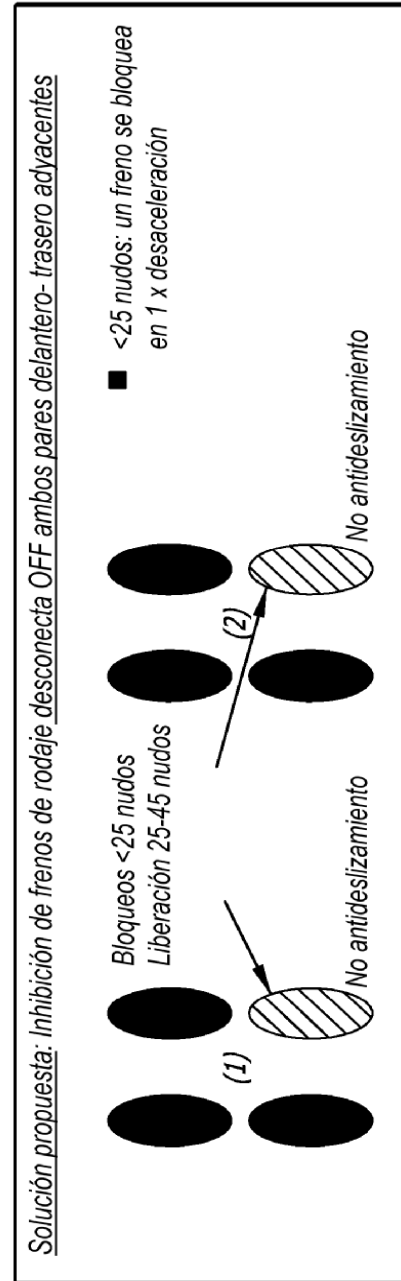


FIG. 12

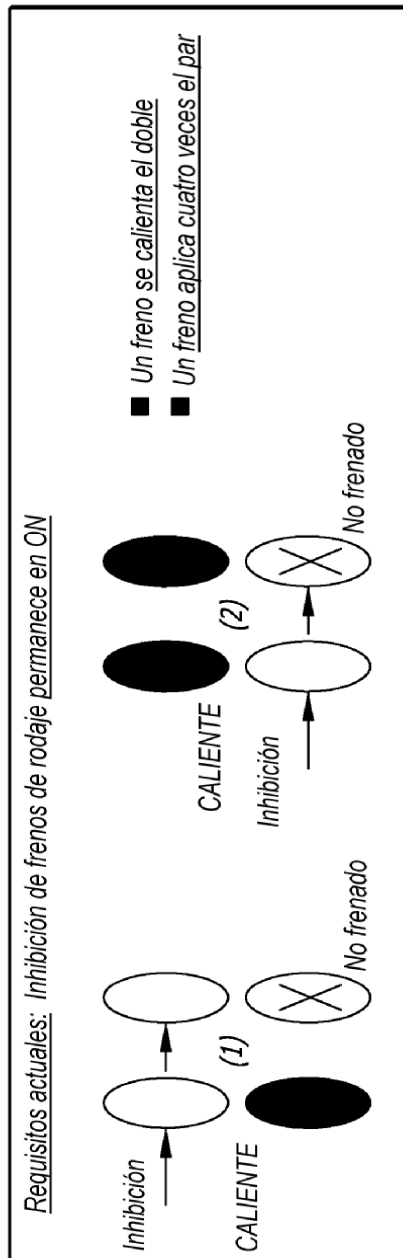


FIG. 13
(Técnica anterior)

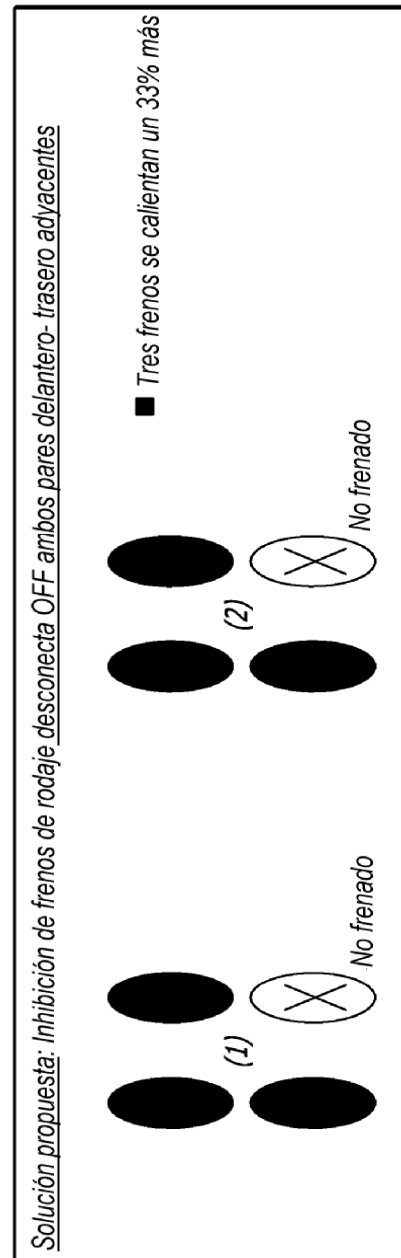


FIG. 14

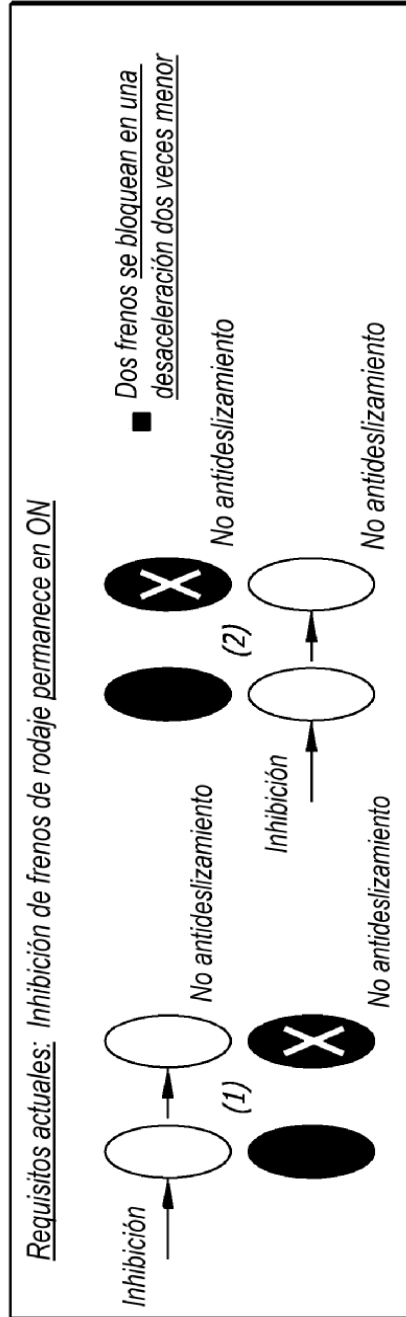


FIG. 15
(Técnica anterior)

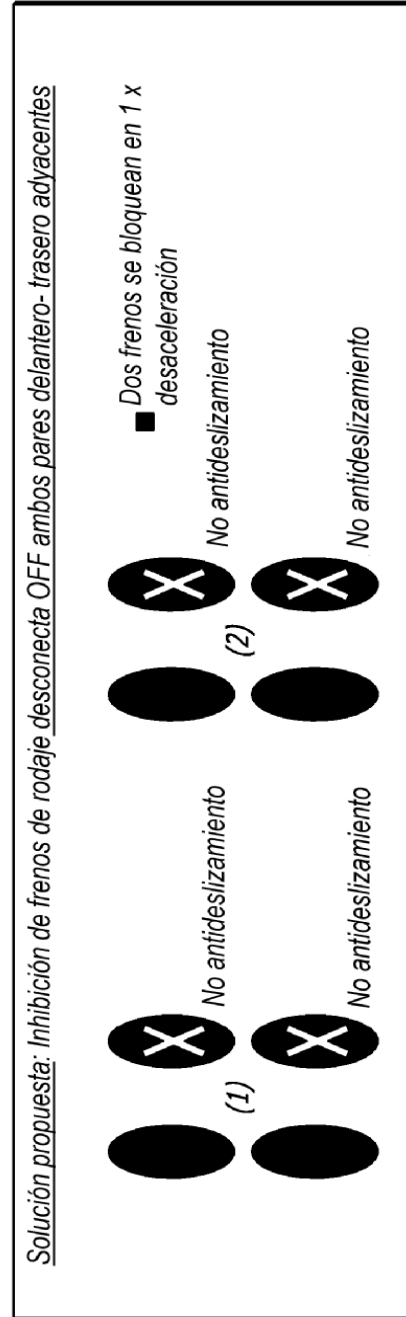


FIG. 16

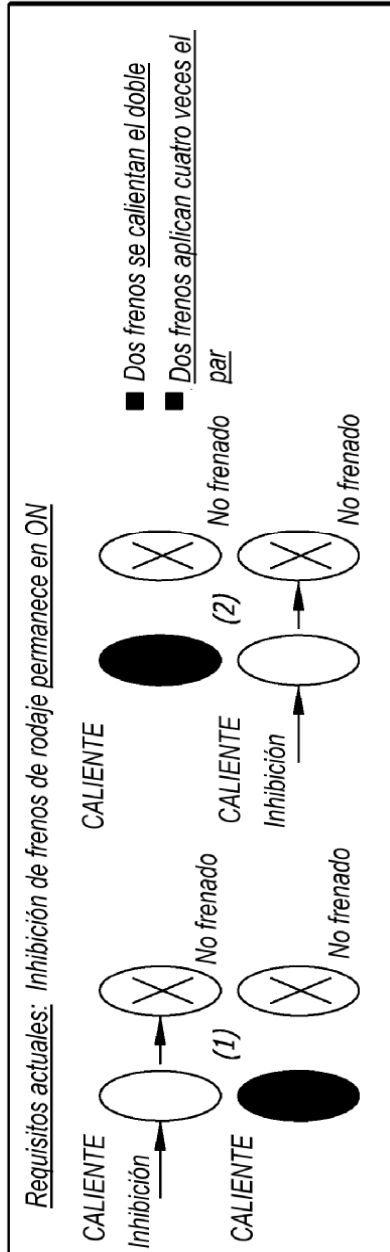


FIG. 17
(Técnica anterior)

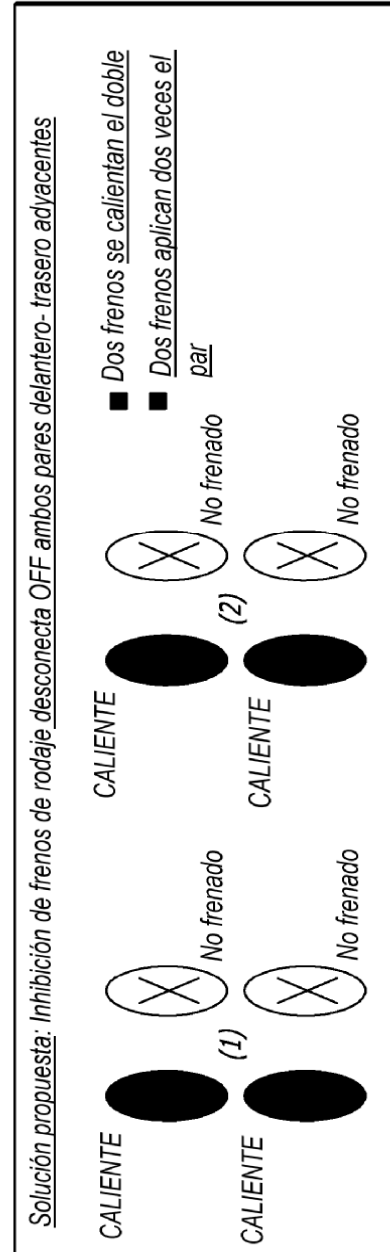


FIG. 18

FIG. 19

C = requisitos actuales
P = requisitos propuestos

<u>Condiciones no normales</u>	<u>2 x sobrecalentamiento</u>		<u>4 x par</u>		<u>Exposición a bloqueo</u>	
	C	P	C	P	C	P
Freno desactivado	2x	-	-	-	-	-
1 freno - no antideslizamiento	2x	-	4x	-	2x	1x
1 freno - no frenado	2x	-	4x	-	-	-
2 frenos - no antideslizamiento	-	-	-	-	2x	1x
2 frenos – no frenado	2x	2x	4x	-	-	-