

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 399 924**

51 Int. Cl.:

B64C 25/48 (2006.01)

B60T 8/17 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2007 E 07731133 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 1993906**

54 Título: **Procedimiento de reparto de frenada entre los frenos de una aeronave**

30 Prioridad:

13.03.2006 FR 0602183

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

04.04.2013

73 Titular/es:

**MESSIER-BUGATTI-DOWTY (100.0%)
Inovel Parc Sud
78140 Velizy Villacoublay , FR**

72 Inventor/es:

**DELLAC, STÉPHANE;
JACQUET, ARNAUD;
GISSINGER, GÉRARD, LÉON;
BASSET, MICHEL;
CHAMAILLARD, YANN y
GARCIA, JEAN-PIERRE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 399 924 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

Procedimiento de reparto de frenada entre los frenos de una aeronave

5 La invención se refiere a un procedimiento de reparto de la frenada entre los frenos de una aeronave.

Antecedentes de la invención

10 Las aeronaves de una cierta importancia están dotadas en general de un ordenador de frenada que genera un objetivo de esfuerzo de frenada como respuesta a la presión del piloto sobre los pedales de freno, o bien como respuesta a una selección por parte del piloto de un nivel de desaceleración determinada (función "autobrake" (frenado automático)). Este objetivo de esfuerzo de frenado es realizado en la práctica enviando consignas de frenado a los órganos de distribución de potencia asociados a los frenos, idénticos para todos los frenos, y que son tales que la suma de los esfuerzos de frenado desarrollado por los frenos como respuesta a estas consignas de frenado, realiza el objetivo de esfuerzo de frenado. Un procedimiento de frenado de aeronave es conocido también por el documento de patente US 2005/231031.

Objeto de la invención

20 La invención tiene por objeto un procedimiento de reparto que permite optimizar la utilización de los frenos.

Breve descripción de la invención

25 Para conseguir este objetivo, se propone un procedimiento de guiado en el suelo de una aeronave que posee una serie de frenos, presentando las siguientes etapas:

- estimar un objetivo de esfuerzo de frenado y un objetivo de par de giro ("Iacet") a realizar por los frenos de la aeronave;
- definir, como mínimo, dos grupos de frenos;
- 30 - calcular para cada grupo un nivel de frenado a realizar por dicho grupo, siendo calculados dichos niveles de frenado de manera que el frenado a realizar según dichos niveles de frenado se adapte, por lo menos en condiciones normales de funcionamiento de los frenos, al objetivo de esfuerzo de frenado y al objetivo de par de giro.

35 De este modo, los frenos son utilizados para reducir la velocidad de la aeronave, e igualmente para ayudar a producir el giro de esta. La consigna de los frenos de un grupo puede, por lo tanto, ser diferente de la consigna de los frenos del otro grupo.

40 Según una forma preferente de puesta en práctica, se determinan los niveles de frenado que hacen máximo un nivel de satisfacción simultáneo del objetivo de frenado y del objetivo de par de giro.

45 De manera ventajosa, se reparten los frenos, como mínimo, en un grupo de la izquierda y un grupo de la derecha, simétricos entre sí. En este caso, el objetivo de par de giro es preferentemente especificado por una relación entre un esfuerzo de frenado a realizar por el grupo de la izquierda y un esfuerzo de frenado a realizar por el grupo de la derecha.

50 Preferentemente, el objetivo de esfuerzo de frenado o el objetivo de par de giro son estimados teniendo en cuenta una acción de los órganos de la aeronave, distintos de los frenos, que pueden tener influencia sobre la trayectoria de la aeronave.

Breve descripción de los dibujos

55 La invención se comprenderá mejor a la luz de la descripción siguiente haciendo referencia a los dibujos adjuntos, entre los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática de una aeronave que presenta cuatro trenes de aterrizaje principales, con ruedas dotadas de frenos;
- la figura 2 es un esquema de bloques de una arquitectura de conducción en el suelo de la aeronave de la figura 1, según una forma particular de puesta en práctica de la invención;
- 60 - la figura 3 es una vista detallada de la figura 2 mostrando el control de frenado;
- la figura 4 es un esquema de bloques de un reparto en el interior de un mismo grupo, adaptable al control mostrado en la figura 3.

Descripción detallada de la invención

65

La invención se ha mostrado haciendo referencia a una aeronave, tal como la de la figura 1 que presenta dos trenes de aterrizaje principales en los planos de sustentación 1G y 1D, dos trenes de aterrizaje principales en el fuselaje 2G y 2D, y un tren de aterrizaje auxiliar 3 de ruedas orientables. Los trenes de aterrizaje principales 1G, 1D, 2G, 2D presentan, cada uno de ellos, cuatro ruedas dotadas de frenos. La aeronave está dotada, además, de motores 4 y de un timón 5.

La invención queda introducida en una arquitectura de guiado en el suelo de la aeronave mostrada en la figura 2 que presenta un módulo de guiado de la aeronave 10. El módulo de guiado 10 recibe inicialmente una consigna de trayectoria (que en caso deseado puede ser rectilínea) y controla todos los órganos que pueden influir en la trayectoria en el suelo de la aeronave, es decir, los motores 4, la orientación de las ruedas del tren de aterrizaje auxiliar 3, el timón 5 y, desde luego, los frenos de los trenes de aterrizaje principales.

El módulo de guiado 10 genera instrucciones destinadas a los motores 4, al timón 5 y al mando de control de las ruedas del tren de aterrizaje auxiliar 3, y deduce por diferencia entre la consigna de trayectoria y los efectos esperados de las acciones dirigidas por los órganos antes citados como respuesta a dichas instrucciones un objetivo de frenado \bar{F} y un objetivo de par de giro \bar{C} a realizar por los frenos.

La consigna de trayectoria puede comprender diversas formas:

En una modalidad de frenado puro, por ejemplo, después de un aterrizaje, la consigna de trayectoria consistirá en especificar en el módulo de guiado 10, por lo menos una desaceleración determinada y una velocidad de giro nula;

En una modalidad en el suelo, por ejemplo, entre la pista y la terminal, la consigna de trayectoria consistirá en especificar al módulo de guiado 10, por lo menos una velocidad de giro que varía en todo momento para seguir una trayectoria determinada.

El objetivo de frenado F , determinado a partir de la consigna de trayectoria, representa una consigna, es decir, las evoluciones en el tiempo de un esfuerzo de frenado que los frenos deberían desarrollar para que la aeronave siga la trayectoria, según un movimiento determinado (posición, velocidad, aceleración). En la práctica, el objetivo de esfuerzo de frenado representa uno o varios accionamientos de los frenos de duración y de intensidad determinada. En cada accionamiento de los frenos, es posible asociar una energía total a disipar por el conjunto de los frenos de la aeronave, obtenida por integración temporal del objetivo de esfuerzo de frenado.

Igualmente, el objetivo de par de giro \bar{C} representa una consigna, es decir, las evoluciones en el tiempo del par de giro que los frenos deberían desarrollar para que la aeronave siga la trayectoria, según un movimiento determinado (posición, velocidad, aceleración). El par de giro puede ser, por ejemplo, necesario para frenar la aeronave en un viraje.

Los frenos son controlados por un módulo de control de frenado 11 que recibe del módulo de guiado 10 el objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} y el objetivo de par de giro \bar{C} a realizar por los frenos.

A partir del objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} y el objetivo de par de giro \bar{C} , el módulo de control de frenado 11 genera dos niveles de frenado F_g y F_d con destino, respectivamente a:

- un grupo de frenos de la izquierda 12 que reúne los frenos soportados por el tren de aterrizaje principal de los planos de sustentación de la izquierda 1G y el tren de aterrizaje principal de fuselaje de la izquierda 2G;
- un grupo de frenos de la derecha 13 que reúne los frenos soportados por el tren de aterrizaje principal de los planos de sustentación de la derecha 1D y el tren de aterrizaje principal de fuselaje derecho 2D.

Líneas de trazos en la figura 1 muestran la composición de los grupos de la izquierda 12 y de la derecha 13. Se comprueba, en este caso, que los grupos de la izquierda 12 y de la derecha 13 son simétricos.

Según la invención, los niveles de frenado F_g y F_d son determinados, de manera que su suma será igual al objetivo de frenado \bar{F} y que su efecto de par sobre la aeronave sea igual al objetivo de par de giro \bar{C} .

En la práctica, con esta configuración, el objetivo de par de giro C puede ser especificado por una relación entre el esfuerzo a desarrollar por uno de los grupos y el esfuerzo a desarrollar por el otro de los grupos.

No obstante, el satisfacer el objetivo de frenado F y el objetivo de frenado \bar{C} supone que los frenos tienen capacidad de frenado suficiente para satisfacer estos dos objetivos simultáneamente, tal como es el caso en las condiciones de funcionamiento normales de los frenos.

No obstante, en ciertas circunstancias (pista húmeda, frenos defectuosos), es posible que uno o varios de los frenos solo puedan generar un esfuerzo limitado de frenado, impidiendo alcanzar el objetivo de frenado F o el objetivo de par de giro \bar{C} . En este caso, una señal de saturación es enviada por el grupo de referencia al módulo de control de

frenado 11 que tiene en cuenta esta saturación para generar niveles de frenado F_g , F_d que permiten aproximarse mejor a los objetivos \bar{F} , \bar{C} requeridos teniendo en cuenta la capacidad de frenado disponible.

5 Según una forma de puesta en práctica específica, el módulo de control de frenado 11 está programado para jerarquizar los objetivos y puede, por ejemplo, dar prioridad a la realización del objetivo de frenado \bar{F} más que a la realización del objetivo de par de giro C . En este caso, el módulo de control de frenado 11 genera niveles de frenado F_g , F_d que están adaptados para responder al objetivo de frenado F , pero cuyo efecto sobre el par de giro se aproxima lo más posible, teniendo en cuenta la capacidad de los frenos al objetivo de par C . De manera más general, se intentarán conseguir los niveles de frenado F_g , F_d que hacen máxima una proporción de satisfacción simultánea de los objetivos \bar{F} , \bar{C} teniendo en cuenta eventuales limitaciones de uno o varios de los frenos.

10 Como variante, el piloto puede disponer de la posibilidad de dar preferencia a uno u otro de los objetivos \bar{F} , \bar{C} .

15 Cuando tiene lugar la aplicación del frenado, según los niveles de frenado F_g , F_d determinados de esta manera, el grupo de frenos de la izquierda 12 y el grupo de frenos de la derecha 13 tienen una acción mecánica sobre la trayectoria de la aeronave mostrada por las flechas en trazos seguidos, igual que los motores 4, las ruedas orientables del tren de aterrizaje auxiliar 3 y el timón 5, permitiendo la acción de este conjunto de órganos influir sobre la trayectoria de la aeronave.

20 Entonces, se facilitan mediciones de magnitudes significativas de la trayectoria, tales como la velocidad, aceleración longitudinal o angular, al módulo de guiado 10 para formar un bucle de retracción.

El módulo de control de frenado 11 se ha mostrado en detalle en relación con la figura 3.

25 El módulo de control de frenado 11 presenta en principio una unidad lógica 15 programada para generar, a partir del objetivo de frenado \bar{F} y del objetivo de par de giro C requeridos, una consigna de esfuerzo nominal F_{nom} y una consigna de reparto izquierda/derecha Δ por medio de los cuales un primer modulador 20 genera un nivel de frenado F_g para el grupo de frenos de la izquierda 12 y un segundo modulador 21 genera el nivel de frenado F_d para el grupo de frenos de la derecha. En la práctica, el nivel de frenado F_g se obtiene efectuando el producto $\Delta \cdot F_{nom}$, y el nivel de frenado F_d se obtiene efectuando el producto $(1 - \Delta) \cdot F_{nom}$. La unidad lógica 15 está programada para que, en caso de saturación de uno u otro de los grupos de frenos, modular la consigna de esfuerzo nominal F_{nom} y la consigna de reparto Δ para aproximarse mejor a los objetivos F , C , teniendo en cuenta la capacidad de frenado disponible.

35 De este modo, gracias al reparto conseguido según la invención, los frenos permiten ejercer sobre la aeronave un esfuerzo de frenado y un par de giro. Se debe observar que el reparto conseguido de este modo no es fijo, sino que varía con el curso del tiempo.

40 El conocimiento del nivel de frenado de un grupo permite estimar, por integración temporal del nivel de frenado, la energía a disipar por los frenos de este grupo.

45 La lógica del agrupamiento de los frenos, según la invención, puede ser llevada a un nivel superior distinguiendo subgrupos dentro de un grupo. Por ejemplo, en el grupo de la izquierda se distingue, tal como se ha mostrado en la figura 4, un primer subgrupo 16 compuesto por los frenos del tren de aterrizaje principal del plano de sustentación izquierdo 1G, y un segundo subgrupo 17 compuesto por los frenos del tren de aterrizaje principal de fuselaje de la izquierda 2G.

50 Se subdivide el nivel de frenado F_g en dos subniveles de frenado F_v y F_f con destino a los dos subgrupos 16, 17 por medio de un módulo de control de reparto 18 que genera el coeficiente de reparto β con el que se efectúan los productos $F_v = (1 + \beta) \cdot F_g$ y $F_f = (1 - \beta) \cdot F_g$. Por construcción, la suma de los subniveles de frenado F_v y F_f es igual al nivel de frenado F_g . El módulo de control de reparto 18 tiene en cuenta señales de saturación procedentes respectivamente de los frenos del primer subgrupo 16 y de los frenos del segundo subgrupo 17 para calcular el coeficiente de reparto β . De este modo, si los frenos de uno de los subgrupos se saturan, es posible bascular el esfuerzo de frenado a los frenos del otro subgrupo. Si esta basculación no es suficiente para conseguir la consigna de frenado de la izquierda F_g , el módulo de control de reparto 18 genera una señal de saturación del grupo de frenos de la izquierda 12.

60 Para realizar el nivel de frenado pretendido para un grupo de frenos (o a un subgrupo), es necesario que todos los frenos del grupo generen esfuerzos unitarios de frenado, tales que la resultante de los esfuerzos unitarios de frenado desarrollado por cada uno de los frenos alcance el nivel de frenado requerido.

Según una primera forma de proceder, se hace de manera que los frenos unitarios de frenado sean idénticos para todos los frenos del grupo. Es la manera más simple en que se puede proceder.

Según una segunda forma de proceder especialmente ventajosa, se determinan los diferentes esfuerzos unitarios de frenado para satisfacer un criterio operativo determinado, adaptándose al nivel de frenado requerido, teniendo en cuenta la capacidad de frenado disponible.

5 De acuerdo con una primera forma de puesta en práctica, el criterio operativo escogido es la minimización del desgaste sufrido por los elementos de fricción de los frenos del grupo. Es conocido que los elementos de fricción de carbono tienen una proporción de desgaste que depende de la temperatura de los elementos de fricción. Si el aumento de la temperatura del freno k en el frenado que se realizará es de ΔT_k , el desgaste del freno k tendrá el valor siguiente

10

$$U_k = \int_{T_k}^{T_k + \Delta T_k} \tau(T) dT$$

en la que τ es la relación de desgaste que depende principalmente de la temperatura.

15 Para calcular el aumento de temperatura ΔT_k del freno k, se utiliza un modelo térmico del freno, que en función de una energía ΔE_k disipada por el freno, calcula el aumento de temperatura ΔT_k . Despreciando el enfriamiento natural del freno (lo que es válido para duraciones de frenado cortas y temperaturas de freno reducidas), es posible relacionar el aumento de temperatura ΔT_k del freno k a la energía a disipar ΔE_k por el freno en el momento del frenado que se realizará por el modelo siguiente:

20

$$\Delta E_k = \int_{T_k}^{T_k + \Delta T_k} M_k C_p dT_k$$

en la que M_k es la masa de los elementos de fricción del freno k, considerada como constante en el frenado, y C_p es la capacidad calorífica del material que constituye los elementos de fricción del freno k.

25

La energía total ΔE a disipar por los frenos de grupo, es desde luego igual a la suma de las energías disipadas por cada freno. La energía total a disipar por los frenos viene dada por la integración temporal del objetivo de esfuerzo de frenado del grupo, como ya se ha explicado.

30 De este modo, la minimización del desgaste se convierte en la búsqueda para cada uno de los frenos del grupo de las energías ΔE_k a disipar que minimizan la cantidad:

$$\sum_k U_k$$

35 bajo la limitación

$$\Delta E = \sum_k \Delta E_k$$

40 Del cálculo de energías ΔE_k a disipar por cada uno de los frenos del grupo, se deducen las consignas unitarias del esfuerzo de frenado F_i a desarrollar por cada uno de los frenos.

La minimización del desgaste se puede conseguir por cualquier técnica de optimización conocida. Según una modalidad preferente de puesta en práctica de la invención se parte de un cierto número de distribuciones arbitrarias de la energía entre los frenos del grupo. En la práctica, cada distribución o reparto está representada por una lista de coeficientes (tantos como frenos en el grupo), y la suma es igual a 1. Por ejemplo, si el grupo presenta dos frenos, se podrán considerar los repartos siguientes:

45

$$R^1 = \{1; 0\}, R^2 = \{0,7; 0,3\}, R^3 = \{0,5; 0,5\},$$

$$R^4=\{0,3;0,7\} \text{ y } R^5=\{0;1\}.$$

5 La minimización consiste en calcular para cada reparto arbitrario R^i las energías correspondientes ΔE_k^i para cada uno de los frenos, y después el *desgaste* U_k^i de cada uno de los frenos, producto de la disipación de energía correspondiente. El *desgaste* total

$$U^i = \sum_k U_k^i$$

10 es la suma de los desgastes calculados de este modo. Se escoge entonces el reparto arbitrario R^i que facilita el *desgaste* total U^i más pequeño.

15 La minimización del *desgaste* descrito de este modo, se refiere por lo tanto a todos los frenos de un mismo grupo. Se puede aplicar este criterio operativo para cada uno de los grupos de frenos con la finalidad de obtener una minimización grupo a grupo del *desgaste* de los elementos de fricción. No obstante, tal como es bien conocido, la minimización del *desgaste* grupo por grupo puede conducir a un resultado que no es óptimo desde el punto de vista del conjunto de los frenos de la aeronave.

20 Entonces, de modo ventajoso, el criterio operativo de minimización del *desgaste* se generaliza, según la invención, para su aplicación a todos los frenos de la aeronave simultáneamente, respetando al mismo tiempo para cada grupo el nivel de esfuerzo de frenado requerido. Se buscará entonces el reparto en el conjunto de los frenos que, respetando para grupo el nivel de esfuerzo de frenado requerido, minimiza el *desgaste* global.

25 También de manera ventajosa, el criterio operativo de minimización del *desgaste* es generalizado de acuerdo con la invención, no solo para todos los frenos para un frenado determinado, sino igualmente para todas las regiones de frenado previsible a lo largo de la trayectoria. Para ello, es conveniente determinar por adelantado los frenados previsible y, por lo tanto, la energía a disipar para cada uno de los grupos de frenos, lo que obliga a conocer la totalidad del recorrido probable de la aeronave sobre el aeropuerto.

30 Este conocimiento puede provenir de la puesta en memoria del trayecto o trayectos posibles sobre el aeropuerto o bien de un estudio estadístico que se refiere a un trayecto típico para uno u otro aeropuertos, y especificando el número medio de acciones de frenado y la intensidad media de éstos.

35 En el trayecto escogido, se determina un movimiento (posición, velocidad, aceleración) de la aeronave a lo largo de este trayecto y se deducen los objetivos de frenado, de par de giro y de energía a disipar por los frenos.

40 A continuación, se detallará más particularmente la forma en la que, según la invención, es posible gestionar situaciones en las que uno o varios frenos se saturan. Estas situaciones pueden presentarse si la adherencia del neumático al suelo baja repentinamente, por ejemplo, desde el paso por una zona mojada o helada. Entonces, no es posible satisfacer simultáneamente el objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} y el objetivo de par \bar{C} .

Según la invención, se jerarquizan los objetivos, lo que conduce a definir dos estrategias:

45 1- Se favorece el objetivo de par de giro \bar{C} , renunciando progresivamente, mientras dure la saturación detectada, a conseguir el objeto de esfuerzo de frenado \bar{F} . Esta estrategia está adaptada especialmente para situaciones en las que la distancia disponible delante de la aeronave para pararse en caso preciso es ampliamente suficiente. Se asegura de esta manera que la aeronave permanece en la trayectoria deseada, incluso si no se pueden asegurar momentáneamente características de movimiento (especialmente la velocidad) a lo largo de esta trayectoria. En particular, en el momento de un aterrizaje, esta estrategia permite al piloto mantener la aeronave en el eje de la pista, con el efecto de un posible aumento de la distancia de frenado.

55 2- Se favorece el objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} , renunciando progresivamente, mientras dure la saturación detectada, a conseguir el objeto de par de giro \bar{C} . Esta estrategia está más particularmente adaptada a las situaciones para las que está justificado tener en todo momento capacidad de paro de forma rápida. De este modo, el piloto podrá parar la aeronave en una distancia más corta compatible con la capacidad de frenado disponible, aceptando un posible desvío con respecto a la trayectoria.

Evidentemente, se podrán definir igualmente estrategias intermedias en las que se ponderan los dos objetivos.

60 Para poner en práctica estas estratégicas y, según una forma particular de realización, se empieza por determinar el

nivel de esfuerzo nominal para el grupo derecho F_{dn} y el nivel de esfuerzo nominal para el grupo izquierdo F_{gn} que permitirían satisfacer simultáneamente el objetivo de par de giro \bar{C} y el objetivo de frenado \bar{F} en ausencia de saturación.

- 5 Se supondrá, en este caso, que el grupo de la izquierda se satura de manera que no puede facilitar al máximo un nivel de esfuerzo de frenado igual a F_{gsat} . Para poner en práctica la primera estrategia, es decir, para satisfacer prioritariamente el objetivo de par de giro \bar{C} , se impone que la diferencia ΔF entre el nivel de esfuerzo desarrollado por el grupo de la izquierda y el nivel de esfuerzo desarrollado por el grupo de la derecha sea igual a:

$$10 \quad \Delta F = F_{gn} - F_{dn}$$

Lo que equivale a imponer que el par del giro desarrollado sea igual al objetivo de par de giro \bar{C} , que los frenos serían normalmente capaces de desarrollar en ausencia de saturación.

- 15 En estas condiciones, el nivel de esfuerzo impuesto al grupo de la izquierda es igual a:

$$F_g = \min(F_{gn}, F_{gsat})$$

- 20 Se deduce de ello, por lo tanto, que el nivel de esfuerzo impuesto al grupo de la derecha es igual a:

$$F_d = F_g - \Delta F$$

- 25 Si el nivel de esfuerzo nominal de la izquierda F_{gn} es inferior al esfuerzo de saturación F_{gsat} del grupo de la izquierda, entonces $F_g = F_{gn}$ y $F_d = F_g - \Delta F = F_{dn}$. Se respeta entonces igualmente el objetivo de par de giro. Solamente si el nivel de esfuerzo nominal de la izquierda F_{gn} supera el esfuerzo de saturación F_{gsat} del grupo de la izquierda, no se podrá conseguir el objetivo de par de giro.

- 30 La puesta en práctica de esta estrategia en el caso en el que el grupo derecho se satura, es similar. Se impone siempre que la diferencia entre el nivel de esfuerzo del grupo de la izquierda y el nivel de esfuerzo del grupo de la derecha sea igual a:

$$\Delta F = (F_{gn} - F_{dn})$$

- 35 Sin embargo, en este caso, es el nivel de esfuerzo del grupo de la derecha que puede estar limitado:

$$F_d = \min(F_{gn}, F_{dsat})$$

Se deduce entonces el nivel de esfuerzo del grupo de la izquierda:

$$40 \quad F_g = F_d + \Delta F$$

Si ahora se saturan los dos grupos, entonces es necesario distinguir, según que el nivel de esfuerzo nominal de la izquierda F_{gn} sea más grande o más pequeño que el nivel de esfuerzo nominal de la derecha F_{dn} :

- 45 Si $F_{gn} > F_{dn}$, entonces $F_g = \min(F_g, F_{gn})$ y $F_d = F_g - \Delta F$;

Si $F_{gn} < F_{dn}$, entonces $F_d = \min(F_d, F_{dn})$ y $F_g = F_d + \Delta F$; en la que la diferencia ΔF es impuesta en todos los casos e iguala a $\Delta F = F_{gn} - F_{dn}$.

- 50 Evidentemente, pueden presentarse situaciones en las que los dos grupos se saturan hasta el punto de no poder respetar el objetivo del par de giro. En este caso, se continuará, no obstante, favoreciendo el objetivo del par de giro \bar{C} , aproximándose al mismo en la mayor medida posible.

Para la puesta en práctica de la segunda estrategia, que consiste en favorecer la realización del objetivo de

esfuerzo de frenado \bar{F} , se impone en este caso que la suma ΣF del nivel de esfuerzo de la izquierda F_g y del nivel de esfuerzo de la derecha F_d sean iguales a:

$$\Sigma F = F_{gn} + F_{dn},$$

5 lo que resulta en la imposición de que el esfuerzo generado por el conjunto de los frenos sea igual al objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} .

En el caso en el que el grupo de la izquierda se satura, se tendrá:

10 $F_g = \min(F_{gn}, F_{gsat})$, y $F_d = \Sigma F - F_g$

En el caso en el que el grupo de la derecha se satura, se tendrá:

15 $F_d = \min(F_{dn}, F_{dsat})$, y $F_g = \Sigma F - F_d$

Finalmente, en el caso en el que los dos grupos de frenos se saturan, el esfuerzo máximo que se puede desarrollar por el conjunto de frenos será $F_{max} = F_{gsat} + F_{dsat}$. Si $\Sigma F < F_{max}$, entonces, es posible asegurar el objetivo de frenado. Por el contrario, si $\Sigma F > F_{max}$, el objetivo de frenado \bar{F} no puede ser asegurado. Se intentará entonces aproximarse en la mayor medida posible haciendo frenar los frenos al máximo de su capacidad, teniendo en cuenta la saturación.

20

La selección de la estrategia de reparto se deja preferentemente a elección del piloto. Como variante, no obstante, podría ser objeto de una selección automática por un dispositivo de cálculo de seguimiento de la trayectoria. En este caso, el piloto recibe preferentemente el aviso de que uno de los grupos de frenos ha llegado a la saturación.

25

La invención no queda limitada a lo que se ha descrito, sino que por el contrario, comprende cualquier variante que entre dentro del marco definido por las reivindicaciones.

En particular, el reparto de frenado, según la invención, sigue siendo compatible con la puesta en práctica de una protección antideslizamiento para cada una de las ruedas frenadas.

30

Si bien se ha indicado que se establece un objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} y un objetivo de par de giro \bar{C} , la invención comprende igualmente la situación en la que se establece solamente uno de los objetivos, por ejemplo, el objetivo de esfuerzo de frenado \bar{F} . En este caso, es suficiente fijar arbitrariamente el objetivo de par de giro \bar{C} a cero.

35

Si bien se ha indicado que el criterio creativo escogido para la aplicación de frenado es la minimización del desgaste de los elementos de fricción, se podrían escoger otros criterios operativos. Por ejemplo, se puede escoger como criterio operativo la búsqueda de un reparto que conduce a la aplicación de esfuerzo de frenado más progresiva posible con la finalidad de mejorar la comodidad de los pasajeros o de conservar los elementos operativos de la aeronave que sufren directamente el esfuerzo de frenado (trenes de aterrizaje, acoplamientos del tren de aterrizaje en la aeronave, neumáticos asociados...). Igualmente, se puede intentar minimizar el número de accionamientos a efectuar por los frenos con la finalidad de aumentar la duración de vida de estos últimos, o incluso minimizar la amplitud de los esfuerzos a aplicar.

40

Finalmente, si bien se han repartido en este caso los frenos en un grupo de la izquierda y un grupo de la derecha, este reparto no es limitativo, y se podrán repartir los frenos de otra forma, por ejemplo:

45

- 50 - un grupo de la izquierda compuesto por los frenos del tren de aterrizaje del plano de sustentación de la izquierda,
- un grupo derecho compuesto por los frenos del tren de aterrizaje del plano de sustentación de la derecha,
- y un grupo central compuesto por los frenos de los trenes de aterrizaje del fuselaje.

El reparto de los frenos en grupos no está fijado forzosamente una vez por todas, sino que puede variar dentro del marco de la invención.

55

Es evidente que la invención no se aplica únicamente a la configuración específica que se ha mostrado que comprende dos trenes de aterrizaje principales de planos de sustentación y dos trenes de aterrizaje principales de

fuselaje, sino a cualquier configuración de trenes de aterrizaje que lleven frenos.

Es evidente igualmente que la invención se aplica de manera indiferente a frenos hidráulicos, electromecánicos, o a cualquier otra tecnología.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de reparto de frenado entre los frenos de una aeronave, que presenta las siguientes etapas:
- 5 - estimar un objetivo de esfuerzo de frenado (\bar{F}) y un objetivo de par de giro (C) a realizar para los frenos de la aeronave;
- definir, como mínimo, dos grupos de frenos (12, 13);
- determinar para cada grupo un nivel de frenado (Fg, Fd) a realizar por dicho grupo, siendo calculados dichos niveles de frenado, de manera que un frenado realizado según dichos niveles de frenado sea, por lo menos
- 10 en condiciones normales de funcionamiento de los frenos, conforme al objetivo de esfuerzo de frenado y al objetivo de par de giro.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que se determinan los niveles de frenado que hacen máxima la proporción de satisfacción simultánea del objetivo de frenado y del objetivo de par de giro.
- 15 3. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que se reparten los frenos, por lo menos en un grupo de la izquierda (12) y un grupo de la derecha (13) simétricos entre sí.
4. Procedimiento, según la reivindicación 3, en el que el objetivo de par de giro (C) está especificado por una relación entre un esfuerzo de frenado a realizar por el grupo de la izquierda (12) y un esfuerzo de frenado a realizar por el grupo de la derecha (13).
- 20 5. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el objetivo de esfuerzo de frenado (F) o el objetivo de par de giro (C) son estimados teniendo en cuenta una acción de los órganos de la aeronave (3, 4, 5) distintos de los frenos, que pueden tener influencia sobre la trayectoria de la aeronave.
- 25

FIG.1

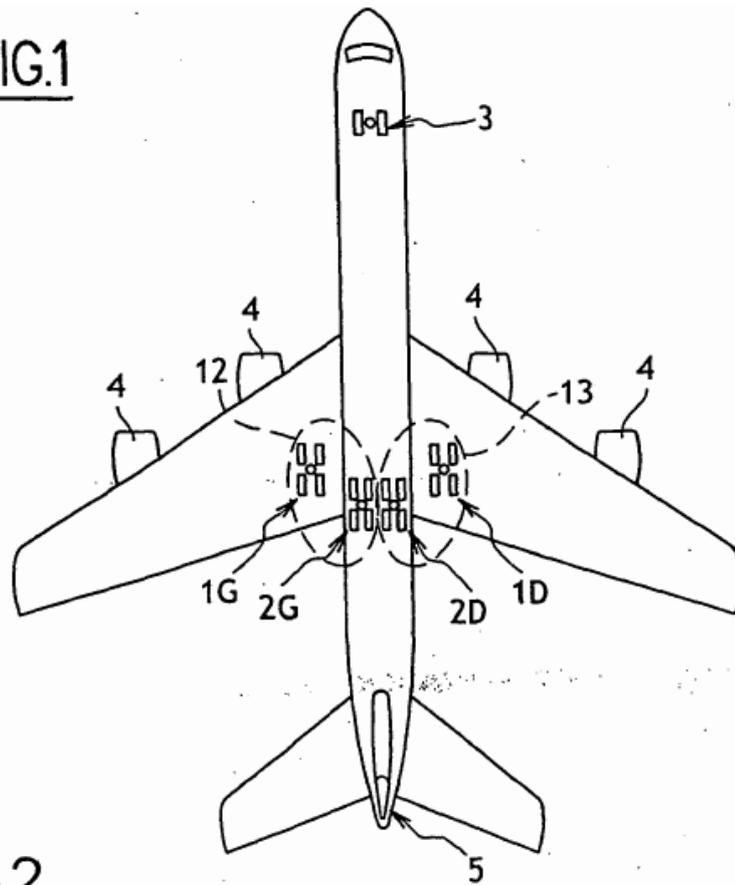


FIG.2

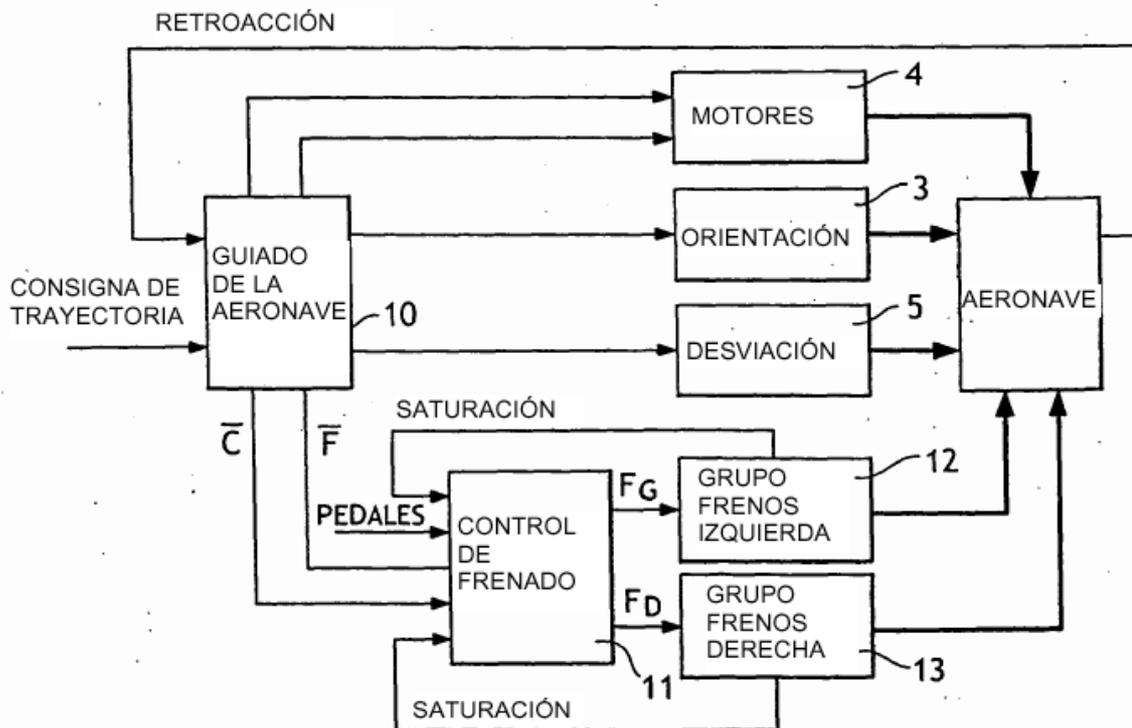


FIG.3

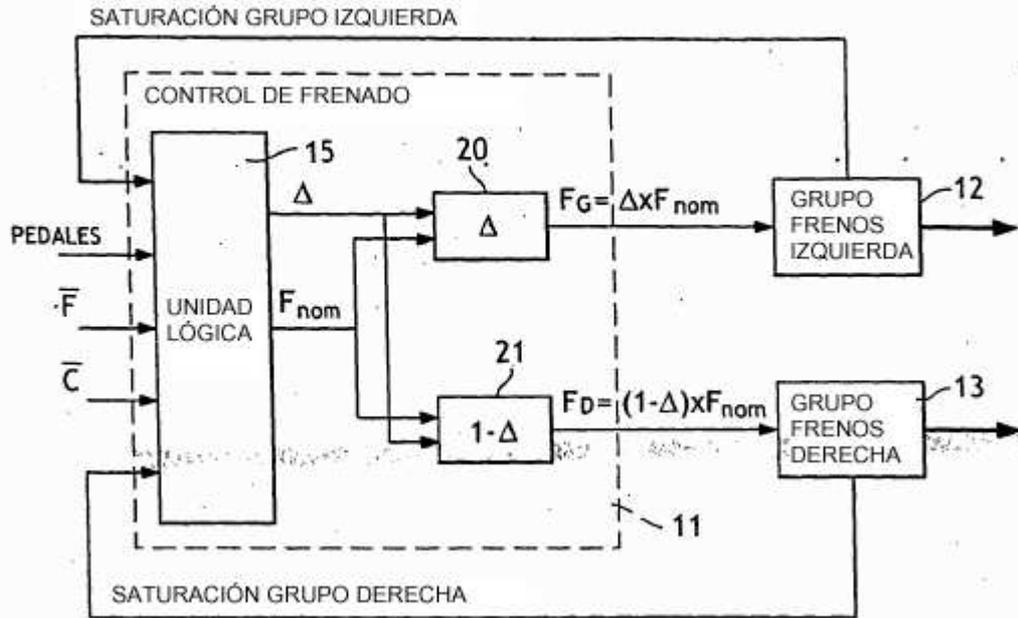


FIG.4

