



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 256**

51 Int. Cl.:

B60T 8/17 (2006.01)

B64C 25/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07766162 .7**

96 Fecha de presentación : **05.07.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **2035264**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.03.2009**

54 Título: **Control del frenado de una aeronave.**

30 Prioridad: **05.07.2006 GB 0613286**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
28.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
28.07.2011

73 Titular/es: **MEGGITT AEROSPACE LIMITED**
Holbrook Lane
Coventry CV6 4AA, GB

72 Inventor/es: **Clothier, Michael**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 363 256 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

Control del frenado de una aeronave.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere al control del frenado de una aeronave y particular, pero no exclusivamente al control del frenado de una aeronave para vehículos aéreos no tripulados (UAV - Unmanned air vehicles).

10 **Antecedentes de la invención**

15 Convencionalmente, los frenos de una aeronave son controlados por el piloto por medio de unos pedales de freno derecho e izquierdo que proveen un control independiente de los frenos en los lados izquierdo y derecho de la aeronave. Cualquier variación en el comportamiento global del frenado a cada lado de la aeronave resultará en que la aeronave cambie de dirección hacia un lado de la pista. Sin embargo, el piloto es capaz de utilizar los controles de los frenos independientes para los lados izquierdo y derecho de la aeronave para compensar cualquier variación y mantener la aeronave estable y recta en la pista.

20 Para los UAV el sistema de control de los frenos necesita asumir el papel del piloto en el mantenimiento de la aeronave para que se desplace en una línea recta durante el frenado. Un control simple que actúe en todos los frenos para conseguir un nivel deseado de desaceleración de la aeronave no tendrá en cuenta las variaciones en el momento de torsión generado por las unidades de frenos en los lados izquierdo y derecho de la aeronave. Cualquier variación en el momento de torsión de los frenos entre los dos lados de la aeronave resultará en que la aeronave cambiará su dirección hacia el lado de la pista que corresponda al lado con el momento de torsión del freno mayor.

25 Existen sistemas para controlar la presión aplicada a los frenos en respuesta a señales representativas del momento de torsión del freno aplicado. Un sistema de este tipo se describe en el documento WO 2005/087563. Sin embargo, los sistemas de este tipo confían en sensores muy costosos y el control es difícil dada la variación en el momento de torsión que se contempla en los materiales de fricción carbono-carbono que se utilizan en los frenos de las aeronaves modernas.

30 **Sumario de la invención**

35 La invención incluye un aparato para controlar un sistema de frenado de una aeronave que comprende por lo menos unos medios de frenado de un primer lado para el frenado de una rueda colocada en un primer lado de un eje longitudinal de una aeronave y por lo menos unos medios de frenado de un segundo lado para el frenado de una rueda colocada en un segundo lado del eje longitudinal, comprendiendo dicho aparato unos medios de control para el procesamiento de las indicaciones respectivas del efecto de frenado de los medios de frenado y en respuesta al resultado de dicho procesamiento emitir señales de control para controlar las fuerzas de frenado aplicadas por los medios de frenado, comprendiendo cada indicación del efecto de frenado una relación de deslizamiento del freno calculada utilizando la ecuación:

$$\text{relación de deslizamiento del freno} = \frac{\text{velocidad de la aeronave} - \text{velocidad de la rueda}}{\text{velocidad de la aeronave}}$$

45 siendo calculadas dichas señales de control para igualar dichas relaciones de deslizamiento del freno, para causar de ese modo que la fuerza de frenado aplicada en dicho primer lado del eje longitudinal por dichos por lo menos unos medios de frenado de un primer lado equilibre la fuerza de frenado aplicada en el segundo lado del eje longitudinal por dichos por lo menos unos medios de frenado de un segundo lado, caracterizado porque dichas indicaciones del efecto de frenado se determinan sobre la base de la velocidad de la rueda de la rueda respectiva y un valor de la velocidad de la aeronave obtenido sin referencia a la velocidad de la rueda.

50 La invención incluye asimismo un procedimiento para controlar los frenos de una aeronave que tenga por lo menos una unidad de frenado de un primer lado para el frenado de una rueda respectiva colocada en un primer lado de un eje longitudinal de una aeronave y por lo menos una unidad de frenado del segundo lado para el frenado de una rueda respectiva colocada en un segundo lado del eje longitudinal, comprendiendo dicho procedimiento el procesamiento de mediciones respectivas del comportamiento de las unidades de frenado, las mediciones respectivas del comportamiento son una relación de deslizamiento que se calcula utilizando la ecuación:

$$\text{relación de deslizamiento del freno} = \frac{\text{velocidad de la aeronave} - \text{velocidad de la rueda}}{\text{velocidad de la aeronave}}$$

60 y, según una salida de procesamiento, emitiendo unas señales de mandato para controlar las respectivas fuerzas de frenado aplicadas por la unidad de frenado calculadas para igualar dichas relaciones de deslizamiento del freno, para obtener de ese modo un equilibrio de fuerzas entre las fuerzas de frenado aplicadas en el primer lado del eje longitudinal por dicha por lo menos una unidad de frenado del primer lado y la fuerza aplicada en el segundo lado del

eje longitudinal por dicha por lo menos una unidad de frenado de segundo lado, caracterizado porque las mediciones respectivas del comportamiento de las unidades de frenado se calculan utilizando una velocidad de giro de la rueda para la respectiva rueda y una indicación de la velocidad de la aeronave obtenidas sin referencia a la velocidad de la rueda.

5 Se comprenderá que la invención puede ser puesta en práctica por medio de programas o un transportador de datos cargado en un sistema de control del frenado existente en la aeronave, o sustituyendo una pastilla o bien otros circuito del sistema en un sistema de control de frenado existente de una aeronave y también es posible ampliar los sistemas de control de frenado existentes para proveer la funcionalidad de equilibrado de la invención.

10 También se comprenderá que la invención puede ser implantada mediante la ampliación de un sistema de control que tenga una función control de múltiples sistemas más allá del control de los frenos de una aeronave.

15 Se apreciará que, aunque particularmente aplicable a los UAV, la invención también se puede utilizar en el control de los frenos de una aeronave tripulada durante los aterrizajes que se llevan a cabo bajo el control de un sistema de autofreno o directamente controlado por el piloto.

20 También se comprenderá que la invención provee el equilibrado de las fuerzas de frenado aplicadas a cada lado del eje longitudinal de la aeronave para evitar, o por lo menos reducir, cualquier fuerza de frenado desequilibrada que podría causar que la aeronave cambiara de dirección en la dirección del lado al cual se aplica la fuerza de frenado más alta.

25 En las formas de realización, en las cuales se aplica la invención al control de los frenos de una aeronave que tiene múltiples ruedas a cada lado, está provisto un control del equilibrio de las fuerzas entre los dos lados y el sistema de control puede controlar también el equilibrio de fuerzas entre los frenos individuales de los conjuntos de frenos a cada lado de modo que ningún freno en un conjunto esté sobrecargado comparado con los otros frenos del conjunto.

Breve descripción de los dibujos

30 Con fin de que la invención se pueda comprender bien, a continuación se describirán algunas formas de realización de la misma, las cuales se proporcionan a título de ejemplo únicamente, haciendo referencia a los dibujos, en los cuales:

35 la figura 1 muestra el lado inferior de un vehículo aéreo no tripulado (UAV);

la figura 2 es una representación esquemática de un sistema de control del frenado de una aeronave y el sistema de frenos del UAV representado en la figura 1; y

40 la figura 3 es una representación esquemática de un sistema de control de frenado de una aeronave y un sistema de frenos para una aeronave provista de múltiples ruedas frenadas a cada lado del eje longitudinal de la aeronave.

Descripción detallada de la forma de realización

45 Haciendo referencia a la figura 1 un vehículo aéreo no tripulado (UAV) 10 comprende un fuselaje 12 provisto de un eje longitudinal 14. Una unidad propulsora 16 está montada hacia la parte trasera del fuselaje 12. Un par de alas 18 se prolongan desde la sección media del fuselaje 12 y un par de alerones del plano de cola 20 están provistos adyacentes al extremo trasero del fuselaje.

50 Las alas 18 transportan respectivas ruedas 22L, 22R sostenidas en patas 24L, 24R. Una rueda adicional 26 está prevista hacia la parte trasera del fuselaje 12. Cada rueda 22L, 22R tiene una unidad de frenos asociada (no representada en la figura 1) para el frenado del UAV 10 en el aterrizaje y durante las maniobras en tierra. La rueda 26 no está frenada.

55 La figura 2 muestra el sistema de frenos del UAV 10 en combinación con un sistema de control del frenado de la aeronave para controlar el sistema de frenos. El sistema de frenos comprende unas respectivas unidades de frenos 30L, 30R asociadas con las ruedas 22L, 22R. Las unidades de frenos 30L, 30R preferentemente son unidades de carbono-carbono, pero pueden ser cualquier tipo de freno adecuado para utilizarlo en una aeronave. Las unidades de frenos 30L, 30R son accionados por respectivos accionamientos de los frenos 32L, 32R bajo el control de los respectivos controles de los frenos 34L, 34R. Los accionamientos de los frenos 32L, 32R pueden ser de cualquier tipo convencional. Por ejemplo los accionamientos de los frenos 32L, 32R pueden comprender bombas y válvulas hidráulicas para el accionamiento de las unidades de frenos 30L, 30R por medio de presión hidráulica controlada o servomotores eléctricos para el accionamiento de las unidades de frenos 30L, 30R eléctricamente. Los accionamientos para los frenos de la aeronave resultarán familiares a los expertos en la materia y, por lo tanto, no se describirán en detalle adicionalmente en la presente memoria.

65 El sistema de frenos de la aeronave está controlado por medio de un sistema de control del frenado de la aeronave

que comprenden una unidad de control de los frenos 40 y unos respectivos sensores de la velocidad de las ruedas 42L, 42R. Los sensores de la velocidad de las ruedas 42L, 42R proporcionan unas señales indicativas de la velocidad de giro de las ruedas 22L, 22R. Las señales desde los sensores de la velocidad de las ruedas 42L, 42R son alimentadas a la unidad de control de los frenos 40. La unidad de control de los frenos 40 puede incluir cualquier dispositivo de acondicionamiento de señales necesario para poner las señales desde los sensores de la velocidad de las ruedas 42L, 42R en una condición que permita que las señales sean procesadas por un procesador 44 que es una parte de la unidad de control de los frenos 40. Por ejemplo, el conjunto de control de los frenos 40 puede incluir convertidores de analógico a digital (A/D), medios de amplificación o medios de filtrado para acondicionar las señales desde los sensores. Los sensores de la velocidad de las ruedas 42L, 42R pueden ser cualquier sensor adecuado, conocido en la técnica.

La unidad de control de los frenos 40 comprende también una unidad de memoria 46 que comprende una memoria de acceso aleatorio (RAM) y una memoria de sólo lectura (ROM). La memoria ROM se utiliza para almacenar un programa para el funcionamiento del sistema de control del frenado de la aeronave y cualquier dato de consulta que pueda ser utilizado por el programa de funcionamiento.

La unidad de control de los frenos 40 tiene un puerto de entrada 48 para recibir una señal de los datos de la velocidad de la aeronave generados independientemente desde una fuente de datos de la velocidad 50. La señal normalmente será una señal de referencia inercial (IRS). Sin embargo, los datos de la velocidad de la aeronave pueden estar provistos por otros sistemas utilizados individualmente o en combinación con la IRS. Uno de dichos sistemas es el sistema de posicionamiento global (GPS).

El sistema de control del frenado de la aeronave también comprende un sistema de autofreno 52 que en esta forma de realización es una unidad separada. Se comprenderá que la unidad de control del frenado 40 puede ser una unidad independiente que funcione conjuntamente con un sistema separado de autofreno 52 como se representa, o puede estar integrado en una unidad única que proporcione la funcionalidad de autofreno. De forma similar, el sistema de control del frenado de la aeronave puede comprender un sistema de control antideslizante provisto como una unidad separada o solidaria con la unidad de control de los frenos 40 o una unidad del sistema de autofrenado. Los sistemas de control de autofrenado y antideslizante resultarán familiares para los expertos en la materia y por lo tanto no se describirán con detalle adicionalmente en la presente memoria.

Durante la utilización, la unidad de control de los frenos 40 recibe la señal de los datos de la velocidad desde la fuente de datos de la velocidad 50. Cuando el UAV 10 está en el suelo y rodando, señales de la velocidad de las ruedas respectivas indicativas de la velocidad de giro de las ruedas 22L, 22R son transmitidas a la unidad de control de los frenos 40 por los sensores de la velocidad de las ruedas 42L, 42R.

El procesador 44 procesa las señales de la velocidad de las ruedas recibidas para calcular un radio individual para cada rueda 30L, 30R. El radio de las ruedas se calcula dividiendo la velocidad de la aeronave (como se indica por la señal de los datos de la velocidad de la aeronave) por la velocidad de la rueda. La velocidad de la rueda está expresada en radianes/segundo (rads/s) y la velocidad de la aeronave estará expresada en metros/segundo (m/s) o nudos y el resultado de la división es un radio calculado para la rueda para un instante individual en el tiempo. Se apreciará que la unidad de control de los frenos 40 puede incluir circuitos de acondicionamiento para el escalado de las respectivas señales para hacerlos compatibles con el proceso de división, o el procesador puede aplicar una rutina de escalado como una parte del proceso de división.

Se prefiere que los radios de las ruedas sean calculados continuamente mientras la aeronave está rodando mediante la utilización de una técnica promedio de rodadura que comprende la realización de un cálculo simple para cada bloque del programa, por ejemplo, como sigue a continuación:

- i) la velocidad de la aeronave se divide por la velocidad de la rueda y el resultado se almacena;
- ii) el valor almacenado se coloca en un registro de 8 bit y se mueve hacia la derecha cada bucle del programa;
- iii) los contenidos del registro se suman y el resultado se divide por 8 para proveer un radio de la rueda promedio.

Este proceso genera eficazmente un radio calculado independiente para cada rueda 30L, 30R en un proceso continuo utilizando una técnica promedio del rodaje.

En el punto de "conexión de los frenos" instigado por el sistema de autofrenado 52, el radio calculado para cada rueda se congela y el sistema de autofreno 52 emite mandatos a los controles de los frenos 34L, 34R para causar que apliquen una fuerza de freno igual a cada lado del UAV 10. El sistema de autofreno 52 ajusta la fuerza de freno total aplicada para conseguir la velocidad de desaceleración seleccionada.

El "radio de la rueda congelado" es utilizado por el procesador 44 para calcular una medición del comportamiento (valor del efecto del frenado) para cada conjunto de frenos 30L, 30R en la forma de una relación de deslizamiento para cada rueda 22L, 22R. La relación de deslizamiento se determinó utilizando la ecuación:

$$\text{relación de deslizamiento del freno} = \frac{\text{velocidad de la aeronave} - \text{velocidad de la rueda}}{\text{velocidad de la aeronave}}$$

en la que la velocidad de la rueda es el producto de la velocidad de giro de la rueda y el radio congelado de la rueda (esto es, la velocidad de giro de la rueda, como está representada por las señales desde el sensor de la velocidad de la ruedas, se multiplica por el radio de la rueda congelado).

Durante la carrera de frenado, la relación de deslizamiento instantánea para cada rueda 22L, 22R es calculada de forma repetida por el procesador 44 utilizando un bucle de repetición del programa. El procesador 44 compara las relaciones de deslizamiento calculadas para las ruedas 22L, 22R para determinar cuál es la diferencia que existe entre ellas. El procesador 44 envía señales de mandato a los controles de los frenos 34L, 34R para reducir o incrementar la fuerza de frenado efectiva aplicada por las unidades de frenos 32L, 32R según la diferencia entre las respectivas relaciones de deslizamiento. Las señales de mandato causan un cambio en la fuerza de frenado aplicada a las unidades de frenos 30L, 30R que se calcula para dirigir las relaciones de deslizamiento hacia un promedio de los dos últimos valores calculados. La unidad de control de los frenos 40, por lo tanto, ajusta de forma continua la ganancia de los controles de los frenos 34L, 34R para intentar y conseguir la igualdad de las relaciones de deslizamiento para las dos unidades de frenos 30L, 30R. Haciendo esto, la fuerza de frenado que actúa en cada lado del UAV 10 se iguala para mantener el vehículo aéreo no tripulado rodando en línea recta durante el frenado.

Se apreciará que la utilización de la ecuación de la relación de deslizamiento proporciona un número que es independiente de la velocidad real del UAV y por lo tanto hace más fácil de realizar el equilibrado de la fuerza de freno. Si se utilizara el equilibrado de la velocidad de la rueda en lugar del equilibrado del deslizamiento entonces la señal de la diferencia sería en nudos o m/s, lo cual sería mucho más difícil de controlar. Esto es así porque se tendría que utilizar una ganancia variable sobre la base de la velocidad real del UAV para variar la ganancia proporcional integral y diferencial a medida que la velocidad de la aeronave se reduce bajo el frenado. Esta dificultad puede ser ilustrada considerando un ejemplo de un UAV desacelera. A una velocidad de 100 nudos del UAV, una variación entre las dos ruedas de 2 nudos sería igual a una variación de la relación de deslizamiento del 2%. Sin embargo, cuando el UAV ha desacelerado hasta 10 nudos, una variación de la rueda de 2 nudos sería igual a una relación de deslizamiento del 20%.

Para un funcionamiento seguro del UAV 10 durante el aterrizaje, el frenado del rodaje sobre el suelo a alta velocidad y durante un despegue rechazado, es esencial igualar la relación de deslizamiento para cada rueda 22L, 22R durante el frenado para mantener el UAV en línea recta. Se apreciará que el sistema de control del frenado de la aeronave permite el funcionamiento seguro de los frenos en UAV, proveyendo un frenado uniforme en los lados izquierdo y derecho del UAV incluso cuando existe una variación en el coeficiente de fricción generada por el material de fricción en los dos lados.

Se comprenderá que a veces durante el trabajo de rodaje sobre el suelo a baja velocidad, puede ser necesario utilizar los frenos para girar el UAV. Cuando los frenos se van a utilizar para girar el UAV la relación de deslizamiento se puede ajustar para ralentizar la rueda en el lado alrededor del cual la aeronave va a ser girada más que la rueda en el otro lado.

El sistema de frenos de la aeronave representado en la figura 2 es para un UAV que presenta únicamente una rueda 22L, 22R en cada pata 24L, 24R. La figura 3 ilustra un sistema de frenos de una aeronave y un sistema de control de frenado de una aeronave que funcionan bajo principios similares, pero para una aeronave que tiene más de una rueda en cada pata.

La figura 3 muestra un sistema de control de frenado de una aeronave y un sistema de frenos de una aeronave para una aeronave que tiene cuatro ruedas 100 sostenidas desde una pata (no representada) que está unida al ala del lado izquierdo de una aeronave (no representado). El sistema de frenos comprende una unidad de frenos individual 102 para cada rueda 100 con unos respectivos accionamientos 104 para la aplicación de una fuerza de freno a las unidades de frenos y los controles de los respectivos frenos 106 para los accionamientos.

El sistema de control del frenado de la aeronave comprende una unidad de control de los frenos 108 que incluye un procesador 110, una unidad de memoria (RAM y ROM) 112, un módulo del puerto de entrada 114, un módulo del puerto de salida 116 y sensores de la velocidad de las ruedas respectivos 118 para detectar las velocidades individuales de las ruedas 100. Los sensores de la velocidad de las ruedas 118 están conectados al módulo del puerto de entrada 114 para la transmisión de señales indicativas de la velocidad giratoria de las ruedas a la unidad de control de los frenos 108 para el procesamiento por el procesador 110. La unidad de control de los frenos 108 también puede incluir cualquier equipo de acondicionamiento de las señales adecuado requerido para acondicionar las señales para hacerlas adecuadas para el procesamiento por el procesador 110. Los controles de los frenos 106 están conectados al módulo del puerto de salida 116 para la recepción de señales de mandato desde la unidad de control de los frenos 108.

La unidad de control de los frenos 108 puede ser una unidad independiente que funcione conjuntamente con otros

elementos del sistema de control del frenado, tales como un sistema de autofrenado o un sistema de antideslizamiento o puede estar integrado en una unidad individual que proporcione la funcionalidad de autofreno y antideslizamiento.

5 Una fuente de datos 120 para suministrar señales de datos indicativas de la velocidad de la aeronave está conectada al módulo del puerto de entrada 114. Las señales de datos pueden ser IRS o del GPS global o una combinación de ambas o cualquier otra señal adecuada que represente la velocidad de la aeronave independientemente de la velocidad de las ruedas.

10 Para una representación fácil, la figura 3 muestra la unidad de control de los frenos 108 en combinación con el equipo asociado con las ruedas de la izquierda 100 de una aeronave. Se apreciará que aunque no se representa en detalle, existe un conjunto correspondiente de equipo 122 para las ruedas del lado derecho de la aeronave. El equipo en el lado derecho está conectado al módulo del puerto de entrada 114 y al módulo del puerto de salida 116 de la unidad de control de los frenos 108 y accionado del mismo modo que el equipo en el lado izquierdo.

15 Durante la utilización, el sistema de autofreno 124 está ajustado tanto a la velocidad de desaceleración mínima como a la media (la selección de la velocidad máxima invariablemente inducirá una actividad de corrección de antideslizamiento que anulará la operación de equilibrado). La unidad de control de los frenos 108 funciona para determinar una relación de las ruedas para cada rueda 100 a ambos lados de la aeronave utilizando la técnica del promedio de rodadura del mismo modo que la unidad de control de los frenos 40. En el punto de "conexión de los frenos", son emitidos mandatos a los controles de los frenos 106 a cada lado de la aeronave para aplicar una fuerza de frenado igual a cada lado de la aeronave. El sistema de autofreno 124 ajusta la fuerza de los frenos total aplicada para conseguir la velocidad de desaceleración seleccionada.

25 Desde el momento en que se conectan los frenos, la unidad de control de los frenos 108 determina un valor del efecto de frenado en forma de una relación de deslizamiento para cada rueda 100 del mismo modo que la unidad de control de los frenos 40. Por lo tanto para cada lado de la aeronave, se calculan cuatro relaciones de deslizamiento. Las relaciones para cada lado se suman y se dividen por cuatro para producir una relación de deslizamiento promedio para cada lado de la aeronave. Las dos relaciones de deslizamiento promedio se suman entonces y se dividen por dos para producir una relación de deslizamiento objetivo. Esta relación de deslizamiento objetivo es el valor requerido para desacelerar la aeronave a la velocidad requerida. La unidad de control de los frenos 108 emite mandatos a los controles de los frenos 106 a cada lado de la aeronave para incrementar la fuerza de frenado en una pata y reducir la fuerza de frenado en la otra pata para dirigir las relaciones de deslizamiento promedio respectivas hacia la relación objetivo. Esto asegura que la aeronave consigue la velocidad de desaceleración requerida mientras mantiene el movimiento en línea recta. Las relaciones de deslizamiento individuales para cada rueda 100 en una pata son entonces procesadas de un modo similar para producir señales de mandato que ajustan la fuerza de frenado en cada rueda para mantener el promedio para las cuatro ruedas mientras se equilibra la distribución de energía igualmente entre las unidades de frenos 102. La unidad de control de los frenos 108, por lo tanto, utiliza la técnica de equilibrado de la relación de deslizamiento para igualar primero la fuerza de frenado a través del eje longitudinal de la aeronave utilizando las relaciones de deslizamiento promedio para los dos conjuntos de ruedas y entonces equilibra la fuerza de frenado aplicada por las unidades de frenos individuales 102 de cada unidad de ruedas de modo que la carga de frenado se distribuya uniformemente entre las unidades de frenos. Por lo tanto, por ejemplo, al final de un bucle del programa, la unidad de control de los frenos 108 pueden emitir mandatos que causen que la fuerza de freno aplicada por una unidad de frenos 102 se reduzca mientras las fuerzas aplicadas por las otras tres unidades de frenos 102 en la pata aumenten de forma variable para obtener la fuerza promedio requerida.

50 Se apreciará que la facilidad de equilibrar la carga de frenado asumida por las unidades de frenos individuales 102 es ventajosa en términos de la mejora de la vida global de la unidad de frenos igualando el desgaste de los frenos y reduciendo la probabilidad de fallos en las unidades de frenos. Esto es probable que sea especialmente valioso para los sistemas de frenos que comprenden unidades de frenos que tienen superficies de fricción carbono-carbono. Esto es así porque las unidades de carbono-carbono tienden a proveer unas fuerzas de frenado más desiguales que los frenos de acero. Esto se puede comprender haciendo referencia a un ejemplo extremo en el cual en cada lado de la aeronave una unidad de frenos de carbono-carbono de una unidad de cuatro provee suficiente fuerza de frenado para conseguir la velocidad de desaceleración requerida. Esto resulta en que un conjunto absorbe una cantidad enorme de energía cinética, la cual por diseño debe ser compartida uniformemente entre las cuatro unidades de frenos. Mediante la utilización de la técnica de equilibrado descrita esta falta de igualdad se puede por lo menos reducir.

60 Como una alternativa para la determinación de una relación de deslizamiento promedio para cada lado de la aeronave, la unidad de control de los frenos 108 podría determinar una relación de deslizamiento promedio para la aeronave sumando las relaciones de deslizamiento individuales para todas las ruedas 100 y a continuación, dividirlo por ocho. En este caso, la unidad conjunto de control de los frenos 108 emitiría mandatos a los controles de los frenos individuales 106 que ajustarían la ganancia de los controles para ajustar la fuerza de freno individual aplicada por cada unidad de frenos 102 al promedio. Actualmente, el procedimiento anteriormente descrito de la determinación de un promedio de los dos valores se prefiere ya que el equilibrado de las unidades de frenos

individuales frente al promedio de la aeronave se considera más difícil de poner en práctica.

5 Los procedimientos de control del frenado descritos en relación con las figuras 2 y 3 aplican cada uno las técnicas de equilibrado en el frenado bajo el control de un sistema de autofreno. Las técnicas se pueden aplicar igualmente a UAV y a aeronaves tripuladas. Las técnicas también pueden proveer beneficios si se utilizan durante un aterrizaje controlado por el piloto (esto es, en el cual el piloto controla la fuerza de frenado aplicada utilizando los pedales del freno en lugar de utilizando un autofreno). Equilibrando automáticamente la energía absorbida por los conjuntos de frenos, el trabajo requerido por parte del piloto para equilibrar la fuerza de frenado aplicada a los dos lados de la aeronave no es necesario, o por lo menos se reduce.

10 Se comprenderá que, disponiendo de los radios de las ruedas calculados por el control de los frenos, es posible conseguir un control mucho más preciso del sistema de frenos de la aeronave. Si se utilizara un valor fijo almacenado, los resultados obtenidos serían menos precisos puesto que, mientras se utilizan, los diámetros de las ruedas pueden cambiar debido a cambios en la presión de los neumáticos, desgaste y cambios en la temperatura.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para controlar un sistema de frenado de una aeronave que comprende por lo menos unos medios de frenado de un primer lado (30L) para el frenado de una rueda (22L) colocada en un primer lado de un eje longitudinal (14) de una aeronave (10) y por lo menos unos medios de frenado de un segundo lado (30R) para el frenado de una rueda (22R) colocada en un segundo lado del eje longitudinal (14), comprendiendo dicho aparato unos medios de control (40) para el procesamiento de unas respectivas indicaciones del efecto de frenado de los medios de frenado (30L, 30R) y en respuesta al resultado de dicho procesamiento la emisión de señales de control para controlar las fuerzas de frenado aplicadas por los medios de frenado (30L, 30R), comprendiendo cada indicación del efecto de frenado una relación de deslizamiento de los frenos calculada utilizando la ecuación:

$$\text{relación de deslizamiento del freno} = \frac{\text{velocidad de la aeronave} - \text{velocidad de la rueda}}{\text{velocidad de la aeronave}}$$

siendo calculadas dichas señales de control para igualar dichas relaciones de deslizamiento de los frenos, causando de ese modo que la fuerza de frenado aplicada en dicho primer lado del eje longitudinal (14) por dichos por lo menos unos medios de frenado del primer lado (30L) para equilibrar la fuerza de frenado aplicada en el segundo lado del eje longitudinal (14) por dichos por lo menos unos medio de frenado del segundo lado (30R), caracterizado porque dichas indicaciones del efecto del frenado se determinan sobre la base de la velocidad de la rueda de la respectiva rueda (22L, 22R) y un valor de la velocidad de la aeronave obtenidos sin referencia a la velocidad de las ruedas.

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de control (40) se pueden accionar para procesar las respectivas relaciones de deslizamiento de una pluralidad de unos medios de frenado del primer lado (30L) para determinar un valor de la relación de deslizamiento promedio del primer lado, para procesar las respectivas relaciones de deslizamiento de una pluralidad de medios de frenado del segundo lado (30R) para determinar un valor de la relación de deslizamiento promedio del segundo lado y procesar dichos valores de la relación de deslizamiento promedio para determinar un valor de la relación de deslizamiento objetivo que es un promedio de dichos valores de las relaciones de deslizamiento promedio, siendo calculadas dichas señales de control para causar que dichos medios de frenado del primer lado (30L) proporcionen un valor de la relación de deslizamiento promedio del primer lado por lo menos sustancialmente igual a dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo y dichos medios de frenado del segundo lado (30R) proporcionen un valor de la relación de deslizamiento promedio del segundo lado por lo menos sustancialmente igual a dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo.

3. Aparato según la reivindicación 2, en el que dichos medios de control (40) se pueden accionar para comparar las respectivas relaciones de deslizamiento de dichos medios de frenado del primer lado con dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo y proporcionar unas respectivas señales de mandato para causar que las respectivas fuerzas de frenado aplicadas por dichos medios de frenado del primer lado (30L) se ajusten hacia dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo al tiempo que se mantiene un valor de la relación de deslizamiento promedio del primer lado por lo menos sustancialmente igual a dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo y comparar las respectivas relaciones de deslizamiento de dichos medios de frenado del segundo lado (30R) con dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo y proporcionar unas señales de control respectivas para causar que las fuerzas de frenado respectivas aplicadas por dichos medios de frenado del segundo lado (30R) se ajusten hacia dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo al tiempo que se mantiene un valor de la relación de deslizamiento promedio del segundo lado por lo menos sustancialmente igual a dicho valor de la relación de deslizamiento objetivo.

4. Aparato según la reivindicación 1, en el que dichos medios de control (40) determinan un valor de la relación de deslizamiento objetivo que es un promedio de las respectivas relaciones de deslizamiento de los medios de frenado de los lados primero (30L) y segundo (30R) y dichas señales de control están destinadas a causar que cada uno de dichos medios de frenado (30L, 30R) apliquen una fuerza de frenado que proporcione una relación de deslizamiento que corresponda a dicha relación de deslizamiento objetivo.

5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha velocidad de las ruedas se determina multiplicando un valor detectado de la velocidad de las ruedas por un valor del radio de las ruedas.

6. Aparato según la reivindicación 5, en el que dicho valor del radio de las ruedas es un respectivo valor calculado para cada rueda (22L, 22R).

7. Aparato según la reivindicación 6, en el que los medios de control (40) calculan dicho valor del radio de las ruedas dividiendo un valor de la velocidad de la aeronave por dicho valor detectado de la velocidad de giro de la rueda para la respectiva rueda (22L, 22R).

8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dichos medios de control (40) calculan dicho valor del radio de las ruedas dividiendo los valores sucesivos de la velocidad de la aeronave por los valores detectados correspondientes de la velocidad de giro de la rueda para la respectiva rueda (22L, 22R) para obtener los valores instantáneos sucesivos de los radios de las ruedas y promediar dichos valores instantáneos sucesivos de los radios de las ruedas.

9. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende asimismo unos medios sensores de la velocidad (42L, 42R) para detectar la velocidad de giro de la rueda de las ruedas (22L, 22R) y enviar las respectivas señales indicativas de las velocidades de las ruedas a dichos medios de control (40).

5 10. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que dichos medios de control (40) se pueden accionar para provocar el frenado en el aterrizaje y proporcionar unas señales para causar que dichos medios de frenado (30L, 30R) apliquen fuerzas de frenado que provoquen una relación requerida de la desaceleración de las ruedas (22L, 22R).

10 11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende asimismo unos respectivos medios de control de los frenos (34L, 34R) para dichos por lo menos unos medios de frenado del primer lado (30L) y dichos por lo menos unos medios de frenado del segundo lado (30R), emitiendo los medios de control (40) dichas señales de control a los medios de control de los frenos (34L, 34R).

15 12. Aeronave (10) equipada con el aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

20 13. Procedimiento para controlar los frenos de una aeronave (10) provista de por lo menos una unidad de frenado de un primer lado (30L) para el frenado de una respectiva rueda (22L) colocada en un primer lado de un eje longitudinal (14) de una aeronave (10) y por lo menos una unidad de frenado de un segundo lado (30R) para el frenado de una respectiva rueda (22R) colocada en un segundo lado del eje longitudinal (14), comprendiendo dicho procedimiento el procesamiento de unas respectivas mediciones del comportamiento de las unidades de frenado (30L, 30R), las respectivas mediciones del comportamiento son una relación de deslizamiento que se calcula utilizando la ecuación:

$$\text{relación de deslizamiento del freno} = \frac{\text{velocidad de la aeronave} - \text{velocidad de la rueda}}{\text{velocidad de la aeronave}}$$

25 y según una salida del procesamiento, la emisión de señales de mandato para controlar las respectivas fuerzas de frenado aplicadas por las unidades de frenado (30L, 30R) calculadas para igualar dichas relaciones de deslizamiento de los frenos, obteniendo de ese modo un equilibrio de fuerzas entre las fuerzas de frenado aplicadas en el primer lado del eje longitudinal (14) por dicho por lo menos una unidad de frenado del primer lado (30L) y la fuerza aplicada en el segundo lado del eje longitudinal (14) por dicha por lo menos una unidad de frenado del segundo lado (30R), caracterizado porque las respectivas mediciones del comportamiento de las unidades de frenado (30L, 30R) se calculan utilizando una velocidad de giro de la rueda para la rueda respectiva (22L, 22R) y una indicación de la velocidad de la aeronave obtenida sin referencia a la velocidad de las ruedas.

30 14. Producto de programa de ordenador (44) que comprende programas de ordenador que en un entorno de ejecución se puede utilizar para poner en práctica el proceso de la reivindicación 13.

35 15. Aeronave (10) según la reivindicación 12, que es un vehículo aéreo no tripulado.

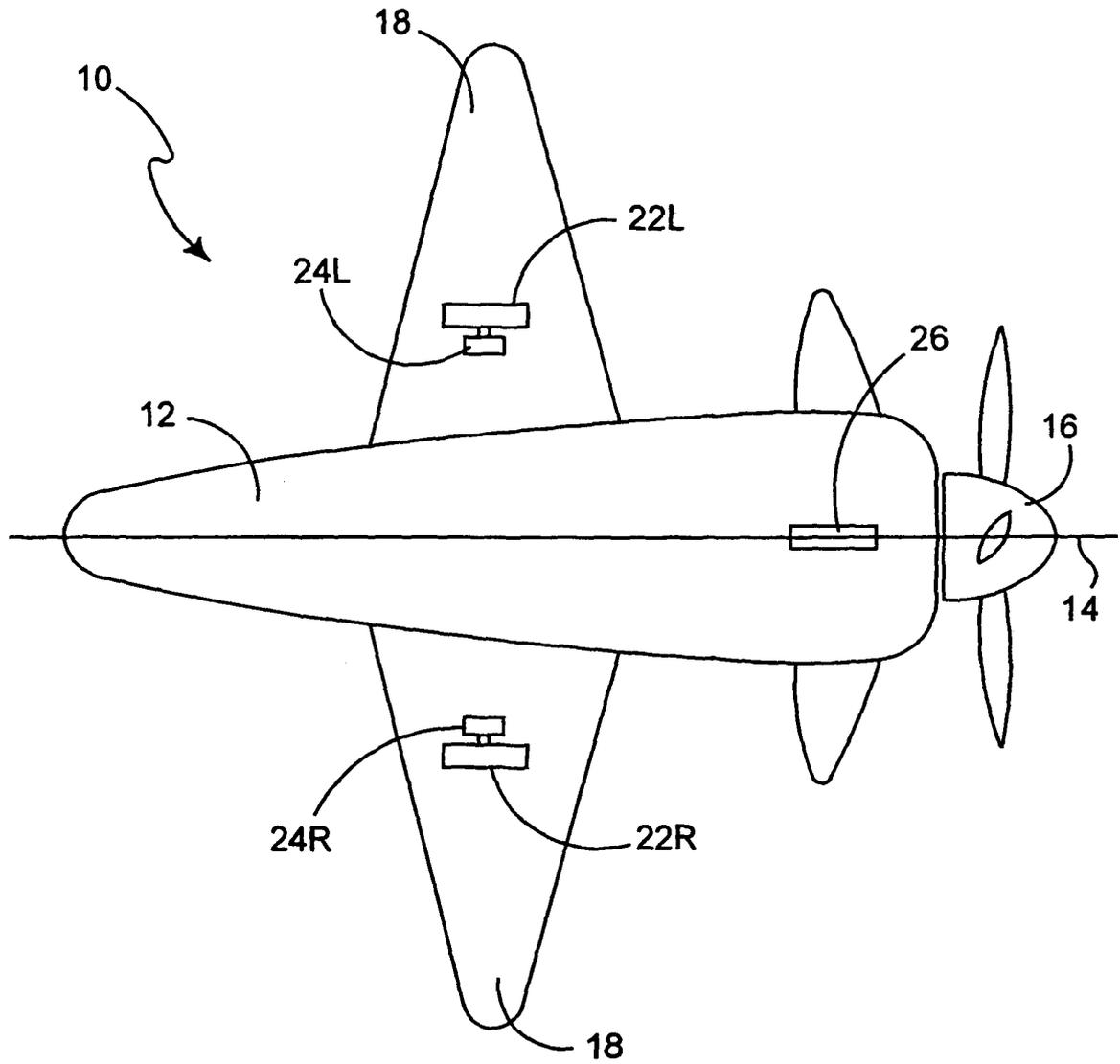


FIGURA 1

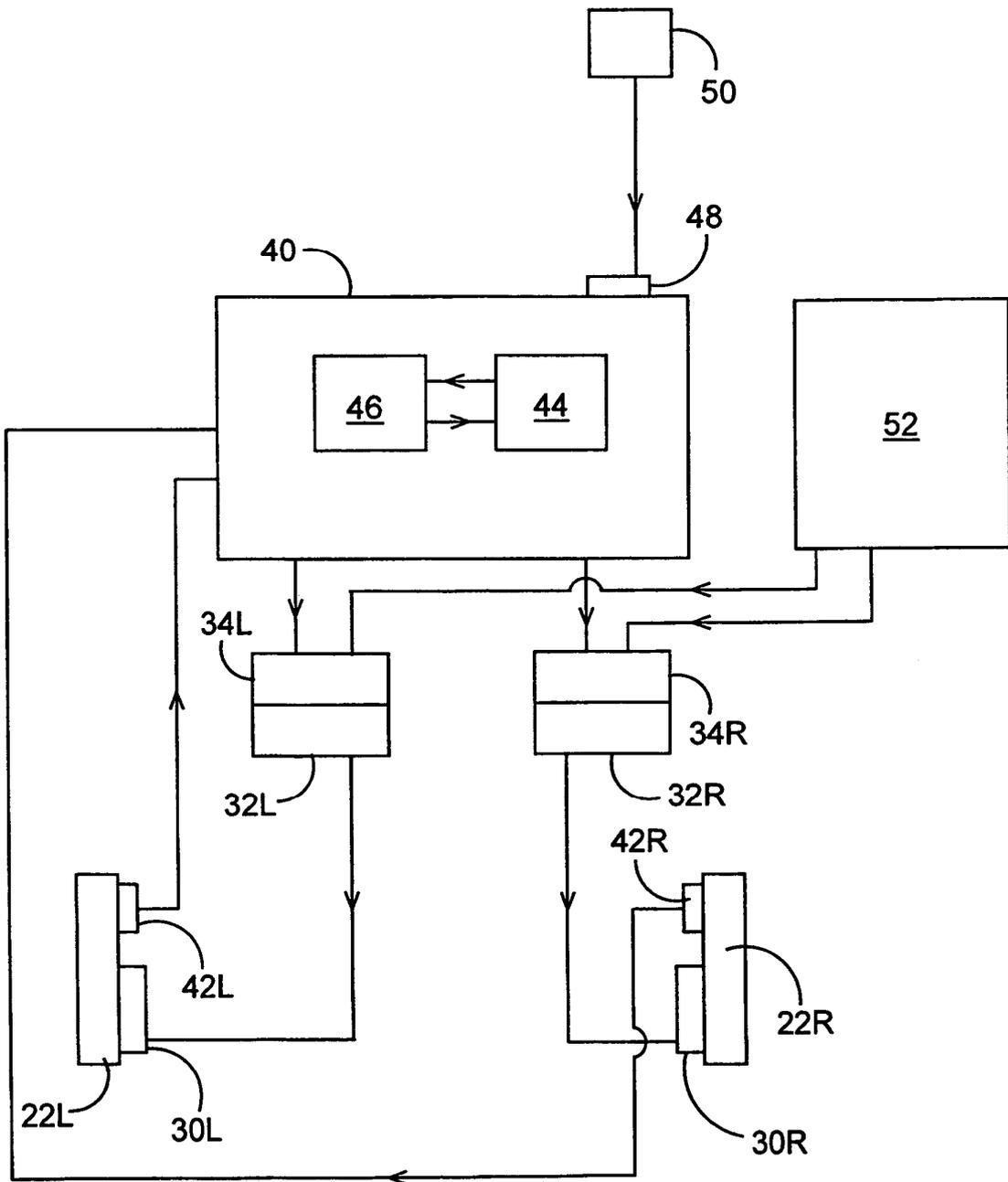


FIGURA 2

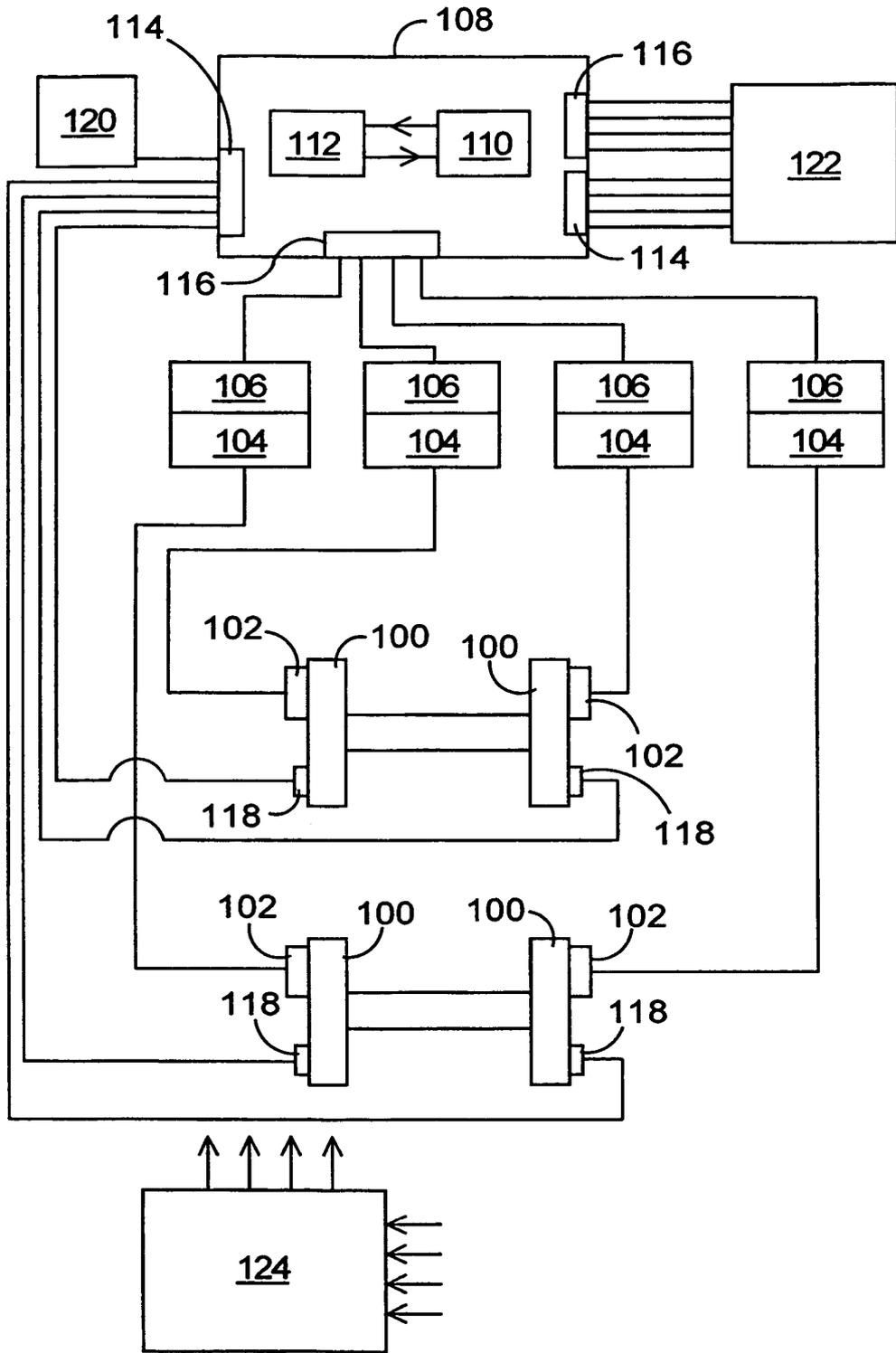


FIGURA 3