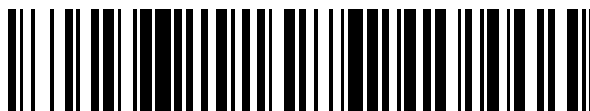


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 103**

51 Int. Cl.:

**B60T 17/22** (2006.01)

**G01L 5/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2001 E 08011918 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2014 EP 1970274**

54 Título: **Supervisión del estado de los frenos**

30 Prioridad:

**04.08.2000 GB 0019250**

**19.12.2000 GB 0030927**

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

**18.03.2014**

73 Titular/es:

**MEGGITT AEROSPACE LIMITED (100.0%)  
HOLBROOK LANE  
COVENTRY CV6 4AA, GB**

72 Inventor/es:

**MILLER, RICHARD JOHN;  
BAILEY, DAVID ALEXANDER;  
MARSHALL, ROSS JOHN y  
GRIFFIN, NICHOLAS CHARLES**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 449 103 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

Supervisión del estado de los frenos.

5 La presente invención se refiere a un sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves para un sistema de frenado de aeronaves y procedimiento para el mismo.

10 Los discos de freno de carbono con carbono se utilizan comúnmente en los frenos de aeronaves. La vida de servicio de un freno de carbono con carbono comúnmente se mide en términos del número de aterrizajes que se espera que consigan los discos de freno antes de su sustitución, el número de aterrizajes siendo registrado de forma rutinaria por los requisitos del mantenimiento y de aeronavegabilidad. El número esperado de aterrizajes comúnmente se utiliza como una garantía de una vida de servicio mínima para los paquetes térmicos que se venden o para calcular el coste por aterrizaje de frenos (CBL) cuando los paquetes térmicos de los frenos son arrendados a los operadores por los fabricantes de frenos.

15 Los frenos de aeronaves, especialmente los que utilizan materiales compuestos de carbono con carbono como los discos de fricción en una disposición de múltiples discos, pueden sufrir daños que pueden afectar al comportamiento de los frenos durante el servicio. Una inspección de rutina de los frenos entre los servicios planificados incluye la inspección del pasador de desgaste para asegurar que está disponible material suficiente para permitir que el paquete térmico absorba con seguridad la energía de una parada sin sobrecalentamiento ni daño del paquete térmico ni de los componentes circundantes. La inspección del pasador de desgaste únicamente revelará cuándo el paquete térmico está llegando al final de su vida de desgaste y no mostrará otros problemas que puedan afectar adversamente al comportamiento del freno tales como discos rotos, espigas de accionamiento desaparecidas, oxidación, desgaste no uniforme del disco, resistencia del freno o contaminación.

20 Es deseable tener información precisa para la determinación del estado y la predicción de la vida de los discos de freno de carbono con carbono. Esto es importante para la seguridad, así como por razones comerciales. Por ejemplo, los elevados costes de los discos de freno de carbono con carbono y los tiempos muertos de suministro del orden de seis meses hacen del aprovisionamiento de recambios un tema importante si se tiene que hacer mínimo el inventario y de ese modo el capital circulante.

25 Durante la utilización, los frenos de aeronaves se aplican en cinco situaciones: cuando aterriza, cuando rueda por la pista, durante el frenado de pre-retracción y muy raramente durante un despegue fallido. Esto es un punto importante, por ejemplo, porque se ha observado que el régimen del desgaste del freno de carbono depende en gran medida del número de operaciones de frenado efectuadas y no de la energía disipada durante el funcionamiento. Por lo tanto, el desgaste durante un amortiguamiento cuando rueda por la pista en un freno de carbono con carbono es similar a aquél de un aterrizaje completo.

30 La técnica anterior relacionada con la supervisión de los frenos incluye el documento DE-A-3433236 que da a conocer un dispositivo de supervisión de la aplicación de los frenos que está pensado para utilizarlo en un vehículo o una aeronave. Este dispositivo comprende un registrador cronológico el cual realiza trazados accionado por un transductor que mide la fuerza del freno, por ejemplo detectando la presión hidráulica aplicada y un sensor de inercia sensible a la desaceleración real del vehículo o aeronave. Sin embargo, existen diversas desventajas con esta propuesta. Por ejemplo, los frenos en una aeronave pueden requerir una presión aplicada de aproximadamente 150 libras por pulgada cuadrada (10,34 bar) simplemente para cerrar los juegos en el freno antes de que se vea cualquier efecto de frenado. Sin embargo, un incremento relativamente pequeño en la presión aplicada puede ser todo lo necesario para conseguir el efecto de frenado deseado para un amortiguamiento cuando rueda por la pista. En muchos sistemas existentes, existe poca o ninguna detección de la presión del freno lo cual significa que serían necesarias modificaciones en aquellos sistemas si se va a utilizar la presión del freno como un medio para la determinación de la aplicación de los frenos.

35 La utilización de un sensor de inercia no es capaz de identificar todas las clases de operaciones de frenado llevadas a cabo, por ejemplo, la comprobación del frenado contra el empuje del motor y podría ser identificada de forma errónea como una aplicación de frenado una desaceleración debida a la resistencia, los efectos del viento o reduciendo los gases de los motores como una aplicación de frenado.

40 En el contexto de un sistema de frenado, tal como un freno de las ruedas de una aeronave, es conocido medir parámetros físicos asociados con el efecto de frenado durante un funcionamiento del sistema de cara a regular ese efecto.

45 Por ejemplo, en un sistema de frenos de aeronaves servo accionado hidráulicamente (auto freno) la extensión hasta la cual el piloto tiene que presionar el pedal del freno, es decir la demanda de freno, se puede medir y la presión hidráulica resultante aplicada a los frenos se puede regular a un valor apropiado a la demanda. En ejemplos más complejos, se miden parámetros adicionales. Por lo tanto, la patente US serie nº 4.790.606 de Reinecke da a conocer un aparato para la medición o la regulación de la fuerza de frenado, aparato el cual incluye un sensor de la desaceleración, un sensor de la temperatura del freno, un sensor de masa y medios de evaluación los cuales utilizan

las señales a partir de estos sensores para conseguir la medición o la regulación. La patente US serie nº 4.592.213 de Rapoport da a conocer un sistema de frenado que comprende sensores de temperatura, fricción y presión y medios para comparar las señales a partir de estos sensores con valores previamente determinados y que accionan automáticamente el sistema de frenado de acuerdo con ellos. La patente US serie nº 4.572.585 de Guichard y la patente US serie nº 4.043.607 de Signorelli *et al* da a conocer asimismo sistemas de una naturaleza de este tipo.

En algunos casos, se señala la existencia de un frenado excesivamente ineficaz, por ejemplo, mediante una señal de aviso al piloto de una aeronave.

Según la invención, se proporciona un sistema según la reivindicación 1.

Preferentemente, el sistema incluye unos medios para la generación de una señal según los cambios del incremento de la temperatura de los elementos de freno durante el accionamiento de los frenos y unos medios para distinguir entre los accionamientos que no generan desgaste, que provocan un incremento por debajo de un valor umbral del parámetro del incremento de la temperatura y los accionamientos que generan desgaste, que provocan un incremento por encima de un valor umbral.

Preferentemente, el sistema incluye unos medios para procesar las señales para distinguir entre aquellas que quedan por debajo del valor umbral y aquellas que quedan por encima del valor umbral.

La invención se puede aplicar a una aeronave existente o a una nueva mediante la adición al freno de una unidad independiente con su propio suministro de energía o un suministro de energía exterior de los sistemas de la aeronave. Alternativamente, el equipo de control de los frenos o los programas se pueden modificar para incorporar el sistema a una aeronave existente o una nueva.

Los procedimientos para el almacenaje y la descarga de datos tales como la información almacenada son muy conocidos. La información sobre la utilización de los frenos se puede descargar en algún momento conveniente tal como por ejemplo durante el mantenimiento de la aeronave. Los datos pueden ser leídos directamente a partir de un visualizador visual o descargados a una instalación portátil para un análisis posterior. Alternativamente, la unidad de registro puede ser extraída para el análisis en otro lugar. La información también puede ser almacenada, por ejemplo, en una tarjeta de memoria que puede ser más fácil de extraer que la unidad completa.

El sistema de la invención puede utilizar la unidad de control antiderrapante (ASCU) incluyendo algoritmos adicionales dentro de los programas actuales, o una caja independiente que puede ser colocada tanto en el freno o en algún otro lugar dentro de la aeronave. Diferentes parámetros (presión hidráulica, temperatura, velocidad de las ruedas, momento de torsión, desplazamiento del pedal, desgaste del freno) pueden ser utilizados en los algoritmos para detectar cuándo ha tenido lugar una aplicación y posiblemente qué clase de aplicación ha sido. La información registrada puede ser descargada para el análisis de la utilización de los frenos y la información se puede utilizar para el mantenimiento, aprovisionamiento de recambios o fines de cargos.

La información descargada desde el sistema puede ser utilizada para construir una imagen detallada durante un período de tiempo de la utilización de los frenos para cada aerolínea que opera con un tipo de aeronave. Esta información puede ser utilizada para predecir con precisión cuándo se requerirá mantenimiento y cuándo los paquetes térmicos necesitan ser cambiados. Esto permitirá más precisión en el aprovisionamiento de recambios de paquetes térmicos, reduciendo el inventario de estos caros discos de carbono en la aerolínea y el fabricante de frenos y, por lo tanto, reduciendo los costes de funcionamiento.

La información descargada desde el sistema se puede utilizar para proporcionar garantías más fiables de la vida de servicio del freno teniendo en cuenta el desgaste debido a los diferentes tipos de utilización de los frenos. La información alternativamente se puede utilizar para ofrecer una planificación de pagos CBL para el cargo por todas las aplicaciones de los frenos, en lugar de únicamente por aterrizajes, con el cargo por cada aplicación de los frenos relacionado con el tipo de utilización y el desgaste asociado.

La congestión en muchos aeropuertos resulta en un número considerable de aplicaciones de los frenos durante la rodadura por la pista en donde se disipa una energía relativamente pequeña comparada con aquella disipada durante una carrera de aterrizaje. Este alto número de aplicaciones de los frenos durante el frenado en la rodadura por la pista puede reducir considerablemente la vida esperada del paquete térmico de discos de freno de carbono. Esto puede resultar en un coste adicional para los operadores de aeronaves cuando no se consigue la vida esperada del freno. Cuando los operadores pagan por los frenos sobre una base del coste por aterrizaje, a una aerolínea que promedia únicamente 2 amortiguamientos en rodadura por la pista por secuencia de aterrizaje se le cargará la misma tasa de coste por aterrizaje que una aerolínea que opera a partir de aeropuertos concurridos y con promedios de 20 amortiguamientos por secuencia. Si se puede registrar la información sobre el tipo de aplicación de los frenos se puede construir una imagen más detallada de la utilización de los frenos de la aeronave para ayudar en el control de los stocks y desarrollar un esquema de precios que refleje la utilización de los frenos. El conocimiento de los factores que influyen en la vida de los frenos también puede ser utilizado por las aerolíneas para formar a los pilotos en las técnicas de frenado para extender la vida de los frenos y reducir los costes de funcionamiento.

5 Cuando la aeronave está estacionaria no existe movimiento giratorio relativo de las superficies de fricción en contacto y, como en las aplicaciones de los frenos no generarán desgaste del carbono, se puede decidir que no sea deseable registrar estas aplicaciones. La diferencia entre las aplicaciones de los frenos mientras está estacionaria y las aplicaciones cuando la aeronave se está moviendo se puede establecer mediante un sistema que considere la velocidad de la aeronave en el momento en que se aplica el freno o que considere la conversión de la energía cinética en calor. Si la velocidad de la aeronave, medida, por ejemplo, por la señal a partir del transductor de la velocidad de las ruedas, está por debajo de un cierto valor umbral se puede considerar que la aeronave está estacionaria y la aplicación de los frenos no se anotará o registrará. Si la velocidad de la aeronave es igual o está por encima del valor umbral la aplicación de los frenos será registrada para proporcionar información sobre la utilización de los frenos.

15 Durante una aplicación de los frenos la energía de frenado se disipa a través del freno como calor. Por lo tanto, teóricamente es posible detectar incluso la más ligera aplicación de los frenos a través del cambio de la temperatura del freno. Los sensores de temperatura se incorporan de forma rutinaria en las unidades de frenos de modo que es posible detectar aplicaciones de los frenos dentro del sistema sin modificación o con una modificación limitada de los frenos existentes. La señal de la temperatura de los frenos puede ser procesada para proporcionar indicaciones fiables de todas las aplicaciones de los frenos.

20 Como se indica, los frenos de la aeronave pueden ser aplicados en cinco situaciones diferentes: cuando aterriza, cuando rueda por la pista, cuando está estacionaria, durante el frenado de pre-retracción y, ocasionalmente, durante un despegue fallido. Cada tipo de aplicación de los frenos se lleva a cabo dentro de una gama respectiva de entradas, por ejemplo la presión del fluido de los frenos, el desplazamiento del pedal del piloto o la velocidad de la rueda y cada tipo de aplicación de los frenos producirá una respuesta relativamente predecible a partir del freno en términos de salidas tales como, por ejemplo, elevación de la temperatura del paquete térmico o momento de torsión generado.

Según un tercer aspecto de la invención, está previsto un procedimiento según la reivindicación 9.

30 Preferentemente, las entradas de demandas de los frenos se supervisan y procesan para predecir salidas esperadas en los frenos. Las salidas reales también se supervisan y se comparan con las salidas esperadas o predichas para derivar la información sobre el estado del freno. Una información de este tipo puede ser utilizada para predecir la vida de servicio o detectar problemas que puedan conducir a un mantenimiento no planificado o a una extracción prematura del paquete térmico del freno.

35 Preferentemente el sistema predecirá las salidas esperadas del freno a partir de las entradas medidas y compara tales salidas esperadas con las salidas medidas. Cuando existe una variación entre las salidas esperadas y las medidas el sistema determinará si la variación es el resultado de un defecto en el estado del accionamiento de los frenos o del paquete térmico del freno.

40 Un sistema de este tipo para la supervisión del estado de los frenos se puede llevar a cabo dentro del sistema de control de los frenos con la adición de equipo o programas como sea necesario. Alternativamente, la supervisión se puede llevar a cabo dentro de una unidad de supervisión del estado especializado instalado en la aeronave y que recibe señales de los componentes del equipo del sistema de control de los frenos y de componentes de equipo adicional si se requiere.

50 El sistema puede incluir unos medios para alertar al piloto o al personal de tierra si se detecta un fallo en el estado de los frenos para permitir que se lleve a cabo el mantenimiento lo más pronto posible de modo que se hagan mínimos los riesgos para la seguridad de la aeronave y se incremente la capacidad de expedición de la aeronave. Para alertar al piloto de cualquier fallo puede estar provisto un visualizador en la cabina del piloto. El personal de tierra puede ser avisado de cualquier fallo detectado mediante un visualizador en o desde el sistema de control de los frenos o un sistema dedicado de supervisión del estado durante las verificaciones previas al vuelo o mediante una señal a una base en tierra.

55 Las señales que se pueden supervisar y procesar para proporcionar una "identificación" del freno, información a partir de la cual se puede derivar el estado del freno incluyen, pero no están limitadas a ellas, el desplazamiento del pedal del piloto, la presión del fluido de los frenos, la velocidad de las ruedas, la actividad antiderrapante, la temperatura de los frenos, el momento de torsión de los frenos, el desgaste de los frenos, el número de aplicaciones de los frenos, el tiempo de aplicación de los frenos, la vibración, la aceleración del chasis de los frenos, firma acústica, olor de los frenos. Además, la información puede ser recibida desde otros sistemas de la aeronave tales como, por ejemplo, el peso de la aeronave. Algunas de estas señales se pueden contemplar como entradas al freno y reflejan el tipo de aplicación de los frenos que es solicitada por el piloto o por el sistema de frenos automáticos, por ejemplo en un aterrizaje o de amortiguamiento cuando rueda por la pista. Unas entradas de este tipo incluyen, pero no están limitadas a ellas, el desplazamiento del pedal del piloto o la demanda de freno automático, la presión del fluido de los frenos, el tiempo de aplicación de los frenos y velocidad de las ruedas. Otras señales supervisadas pueden ser contempladas como salidas que resultan de la aplicación de los frenos y del estado del freno. Unas

salidas de este tipo incluyen, pero no están limitadas a ellas, el momento de torsión de los frenos, la temperatura de los frenos, la vibración, la firma acústica y el olor de los frenos.

5 Cuando un paquete térmico de frenos está en estado de nuevo con la cantidad completa de material que se puede desgastar disponible y todas las espigas de accionamiento de los discos en su sitio, el paquete térmico tendrá un número máximo de superficies de fricción en funcionamiento durante las aplicaciones de los frenos. Además existirá una masa máxima del paquete térmico disponible para absorber el calor generado durante la aplicación de los frenos. A partir del procesamiento de una combinación de algunas o de todas las entradas medidas, que incluyen, pero no están limitadas a ellas, la velocidad de las ruedas, el pedal del freno del piloto o la demanda de frenos  
10 automáticos, la presión del fluido de los frenos y la actividad antiderrapante, se puede determinar una serie de salidas esperadas. Dichas salidas o identificación de los frenos incluyen, pero no están limitadas a ellas, el momento de torsión de los frenos, la temperatura de los frenos, la señal acústica, la vibración, la aceleración y el olor de los frenos.

15 Cuando cambia el estado del paquete térmico, la salida o la identificación supervisada descrita antes cambiará para cualquier unidad determinada de entradas de frenos.

Un sistema de este tipo puede supervisar también otros aspectos del tren de aterrizaje para detectar problemas relacionados con la rueda y el freno. Esto puede implicar la supervisión por ejemplo de la temperatura del rodamiento de la rueda, la temperatura del neumático o la presión del neumático.  
20

Contemplando un escenario simple y común, si el paquete térmico se desgasta existirá menos material disponible para absorber la energía anticipada por cualquier aplicación determinada de los frenos. Esto resultará en una elevación mayor de la temperatura del paquete térmico de la que se observaría en un paquete térmico nuevo.  
25 Cuanto mayor sea el grado de desgaste, mayor será la elevación resultante de la temperatura del paquete térmico.

Considerando un escenario diferente, si todas las espigas de accionamiento en un disco de rotor individual están rotas esto resultará en la pérdida de dos superficies de fricción. En tal caso, cuando se compara con un freno con todas las superficies de fricción disponibles, las mismas entradas del sistema de control de los frenos de la demanda de frenos del piloto, la presión del fluido de los frenos, el tiempo de aplicación de los frenos, la velocidad de las ruedas y la actividad antiderrapante resultarán en la generación de un momento de torsión inferior del freno, una desaceleración menos rápida y un incremento menor de la temperatura.  
30

Alternativamente, si está en funcionamiento el freno automático que regula la desaceleración, actuará para regular la desaceleración para una demanda determinada del piloto controlando la presión del fluido de los frenos. Por lo tanto, el efecto principal de las espigas de accionamiento de un disco del rotor que se rompen será una presión incrementada del fluido de los frenos.  
35

Para que la invención pueda ser comprendida mejor se describirá a continuación, a título de ejemplo únicamente, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los cuales:  
40

la figura 1 es un diagrama simplificado de una forma de realización del sistema de la invención;

45 la figura 2 es un diagrama simplificado de otra forma de realización del sistema de la invención;

la figura 3 es un gráfico relativo a una primera secuencia de prueba del dinamómetro en un freno de discos de carbono de una aeronave particular con la temperatura T en grados C como ordenadas y el tiempo S en segundos como las abscisas y que muestra la temperatura (A) representada mediante una señal a partir del sensor de temperatura incorporado en el freno y (B) la misma señal después de haber sido filtrada;  
50

la figura 4 es un gráfico similar a la figura 3 pero que muestra únicamente (C) la señal filtrada y para una secuencia de prueba del dinamómetro diferente;

55 la figura 5 es un gráfico principal de la amplitud M con respecto al tiempo T para la señal de la figura 4 después del procesado numérico utilizando un ordenador, la figura 5 comprende también tres diagramas que amplían respectivamente detalles del gráfico principal;

la figura 6 es un diagrama de circuitos simplificado de un sistema de supervisión del estado de los frenos.

60 El sistema representado en la figura 1 se aplica a una rueda 1 de una aeronave (no representada) provista de una unidad de frenos de múltiples discos de carbono con carbono 2 con un mecanismo de accionamiento hidráulico 3. El mecanismo 3 es accionado a través de la línea 5 mediante un sistema hidráulico de un tipo que contiene una unidad de control antiderrapante y conocida en la técnica. Una unidad de detección de la temperatura de los frenos 4, típicamente un termopar, está colocada de manera adyacente a la unidad. Para registrar la utilización de los frenos, la señal a partir del termopar es introducida en la unidad 10 a través de una interfaz 11 al procesador 12 en el que la  
65 señal es procesada por un algoritmo de una manera conocida para detectar cuándo ha sido realizada una aplicación

de los frenos. La salida del procesador se registra en la unidad de la memoria no volátil (NVM) 13 a partir de la cual se puede descargar la información desde un puerto de acceso adecuado (no representado) en el interior de la unidad 10 o en una superficie exterior de la unidad.

5 A fin de que la unidad 10 pueda funcionar independiente de los otros sistemas de control en la aeronave en el interior de la unidad 10 están previstos unos medios de batería 14 para proporcionar energía a la unidad. Durante la mayor parte de la vida de la unidad, la aeronave estará estacionaria o en vuelo, por lo tanto, a fin de conservar la energía de la batería y por lo tanto extender la vida de la unidad, están presentes un conmutador basculante 16 y un sensor del movimiento 15. El conmutador basculante interrumpirá la línea de energía desde la batería hasta el  
10 procesador cuando el tren de aterrizaje es arrastrado y el sensor del movimiento será utilizado para enviar al procesador al modo de espera durante períodos de inactividad.

Haciendo referencia a la figura 2, se toman las salidas del termopar 4, el transductor de presión de los frenos 6 y el transductor de la velocidad de las ruedas 7 a partir de una rueda de la aeronave, el freno y el sistema de accionamiento de los frenos (no representado) de un tipo representado en la figura 1. Estas señales de salida son introducidas en el procesador 24 en la unidad 20 a través de unas interfaces de acondicionamiento de la señal 21, 22 y 23. Las señales son procesadas mediante algoritmos para detectar cuándo ha sido realizada una aplicación de los frenos y el tipo implicado. La salida del procesador es registrada en la unidad 25 para la cual se puede descargar información a partir de un puerto de acceso adecuado (no representado) en el interior de la unidad 20 o en una  
15 superficie exterior de la unidad. Los registros descargados desde la unidad mostrarán no sólo el número de aplicaciones de los frenos sino también el tipo de aplicación de los frenos, por ejemplo distinguiendo entre las amortiguaciones en rodadura por la pista y los aterrizajes.

Una llamada "de atención" 26 se incorpora otra vez para conservar la vida de la batería 27 y se pueden incorporar funciones tales como un conmutador basculante o un sensor del movimiento como ha sido descrito para el sistema de la figura 1.  
25

Los sistemas de la figura 1 y la figura 2 representan unas unidades individuales añadidas a la aeronave para supervisar las aplicaciones de los frenos, pero el procesamiento de las señales, que se va a detallar más adelante en este documento, también se pueden incorporar a unidades de control de los frenos existentes mediante la modificación del equipo y de los programas.  
30

En los sistemas descritos anteriormente, una señal de temperatura en el sensor del supervisor de temperatura de los frenos (BTMS) se representa en A en la figura 3 para tres amortiguamientos de rodadura por la pista realizados por un dinamómetro para un freno de carbono a partir de una aeronave a reacción regional. Se representan elevaciones de la temperatura TR1, TR2 y TR3 del orden de 2,5 °C pero el ruido resultante a partir de la interferencia por parte de otro equipo hace que la forma del trazo sea difícil de ver. El sistema, por lo tanto, incluye medios para el filtrado, la diferenciación y la amplificación de la señal.  
35

La señal B de la figura 3 ha sido procesada por un filtro de cuarto orden. Aunque la traza es ahora suave, las elevaciones individuales de la temperatura causadas por cada aplicación de los frenos no se detectan fácilmente de modo que la señal se procesa adicionalmente mediante doble diferenciación y se amplifica. Un programa de ordenador adecuado lleva a cabo el algoritmo numérico necesario y toma una decisión sobre si ha tenido lugar o no una aplicación de los frenos, si es así, la aplicación de los frenos se puede registrar. La figura 4 muestra la salida de una secuencia de prueba del dinamómetro completa y consiste en tres amortiguamientos de rodadura por la pista, un aterrizaje completo seguido por tres amortiguamientos de rodadura por la pista, un corto período de descanso y después otros tres amortiguamientos de rodadura por la pista. La figura 5 muestra la misma salida después del procesamiento utilizando el algoritmo. Los picos por encima de una amplitud previamente definida en la salida de la figura 6 indican las aplicaciones de los frenos. A partir de la figura 5 los picos identifican claramente todas las aplicaciones individuales de los frenos del programa de prueba del dinamómetro. Este trabajo de prueba del dinamómetro se ha encontrado a través de la lectura de los datos sacados en una prueba de una aeronave. En la prueba se ha observado que con la señal de la temperatura procesada se puede detectar una indicación fiable de la aplicación de los frenos, incluso cuando se observan cambios en la temperatura inferiores a 1 °C.  
40  
45  
50

El análisis de la salida es más adecuado para unas aeronaves que para otras, dependiendo de la colocación de los BTMS en el freno. La posición óptima para la detección de la temperatura dependerá del diseño del freno en cuestión. En algunos frenos la posición óptima puede ser cerca del centro del paquete térmico. Generalmente, cuanto más cerca está el sensor de temperatura de la posición óptima en el freno más sensible será la detección de la temperatura durante una aplicación de los frenos. Por ejemplo, la sensibilidad de la temperatura medida en el centro de un freno de cuatro rotores puede ser varias veces mayor que en cualquier otro sitio dentro del freno.  
55  
60

Los datos procesados de la temperatura pueden ser registrados por sí mismos para proporcionar una indicación del número de aplicaciones de los frenos utilizando un aparato tal como se representa en el diagrama de la figura 1, o combinado con la velocidad de la rueda o la presión de los frenos para proporcionar un registro más detallado del tipo de aplicación de los frenos que ha sido realizada, es decir amortiguamiento en rodadura por la pista o el aterrizaje utilizando el aparato como se representa en la figura 2.  
65

La invención no está limitada a la forma de realización representada. Las señales se pueden derivar y procesar a partir de los componentes en las unidades existentes de control de los frenos. La temperatura se puede detectar o medir utilizando un dispositivo distinto de un termopar.

5 El sistema representado en la figura 6 incorpora un control electrónico de gestión de los frenos 101 de un tipo conocido en la técnica para gestionar todos los aspectos del control de los frenos incluyendo la supervisión de la demanda de frenado del piloto y el control de la aplicación de la presión al freno según la demanda del piloto y la actividad derrapante detectada.

10 Las entradas de las demandas de frenos del piloto al control están provistas por medios de supervisión 102.

Estas entradas incluyen, pero no están limitadas a ellas, el desplazamiento del pedal y la demanda de presión.

15 El control supervisará también señales de los sensores 103 en la rueda y el freno 104 incluyendo, pero no estando limitadas a ellas, la velocidad de la rueda, la temperatura, la posición del estator de presión, el momento de torsión de los frenos, la presión del fluido de los frenos. Las señales de los sensores en otras áreas del tren de aterrizaje tales como, por ejemplo el neumático y el eje también se pueden utilizar para supervisar el estado de una gama de componentes y unidades que forman parte del tren de aterrizaje de la aeronave. Asimismo, información tal como por ejemplo el peso de la aeronave se puede introducir en el control desde uno o más de otros sistemas (éstos están representados por el bloque 107 en los dibujos).

20 El control analiza las señales relativas a la demanda del piloto y el freno para evaluar la identificación del comportamiento de los frenos indicativa de cómo se comporta el freno. Esta identificación del comportamiento de los frenos puede ser comparada con la identificación para un paquete térmico en estado de nuevo. Alternativamente, durante un período de tiempo se puede construir un registro del comportamiento de los frenos que permitirá el análisis estadístico para mostrar tendencias en la identificación del comportamiento de los frenos y permitir que el control prediga una identificación esperada para una aplicación determinada de los frenos. Cuando ocurren desviaciones de la identificación esperada, el control será capaz de identificar problemas potenciales de los frenos que puedan haber causado la variación.

25 Los problemas identificados pueden ser notificados a un ordenador de mantenimiento de a bordo 105 capaz de alertar a la tripulación o al equipo de mantenimiento en tierra. Alternativamente, o adicionalmente el equipo de tierra puede descargar datos del control desde un puerto de datos durante el mantenimiento de rutina o la inspección previa al vuelo. Un puerto de este tipo 106 puede ser accesible también por parte del suministrador de los frenos para descargar información sobre el mantenimiento de los frenos, incluyendo el número de aplicaciones de los frenos y el tipo de aplicación de los frenos. Esta información de mantenimiento puede ser utilizada por sí misma o en combinación con los datos de supervisión del estado para la predicción de la vida de los frenos o con fines comerciales.

40 Un control de gestión de los frenos de este tipo puede gestionar también la función de frenado automático del sistema de frenado.

45 En el sistema de la figura 6, la extensión del desgaste del paquete térmico se estima mediante la supervisión de la demanda de frenos por el piloto y las señales a partir de la velocidad de la rueda, la presión del fluido de los frenos y la temperatura del paquete térmico de los frenos. Para una unidad determinada de estados de funcionamiento, por ejemplo, la demanda de frenos y la velocidad, el control compara la elevación medida de la temperatura con una elevación esperada de la temperatura. La diferencia entre estos valores proporciona una indicación del desgaste del paquete térmico con un mayor grado de desgaste resultando en una mayor elevación de la temperatura.

50 Asimismo, el control incorpora un valor umbral de la diferencia de temperatura para cualquier requisito de frenado, el valor del umbral representando la diferencia entre la temperatura esperada para un paquete térmico nuevo y un paquete completamente desgastado.

55 A medida que se va llegando a este valor umbral de la diferencia de temperatura, la tripulación de vuelo o la tripulación de tierra son alertados de que el paquete térmico se está acercando al límite de desgaste.

60 Alternativamente, el control o el ordenador de mantenimiento de a bordo puede enviar una señal utilizando la tecnología de las comunicaciones conocida, tal como por ejemplo una conexión vía satélite, a los operarios de la aeronave en la base de mantenimiento o a la base del suministrador de los frenos de modo que se pueda planificar la acción de mantenimiento y reemplazar las piezas aprovisionadas. Dichas señales pueden ser enviadas sobre una base regular para permitir la supervisión externa del estado de los frenos o una vez únicamente cuando se alcance un valor previamente determinado del desgaste para alertar que se requieren el mantenimiento y el aprovisionamiento de recambios. La temporización de una señal de alerta de este tipo puede tener en cuenta el plazo para el suministro de las piezas minimizando de ese modo los niveles del stock y por lo tanto reduciendo el capital circulante del suministrador de los frenos y del operador de la aeronave.

- 5 El paquete térmico puede perder masa por razones diferentes del desgaste, por ejemplo, por oxidación del material de fricción de carbono o por pérdidas de una serie de espigas de accionamiento. Dichas pérdidas de masa resultarán en un incremento mayor de la temperatura en la identificación del comportamiento de los frenos del que se contemplaría sin el fallo no estuviera presente.
- 10 Cuando la reducción de la masa está causada por la pérdida de una serie de accionamientos en el paquete térmico, esto resultará en un incremento escalonado en la elevación de la temperatura durante una aplicación de los frenos cuando se compara con la elevación de la temperatura predicha a partir de análisis estadísticos de las tendencias de la identificación de los frenos para una serie de paradas durante un período de tiempo. El tamaño del incremento escalonado en la temperatura durante las aplicaciones de los frenos será mayor cuanto más accionamientos sean extraídos de los discos en el paquete térmico.
- 15 Se pueden realizar también estimaciones de la masa del paquete térmico a partir de  $X_{ps}$  y  $(\Delta)T$  (referirse a la tabla 1). Si estas estimaciones de la masa no encajan esto sugeriría alguna forma de dañado tal como accionamientos rotos u oxidación.
- 20 Un disco con todos los accionamientos rotos se detecta en el sistema de la figura 6 mediante señales de supervisión que representan el momento de torsión de los frenos, la temperatura de los frenos y la firma acústica de los frenos. Si las espigas de accionamiento en un disco de rotor o en un disco de estator doble están rotas esto resultará en que el freno tendrá 2 superficies menos de fricción cuando se aplica el freno.
- 25 Para una demanda de frenos determinada, una presión de los frenos, una duración de la aplicación de los frenos y una velocidad de la rueda, existirá un momento de torsión generado inferior de forma correspondiente debido a la pérdida de las 2 caras de fricción y una temperatura de los frenos resultante inferior de la que se contemplaría bajo los mismos estados de aplicación de los frenos con un paquete térmico en el que todas las superficies de fricción estuvieran operativas. El número de superficies de sección ineficaces en un freno dependerá de la dimensión del daño del paquete térmico. La desviación en el momento de torsión de los frenos y la temperatura a partir de los valores esperados se puede analizar para determinar cuántas superficies de fricción son ineficaces.
- 30 En comparación, bajo estados de frenado automático, si los accionamientos en un disco están rotos, el freno estará controlado para conseguir un momento de torsión de frenado previamente determinado y el sistema distribuirá una presión del fluido de los frenos incrementada para conseguir este momento de torsión requerido.
- 35 Por lo tanto, bajo un frenado automático, una presión más elevada que la esperada indicará un disco con espigas de accionamiento rotas. La desviación en la presión de los frenos a partir de aquella esperada puede ser analizada para proporcionar una indicación de cuántas superficies de fricción dejan de ser eficaces, proporcionando de ese modo una indicación de la dimensión del daño.
- 40 En un freno con espigas de accionamiento rotas en un disco, la firma acústica del freno durante las aplicaciones de los frenos será diferente de la señal acústica de un freno con la misma cantidad de desgaste y todas las superficies de fricción trabajando eficazmente. La firma acústica se detecta mediante un micrófono. La señal a partir de micrófono es introducida en el control de gestión de los frenos para el análisis para detectar las variaciones a partir de la identificación esperada.
- 45 Otros escenarios esbozados en la tabla 1 pueden ser detectados e informados de un modo similar a aquellos escenarios descritos antes en este documento. Los escenarios esbozados en la tabla1 se tienen que considerar como ejemplos ilustrativos de los estados de los frenos que se pueden detectar y no como una lista exhaustiva.
- 50 Las referencias en la presente memoria al olor de los frenos, olor y detecciones olfativas se aplican al proceso utilizando transductores apropiados de detección de la presencia o del nivel de ciertos gases o combinaciones de los mismos o de vapor o partículas en y alrededor del aparato de los frenos.



**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves para un sistema de frenado de aeronaves que comprende unos elementos de freno (2) que presentan unas superficies de fricción enfrentadas, caracterizado porque el sistema de funcionamiento comprende:
- 10 un sistema de control de los frenos (101) que puede funcionar para detectar las entradas de frenos y las respectivas salidas de frenos; y un sistema de procesamiento que puede funcionar para comparar dichas salidas de frenos con las salidas de frenos esperadas para las respectivas salidas de frenos y para proporcionar selectivamente señales de acción de mantenimiento basadas en la comparación entre dichas salidas de frenos y dichas salidas de frenos esperadas, pudiendo el sistema de control de los frenos funcionar para detectar las entradas de frenos y las respectivas salidas de frenos durante el accionamiento de los frenos al aterrizar y/o al rodar por la pista y/o durante el frenado de pre-retracción y/o durante un despegue fallido.
- 15 2. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según la reivindicación 1, en el que dicho sistema de procesamiento comprende una unidad de computación de a bordo (10, 20).
- 20 3. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado aeronaves según la reivindicación 1, en el que dicho sistema de procesamiento comprende una instalación de a bordo (105) y una instalación en el suelo para recibir señales de dicha instalación de a bordo (105), cuya instalación en el suelo puede funcionar para generar dichas señales de acción de mantenimiento.
- 25 4. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según la reivindicación 1, en el que dicho sistema de procesamiento puede funcionar para generar unas señales de acción de mantenimiento que posibilitan un plazo predeterminado para suministrar componentes para el sistema de frenado de aeronaves (2, 3).
- 30 5. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según la reivindicación 1, en el que dicho sistema de procesamiento comprende software para incorporar el sistema de procesamiento en el hardware de control de frenos de una aeronave.
- 35 6. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según la reivindicación 1, que puede funcionar para generar dichas salidas de frenos basadas en las salidas de frenos detectadas por el sistema de control de los frenos.
- 40 7. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según la reivindicación 1, que comprende por lo menos un detector para detectar dichas salidas de frenos y para proporcionar unas señales indicativas de dichas salidas de frenos, siendo dichas salidas de frenos por lo menos una de entre un conjunto que comprende el momento de torsión de los frenos, la temperatura de los frenos, la vibración, la firma acústica y el olor de los frenos.
- 45 8. Aeronave que comprende un sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 50 9. Sistema para el funcionamiento de un programa de mantenimiento del sistema de frenado de aeronaves según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho procedimiento comprende:
- supervisar unas señales representativas de por lo menos un parámetro (4,6,7) afectado por el funcionamiento de un sistema de frenado de aeronave;
- 55 identificar los cambios en dichas señales que son indicativas de por lo menos uno de entre un estado de desgaste de un sistema de frenado predeterminado y un estado de fallo de un sistema de frenado predeterminado comparando dichas señales representativas de por lo menos un parámetro con unos valores esperados de dicho por lo menos un parámetro; e
- 60 incitar una acción de mantenimiento como respuesta a la identificación de por lo menos uno de entre un estado de desgaste de un sistema de frenado predeterminado o dicho estado de fallo de un sistema de frenado predeterminado, y además
- identificar los cambios en dichas señales durante el accionamiento de los frenos al aterrizar y/o al rodar por la pista y/o durante el frenado de pre-retracción y/o durante un despegue fallido.
- 65 10. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende determinar dichos valores esperados mediante la referencia a unos valores históricos obtenidos a partir de dichas señales previas representativas de dicho por lo menos un parámetro.

11. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la incitación de una acción de mantenimiento comprende enviar una señal de acción de mantenimiento de un punto de bordo a un punto en el suelo.
- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la incitación de una acción de mantenimiento comprende dar una orden de fabricación de por lo menos un componente de sistema de frenado (2, 3).
- 10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, que comprende dar dicha orden en un momento que se sitúa antes de una fecha de sustitución prevista y requerida para dicho por lo menos un componente de sistema de frenado (2, 3) según un plazo predeterminado para su fabricación.
14. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que la incitación de una acción de mantenimiento comprende realizar una petición de suministro de por lo menos un componente de sistema de frenado (2, 3).
- 15 15. Procedimiento según la reivindicación 14, que comprende realizar dicha petición en un momento que se sitúa antes de una fecha de sustitución prevista y requerida para dicho por lo menos un componente del sistema de frenado (2, 3) según un plazo predeterminado para su suministro.

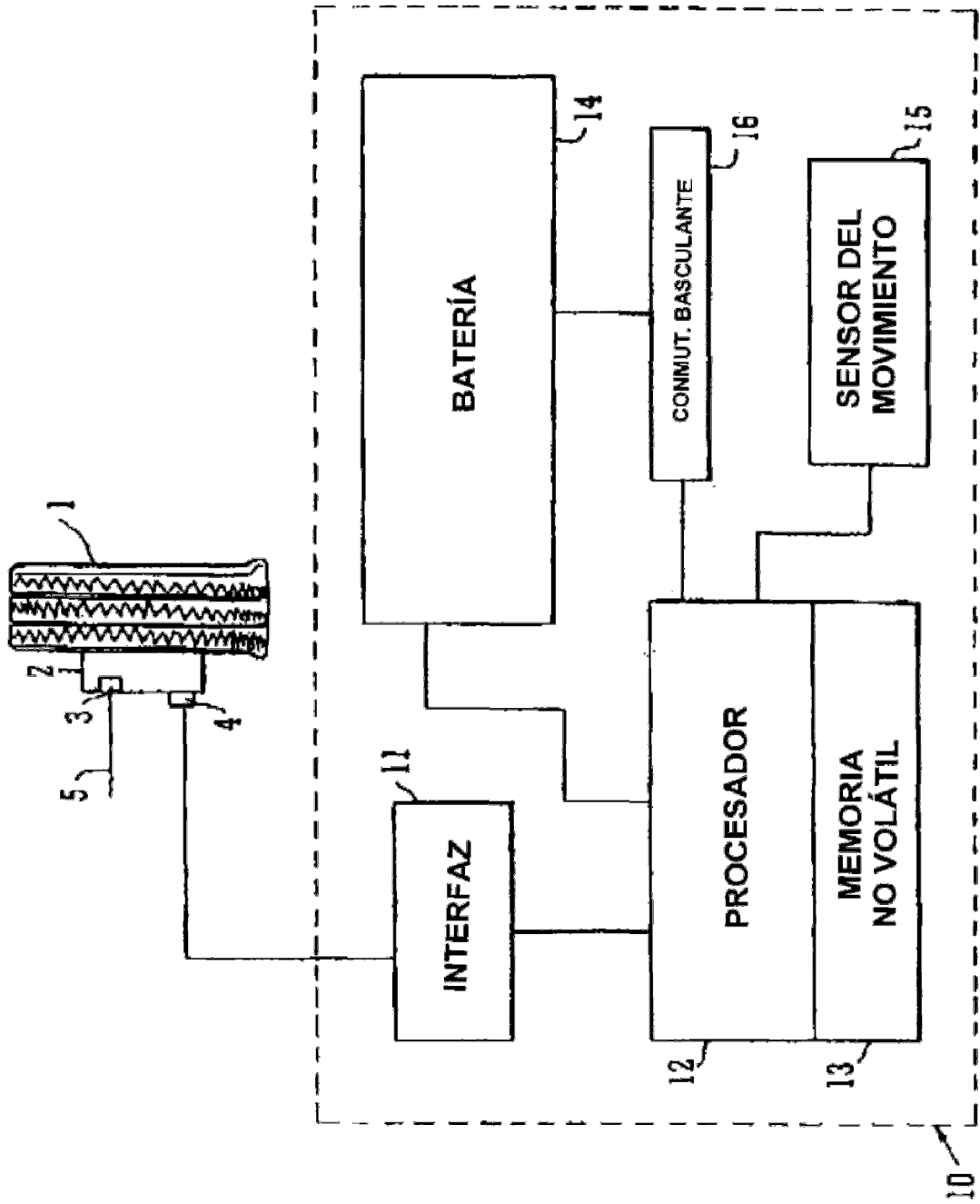


FIG. 1

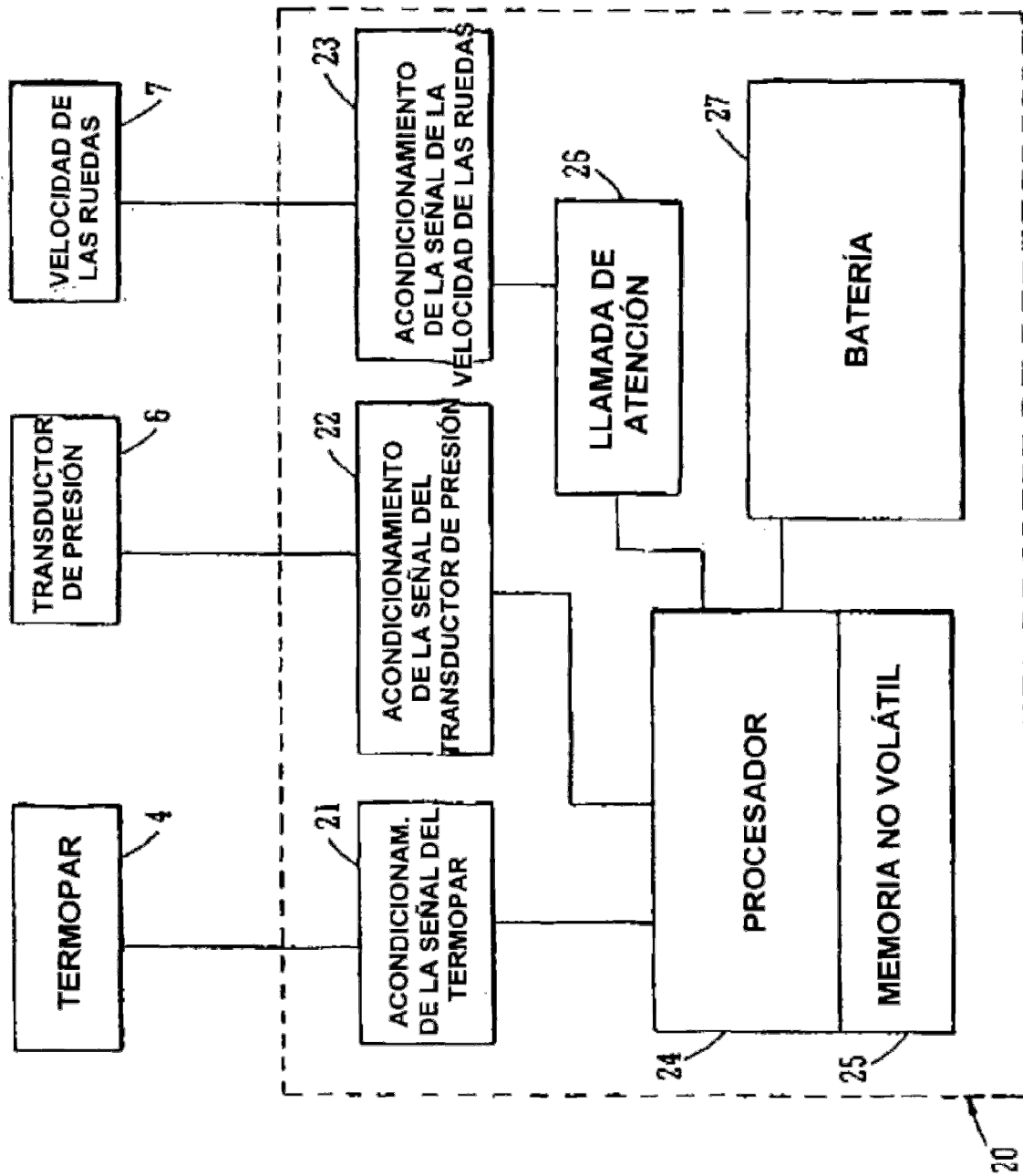
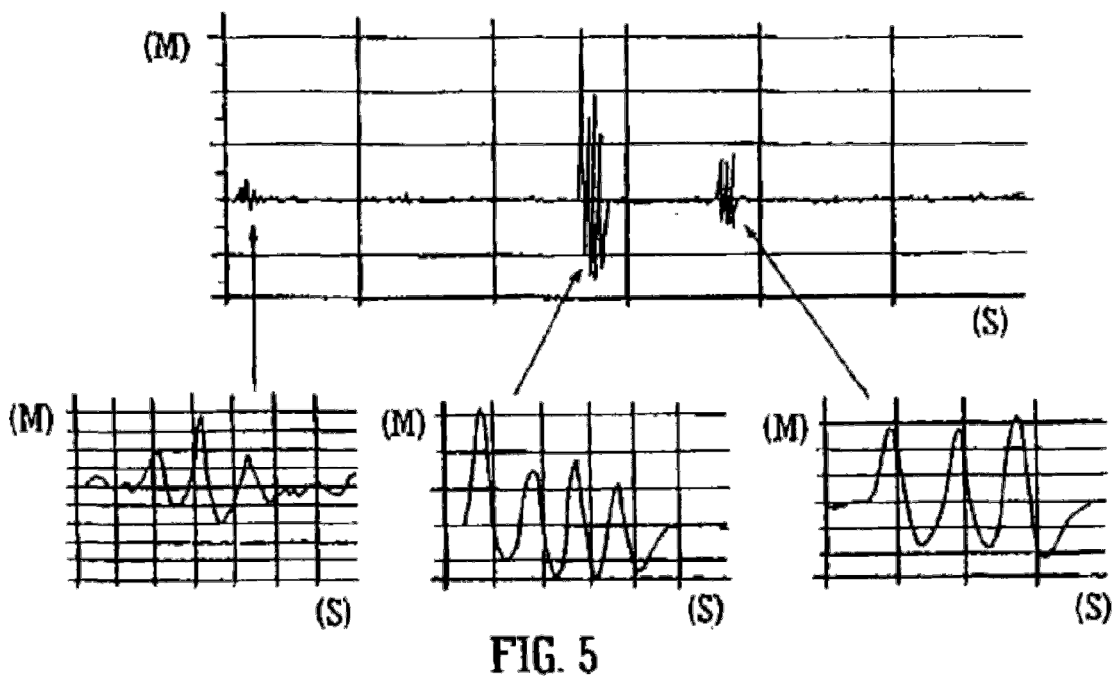
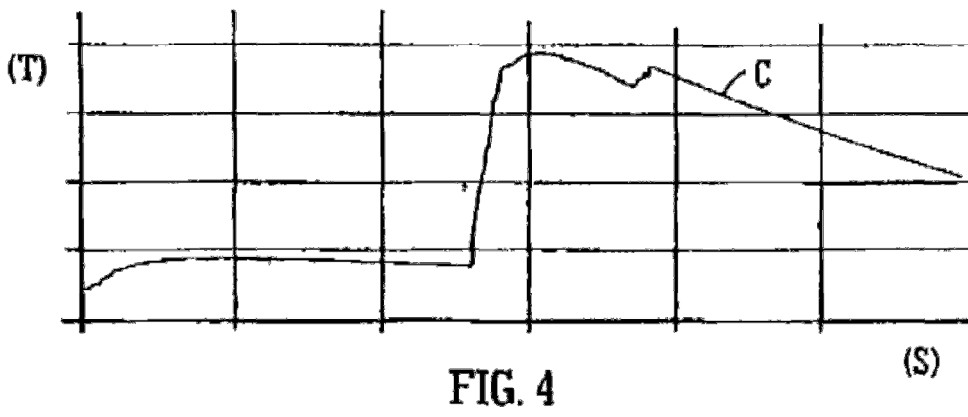
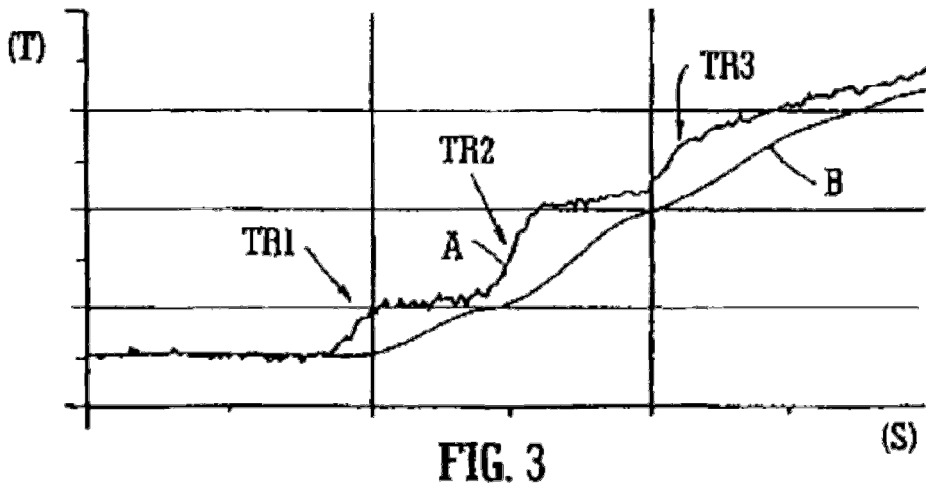


FIG. 2



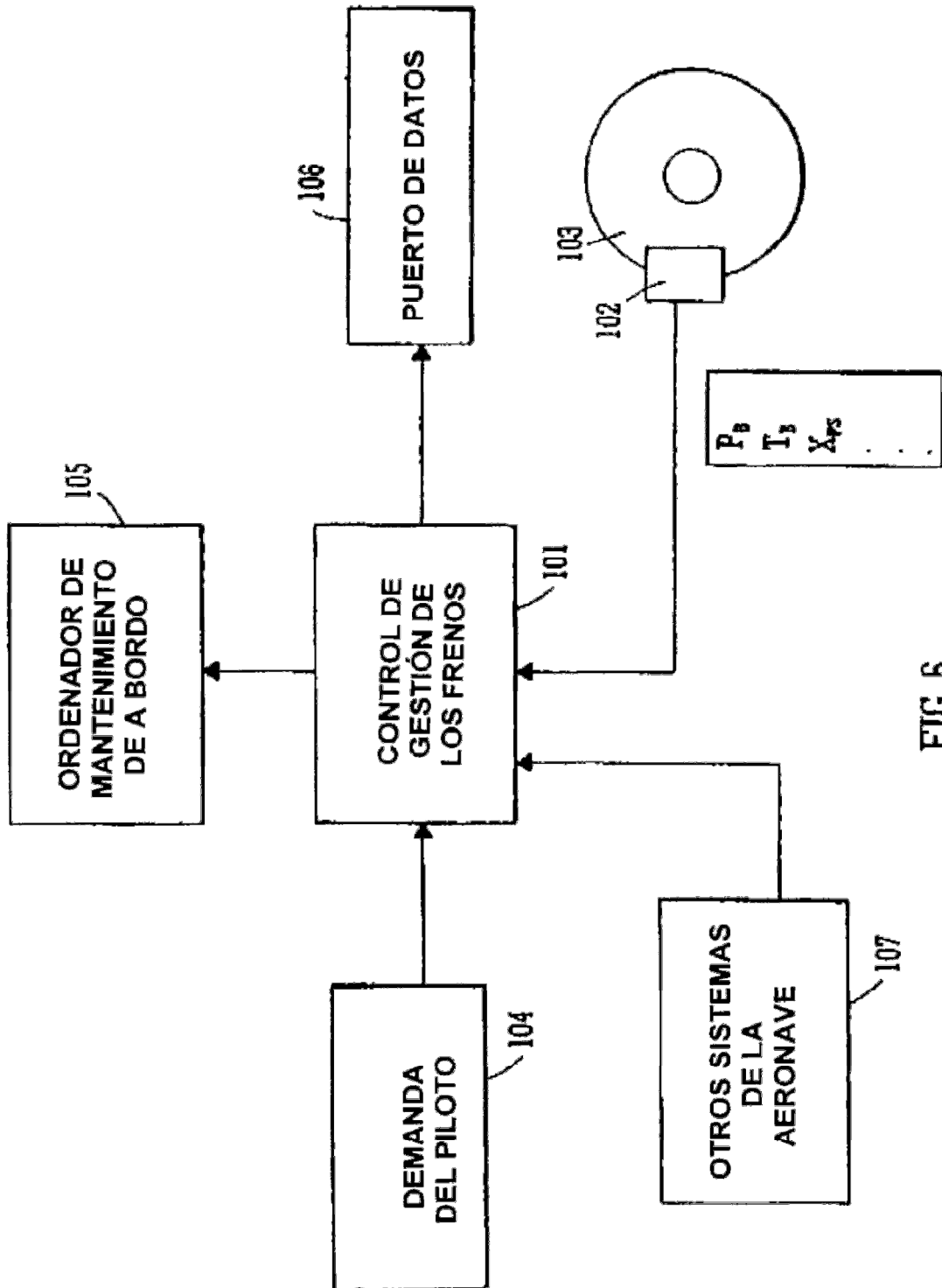


FIG. 6