

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 052**

51 Int. Cl.:

**B60T 13/66** (2006.01)

**B60T 13/74** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.12.2007 PCT/US2007/088461**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2008 WO08080026**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2007 E 07865943 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2094549**

54 Título: **Modo de potencia reducida para un sistema de freno eléctrico de aeronave**

30 Prioridad:

**21.12.2006 US 614953**

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

**05.04.2017**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**GODO, ERIK**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 608 052 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**

Modo de potencia reducida para un sistema de freno eléctrico de aeronave

5 **Campo técnico**

Las realizaciones de la presente invención generalmente se refieren a un sistema de freno eléctrico para una aeronave. Más particularmente, las realizaciones de la presente invención se refieren a un esquema de control de frenos que proporciona un modo de consumo de potencia reducido para el sistema de freno eléctrico.

10

**Antecedentes**

En condiciones operativas normales, un sistema de freno eléctrico para una aeronave se basa en una fuente de potencia activa, por ejemplo, un suministro de potencia que se acciona mediante un motor o motores de la aeronave. Tal suministro de potencia activo puede proporcionar suficiente energía para accionar los accionadores de frenos eléctricos en la aeronave, que pueden requerir relativamente alta potencia de accionamiento. Existen, sin embargo, ciertas situaciones en las que la aeronave depende de suministros de potencia de reserva. Por ejemplo, una aeronave puede utilizar una batería (cuando los motores del avión no están en funcionamiento) durante el remolque, mantenimiento u operaciones de ajuste de freno de estacionamiento. El peso y tamaño de la batería se dicta por los requisitos de consumo de potencia de reserva de la aeronave y, por lo tanto, los diseñadores de aeronaves a menudo se esfuerzan para reducir estos requisitos.

15

20

Una aeronave no siempre necesita utilizar sus capacidades de pleno rendimiento de frenado. Por ejemplo, el pleno rendimiento de frenado normalmente no se requiere durante las operaciones de remolque y operaciones de ajuste de freno de estacionamiento porque la aeronave viaja a un ritmo muy lento o está parada. Incluso aunque no se requiere fuerza de frenado plena durante estas operaciones, un sistema de freno eléctrico todavía puede consumir una gran cantidad de potencia al mantener su plena capacidad de frenado.

25

El documento WO-A2-01/15948 divulga un sistema de frenado accionado eléctricamente que tiene una pluralidad de accionadores de frenos dispuestos en un alojamiento transportador para aplicar selectivamente una fuerza de frenado. El sistema incluye un primer circuito para proporcionar energía únicamente a un primer subconjunto propio de la pluralidad de los accionadores de frenos al producirse una orden de frenado y un segundo circuito para proporcionar energía únicamente a un segundo subconjunto propio de la pluralidad de accionadores de frenos al producirse una orden de frenado.

30

35

El documento US 5.845.975 divulga un sistema de frenado que comprende una pluralidad de frenos de carbono, con lo que el número y/o proporción de frenos que pueden deshabilitarse en cada fase de un espectro de vuelo se ajusta en respuesta a las condiciones específicas.

40

El documento EP-A1-0.384.071 divulga un sistema de frenado que extiende la vida útil de una pila de discos de freno de aeronave limitando selectivamente el número de conjuntos de frenos que comprenden la configuración del tren de aterrizaje de la aeronave.

**Breve resumen**

45

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de operación de un sistema de freno eléctrico en diferentes modos de consumo de potencia, de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 6 y un sistema de freno eléctrico de acuerdo con la reivindicación 13.

50

Las técnicas y tecnologías descritas en este documento controlan la operación de un sistema de freno eléctrico de una aeronave para reducir la descarga de una fuente de potencia de reserva (por ejemplo, una batería) cuando no se necesita pleno rendimiento de frenado. El sistema de freno eléctrico de la aeronave se controla para operar en un modo de baja potencia para reducir el gasto en la batería durante las operaciones de remolque y operaciones de aseguramiento del freno de estacionamiento. Además, el sistema de freno eléctrico de la aeronave se controla para la operación en un modo de reposo en ausencia de órdenes de frenado.

55

Los anteriores y otros aspectos de la invención pueden llevarse a cabo en una realización mediante un método de operación de un sistema de freno eléctrico de una aeronave en diferentes modos de consumo de potencia. El método implica: operar el sistema de freno eléctrico en un modo de plena potencia que corresponde a una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima; detectar una condición que desencadena un modo de potencia reducida para el sistema de freno eléctrico; conmutar desde el modo de plena potencia al modo de potencia reducida; y mientras en el modo de potencia reducida, operar el sistema de freno eléctrico en un modo de baja potencia que corresponde a una segunda capacidad de rendimiento de frenado máxima que podría ser menor que la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima.

60

65

Los anteriores y otros aspectos de la invención pueden llevarse a cabo en otra realización mediante un método de

operación de un sistema de freno eléctrico de una aeronave en diferentes modos de consumo de potencia. El método implica: determinar cuándo no se requiere un pleno rendimiento de freno, donde el pleno rendimiento de freno corresponde a una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima; y si el pleno rendimiento de freno no se requiere, operar el sistema de freno eléctrico en un modo de baja potencia que corresponde a una segunda capacidad de rendimiento de frenado máxima que es menor que la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima.

Los anteriores y otros aspectos de la invención pueden llevarse a cabo en otra realización mediante un sistema de freno eléctrico para una aeronave. El sistema de freno eléctrico incluye un mecanismo de freno y una arquitectura de control de freno acoplada al mecanismo de freno. La arquitectura de control de freno incluye lógica de procesamiento configurada para: controlar la operación del sistema de freno eléctrico en un modo de plena potencia durante el cual el mecanismo de freno tiene una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima; conmutar desde el modo de plena potencia a un modo de baja potencia al detectar una condición desencadenante; y controlar la operación del sistema de freno eléctrico en el modo de baja potencia durante el cual el mecanismo de freno tiene una segunda capacidad de rendimiento de frenado máxima que es menor que la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima.

Este sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. Este sumario no pretende identificar características clave o características esenciales de la materia objeto reivindicada, ni pretende que se use como una ayuda en la determinación del alcance de la materia objeto reivindicada.

#### Breve descripción de los dibujos

Un entendimiento más completo de la presente invención puede derivarse haciendo referencia a la descripción detallada y reivindicaciones cuando se consideran en conjunción con las siguientes figuras, donde número de referencia similares se refieren a elementos similares a lo largo de las figuras.

La Figura 1 es una representación esquemática simplificada de una parte de un sistema de freno eléctrico adecuado para su uso en una aeronave; y

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de potencia adecuado para su uso en un sistema de freno eléctrico de una aeronave.

#### Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es simplemente ilustrativa en naturaleza y no pretende limitar las realizaciones de la invención o la aplicación y usos de tales realizaciones. Adicionalmente, no existe la intención de estar obligado por ninguna teoría expresa o implícita presentada en el campo técnico anterior, antecedentes, breve sumario o la siguiente descripción detallada.

Realizaciones de la invención pueden describirse en este documento en términos de componentes de bloque funcionales o lógicos y diversas etapas de procesamiento. Debería apreciarse que tales componentes de bloque pueden llevarse a cabo mediante cualquier número de componentes de hardware, software y/o firmware configurados para llevar a cabo las funciones especificadas. Por ejemplo, una realización de la invención puede emplear diversos componentes de circuitos integrados, por ejemplo, elementos de memoria, elementos de procesamiento de señales digitales, elementos lógicos, tablas de consulta o similares, que pueden efectuar una diversidad de funciones bajo el control de uno o más microprocesadores u otros dispositivos de control. Además, los expertos en la materia apreciarán que las realizaciones de la presente invención pueden practicarse en conjunción con una diversidad de diferentes sistemas de freno de aeronave y configuraciones de aeronave y que el sistema descrito en este documento es simplemente una realización de ejemplo de la invención.

En aras de la brevedad, pueden no describirse en detalle en este documento técnicas y componentes convencionales relativos a procesamiento de señales, sistemas de freno de aeronaves, controles de sistema de frenos y otros aspectos funcionales de los sistemas (y los componentes operativos individuales de los sistemas). Adicionalmente, las líneas de conexión mostradas en las diversas figuras contenidas en este documento se conciben para representar relaciones funcionales y/o acoplamientos físicos de ejemplo entre los diversos elementos. Debería observarse que muchas relaciones funcionales alternativas o adicionales o conexiones físicas pueden estar presentes en una realización de la invención.

La siguiente descripción se refiere a elementos o nodos o características que "se conectan" o "se acoplan" juntos. Como se usa en el presente documento, a no ser que se indique expresamente de otra manera, "conectado" significa que un elemento/nodo/característica se une directamente a (o comunica directamente con) otro elemento/nodo/característica y no necesariamente mecánicamente. Análogamente, a no ser que se indique expresamente de otra manera, "acoplado" significa que un elemento/nodo/característica se une directa o indirectamente a (o comunica directa o indirectamente con) otro elemento/nodo/característica y no necesariamente mecánicamente. Por lo tanto, aunque el esquema mostrado en la Figura 1 representa una disposición de ejemplo de

elementos, elementos intervinientes adicionales, dispositivos, características o componentes pueden estar presentes en una realización de la invención.

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

El sistema de freno eléctrico 100 puede aplicarse a cualquier número de configuraciones de frenado eléctrico para una aeronave y el sistema de freno eléctrico 100 se representa en una manera simplificada para facilitar la descripción. Una realización de sistema de freno eléctrico 100 puede incluir una arquitectura de subsistema izquierda y una arquitectura de subsistema derecha, donde los términos “izquierda” y “derecha” se refieren al babor y estribor de la aeronave, respectivamente. En la práctica, las dos arquitecturas de subsistema pueden controlarse independientemente en la manera descrita a continuación. En este sentido, una realización de sistema de freno eléctrico 100 como se despliega puede incluir un pedal de freno izquierdo, un pedal de freno derecho, una BSCU izquierda, una BSCU derecha, cualquier número de EBAC izquierdos acoplados a y controlados por la BSCU izquierda, cualquier número de EBAC derechos acoplados a y controlados por la BSCU derecha, un mecanismo de freno para cada rueda (o para cada grupo de ruedas) y un RDC para cada rueda (o para cada grupo de ruedas). En operación, el sistema de freno eléctrico puede generar y aplicar independientemente señales de control de accionador de freno para cada rueda de la aeronave o simultáneamente para cualquier grupo de ruedas.

El pedal de freno 102 se configura para proporcionar una entrada de piloto al sistema de freno eléctrico 100. El piloto manipula físicamente el pedal de freno 102, que resulta en desvío o movimiento (es decir, alguna forma de entrada física) del pedal de freno 102. Este desvío físico se mide desde su posición natural mediante un servo de hardware o un componente equivalente, convertido en una señal de control de orden de piloto de BSCU mediante un transductor o un componente equivalente, y enviado a la BSCU 104. La señal de control de orden de piloto de BSCU puede transmitir datos de sensor de pedal de freno que pueden incluir o indicar la posición de desvío para el pedal de freno 102, la tasa de desvío para el pedal de freno 102, una condición de frenado deseada para el mecanismo de freno 108 o similares.

Una realización de sistema de freno eléctrico 100 puede usar cualquier número de BSCU 104. Para facilitar la descripción, este ejemplo incluye únicamente una BSCU 104. La BSCU 104 es una unidad de control electrónica que tiene software embebido que calcula digitalmente señales de control EBAC que representan órdenes de frenado. La implementación eléctrica/de software permite además la optimización y personalización del rendimiento de frenado y percibir si se necesita para el despliegue de aeronave dado.

La BSCU 104 puede implementarse o llevarse a cabo con un procesador de propósito general, una memoria de contenido direccionable, un procesador de señal digital, un circuito integrado específico de la aplicación, un campo de matriz de puertas programables, cualquier dispositivo lógico programable adecuado, lógica de transistor o de compuerta discreta, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos, diseñados para llevar a cabo las funciones descritas en este documento. Un procesador puede realizarse como un microprocesador, un controlador, un micro controlador o una máquina de estados. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un procesador de señal digital y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores en conjunción con un núcleo de procesador de señal digital o cualquier otra configuración de este tipo. En una realización, la BSCU 104 se implementa con un procesador informático (tal como un PowerPC 555) que aloja software y proporciona interfaces externas para el software.

La BSCU 104 monitoriza diversas entradas de aeronave para proporcionar funciones de control tales como, sin limitación: frenado de pedales; frenado de estacionamiento; frenado automático; y frenado de retracción del tren. Además, la BSCU 104 mezcla órdenes antideslizantes (que podrían generarse interna o externamente desde la BSCU 104) para proporcionar control mejorado de frenado. La BSCU 104 obtiene señales de control de órdenes de piloto desde el pedal de freno 102, junto con datos de rueda (por ejemplo, velocidad de rueda, dirección de giro, presión de neumático, etc.) desde el RDC 112. La BSCU 104 procesa sus señales de entrada y genera una o más señales de control EBAC que se reciben mediante el EBAC 106. En la práctica, la BSCU 104 transmite las señales de control EBAC al EBAC 106 a través de un bus de datos digital. En una arquitectura generalizada (no mostrada), cada BSCU puede generar señales de salida independientes para su uso con cualquier número de EBAC bajo su control.

La BSCU 104 puede acoplarse a uno o más EBAC asociados 106. El EBAC 106 puede implementarse, llevarse a

cabo o realizarse de la manera descrita anteriormente para la BSCU 104. En una realización, el EBAC 106 se realiza con un procesador informático (tal como un PowerPC 555) que aloja software, proporciona interfaces externas para el software e incluye lógica de procesamiento adecuada que se configura efectuar las diversas operaciones EBAC descritas en este documento. El EBAC 106 obtiene señales de control EBAC desde la BSCU 104, procesa las  
 5 señales de control EBAC y genera las señales de control de mecanismo de freno (señales de accionador de freno, que generalmente son señales de alta potencia) para el mecanismo de freno 108.

En particular, la funcionalidad de la BSCU 104 y el EBAC 106 pueden combinarse en una única característica o componente basado en procesadores. En este sentido, la BSCU 104, el EBAC 106 o la combinación de los mismos  
 10 pueden considerarse para ser una arquitectura de control de freno para el sistema de freno eléctrico 100. Una arquitectura de control de freno de este tipo incluye lógica de procesamiento adecuadamente configurada, funcionalidad y características que soportan las operaciones de control de freno descritas en este documento.

La rueda 110 puede incluir un mecanismo de freno 108 asociado. El EBAC 106 controla el mecanismo de freno 108  
 15 para aplicar, liberar, modular y de otra manera controlar el accionamiento de uno o más componentes del mecanismo de freno 108. En este sentido, el EBAC 106 genera las señales de control de mecanismo de freno en respuesta a las respectivas señales de control EBAC generadas mediante la BSCU 104. Las señales de control de mecanismo de freno se formatean y disponen adecuadamente para compatibilidad con el mecanismo de freno 108 particular utilizado por la aeronave. En la práctica, las señales de control de mecanismo de freno pueden regularse  
 20 para efectuar maniobras de frenado de antideslizamiento y otras. Los expertos en la materia están familiarizados con los mecanismos de freno de aeronaves y la manera general en la que se controlan y tales aspectos conocidos no se describirán en detalle en este punto.

El sistema de freno eléctrico 100 puede incluir o comunicar con uno o más sensores para la rueda 110. Estos  
 25 sensores se configuran adecuadamente para medir datos de rueda (velocidad de rueda, dirección de rotación de rueda, presión de neumático, temperatura de rueda/freno, etc.) para la rueda 110, donde los datos de rueda pueden utilizarse por el sistema de frenado eléctrico 100. El RDC 112 generalmente se configura para recibir, medir, detectar o de otra manera obtener datos para el procesamiento y/o transmisión de datos a otro componente del sistema de freno eléctrico 100. En este documento, el RDC 112 se acopla a (o de otra manera se asocia con) la rueda 110 y el  
 30 RDC 112 se configura para recoger y transmitir sus datos de rueda a la BSCU 104. El bus o buses de comunicación de datos digital en la aeronave pueden configurarse para comunicar los datos de rueda desde el RDC 112 a la BSCU 104 usando cualquier protocolo de comunicación de datos adecuado y cualquier esquema de transmisión de datos adecuado. En una realización alternativa, el RDC 112 puede configurarse para comunicar los datos de rueda al EBAC 106. En otra realización más, el RDC 112 puede configurarse para comunicar los datos de rueda (o partes  
 35 de los mismos) tanto a la BSCU 104 como al EBAC 106.

El sistema de freno eléctrico 100 puede incluir o cooperar con una unidad de control de potencia adecuadamente configurada o subsistema 114. La unidad de control de potencia 114 puede acoplarse a la BSCU 104, EBAC 106,  
 40 mecanismo de freno 108 y/o a otros componentes del sistema de freno eléctrico 100. La unidad de control de potencia 114 puede configurarse para regular, eliminar o de otra manera controlar la potencia a uno o más componentes del sistema de freno eléctrico 100 según se necesite para alcanzar un modo de potencia operativo deseado. La unidad de control de potencia 114 también puede configurarse para monitorizar los sistemas de potencia de aeronave y buses de potencia que alimentan el sistema de freno eléctrico 100. Por ejemplo, la unidad de control de potencia 114 puede acoplarse a un suministro de potencia activo 116 para la aeronave y a un suministro  
 45 de potencia de reserva 118 (por ejemplo, una batería) para la aeronave. El suministro de potencia activo 116 puede incluir un generador acoplado a un motor y un convertidor de CA a CC, tal como una Unidad de Rectificación-Transformación (TRU). En esta realización, el suministro de potencia activo 116 proporciona potencia generada desde el(los) motor(es) de la aeronave, mientras el suministro de potencia de reserva 118 proporciona potencia a la aeronave cuando el(los) motor(es) no están en funcionamiento. La unidad de control de potencia 114 puede configurarse adecuadamente para proporcionar potencia operativa al sistema de freno eléctrico 100 desde  
 50 suministro de potencia activo 116 y/o suministro de potencia de reserva 118 y la unidad de control de potencia 114 puede configurarse para proporcionar un modo de plena potencia, un modo de potencia reducida, un modo de baja potencia o un modo de reposo de la forma descrita en más detalle en este documento.

El sistema de freno eléctrico 100 puede configurarse adecuadamente para soportar diferentes modos de consumo  
 55 de potencia. Por ejemplo, sistema de freno eléctrico 100 preferentemente soporta un modo de baja potencia y un modo de reposo para reducir el consumo de potencia cuando no se necesita el pleno rendimiento de freno (por ejemplo, fuerza de pinzamiento). Una vez que el pedal de freno 102 se desvía, sin embargo, el sistema de freno eléctrico 100 puede recuperarse a un modo de plena potencia (o conmutar desde el modo de reposo al modo de  
 60 baja potencia) con un aumento correspondiente en capacidad de rendimiento de freno. En ciertas condiciones, el sistema de freno eléctrico 100 puede entrar el modo de reposo. Tal operación reduce el gasto en el suministro de potencia de reserva 118 y reduce la cantidad de potencia que debe disiparse para la pérdida de enfriamiento que está presente durante muchos estados operacionales de la aeronave.

El sistema de freno eléctrico 100 puede diseñarse para entrar el modo de potencia reducida tras la detección de  
 65 ciertas condiciones. Por ejemplo, sistema de freno eléctrico 100 puede configurarse para conmutar desde el modo

de plena potencia al modo de potencia reducida tras la detección de cualquier de las siguientes condiciones desencadenantes: (1) recibir un mensaje de "suministro de potencia de espera" desde la unidad de control de potencia 114; (2) determinar que la unidad de control de potencia 114 no es válida para al menos un periodo límite de tiempo; o (3) determinar que el EBAC 106 ha perdido comunicación de datos del resto de la aeronave para al menos un periodo límite de tiempo. Para simplicidad y claridad, diversas trayectorias de comunicación desde la BSCU 104 y el EBAC 106 a otros componentes de la aeronave no se representan en la Figura 1.

En una realización, un modo de baja potencia estará activo durante las operaciones de remolque y durante operaciones de aseguramiento del freno de estacionamiento. En ambos de estos casos no se requiere rendimiento de frenado alto o es tolerable un retraso corto en el pleno rendimiento de frenado. Las operaciones de remolque pueden depender de la batería de la aeronave hasta una hora o más, mientras operaciones de ajuste de freno de estacionamiento pueden durar hasta una hora debido al enfriamiento del mecanismo de freno 108. En la práctica, la aeronave puede apagarse durante estas operaciones, así que la batería podría proporcionar potencia durante el tiempo que los frenos se enfrían y se ajusta el freno de estacionamiento.

También pueden utilizarse variaciones en los sistemas de comunicación para reducir el consumo de potencia del suministro de potencia de reserva 118. Por ejemplo, si un mensaje de señal de control de sistema de freno normalmente se envía cada cinco milisegundos y responde a cada cinco milisegundos, entonces durante el modo de baja potencia el tiempo entre mensajes podría ser mucho mayor (hasta un segundo en algunas realizaciones) para minimizar la potencia consumida en la determinación de una respuesta. Además, algunas funciones del sistema de freno eléctrico 100 pueden deshabilitarse para reducir adicionalmente el consumo de potencia durante estas operaciones. Por ejemplo, no se necesita antideslizamiento durante el remolque o durante ajustes de freno de estacionamiento.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de control de potencia 200 adecuado para su uso en un sistema de freno eléctrico de una aeronave. Las diversas tareas llevadas a cabo en conexión con el proceso 200 pueden llevarse a cabo mediante software, hardware, firmware o cualquier combinación de los mismos. Para propósitos de ilustración, la siguiente descripción del proceso 200 puede referirse a elementos mencionados anteriormente en conexión con la Figura 1. En realizaciones de la invención, partes del proceso 200 pueden llevarse a cabo mediante diferentes elementos del sistema descrito, por ejemplo, una BSCU, un EBAC, una unidad de control de potencia o similar. Debería apreciarse que el proceso 200 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, las tareas mostradas en la Figura 2 no necesitan llevarse a cabo en el orden ilustrado y el proceso 200 puede incorporarse en un procedimiento o proceso más completo teniendo una funcionalidad adicional no descrita en detalle en este documento.

Para este ejemplo, el proceso de control de potencia 200 asume que la aeronave está inicialmente operando en su modo de plena potencia donde el sistema de freno eléctrico tiene una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima (por ejemplo, 100 % de la fuerza de pinzamiento). En otras palabras, el rendimiento de freno máximo en el modo de plena potencia representa el 100 % del rendimiento de freno del sistema de freno eléctrico. Si el proceso 200 detecta una condición que desencadena el modo de potencia reducida para el sistema de freno eléctrico (tarea de consulta 202), entonces el sistema de freno eléctrico conmutará desde el modo de plena potencia al modo de potencia reducida. De otra manera, el sistema de freno eléctrico continuará operando en el modo de plena potencia (tarea 204).

El proceso de control de potencia 200 puede usar una o más pruebas para detectar la condición de modo de potencia reducida. Una condición desencadenante se asocia con la recepción de un mensaje de "suministro de potencia de espera", que indica que la aeronave en la actualidad se está alimentando mediante un suministro de potencia de reserva o de espera en lugar del suministro de potencia activo normal. Haciendo referencia a la Figura 1, por ejemplo, si la unidad de control de potencia 114 genera un mensaje de "suministro de potencia de espera" para la BSCU 104 y/o para el EBAC 106, entonces el sistema de freno eléctrico puede conmutar desde el modo de plena potencia normal al modo de potencia reducida. En una realización donde la aeronave incluye dos unidades de control de potencia (una para una arquitectura de subsistema de freno eléctrico izquierda y una arquitectura de subsistema de freno eléctrico derecha), la tarea de consulta 202 puede detectar la condición de modo de potencia reducida cuando ambas unidades de control de potencia generan un respectivo mensaje de "suministro de potencia de espera" para el sistema de freno eléctrico.

Otra condición desencadenante se asocia con un estado no válido para una o más unidades de control de potencia de la aeronave. Como se usa en el presente documento, una unidad de control de potencia se considera "no válida" cuando el sistema de freno eléctrico no recibe información o datos de la unidad de control de potencia. Si, por ejemplo, el sistema de freno eléctrico determina que una unidad de control de potencia no es válida para al menos un periodo límite de tiempo, entonces la tarea de consulta 202 puede detectar la condición de modo de potencia reducida. En una realización donde la aeronave incluye dos unidades de control de potencia, la tarea de consulta 202 puede detectar la condición de potencia reducida si una unidad de control de potencia no es válida y la otra unidad de control de potencia proporciona un mensaje de "suministro de potencia de espera" como se ha descrito anteriormente. Como alternativa, la tarea de consulta 202 puede detectar la condición de potencia reducida si ambas unidades de control de potencia se consideran no válidas para al menos un periodo límite de tiempo, por ejemplo,

dos minutos o cualquier periodo de tiempo adecuado.

Otra condición desencadenante más se asocia con una falta de información recibida por un EBAC. Como se ha descrito anteriormente, los EBAC se controlan eléctricamente para generar señales de control de accionador para los accionadores de frenos eléctricos. Si por cualquier razón un EBAC ha perdido comunicación de datos entrantes (es decir, ya no está recibiendo señales de órdenes o de control) durante al menos un periodo límite de tiempo, entonces la tarea de consulta 202 puede detectar la condición de potencia reducida. Este periodo límite de tiempo puede ser, por ejemplo, dos minutos o cualquier periodo de tiempo adecuado.

Mientras en el modo de plena potencia, el sistema de freno eléctrico depende de y utiliza un suministro de potencia activo de la aeronave, que genera potencia operativa cuando los motores de la aeronave están en funcionamiento (tarea 206). Mientras en el modo de plena potencia, el sistema de freno eléctrico proporciona capacidad de pleno rendimiento de freno que representa el 100 % del potencial del sistema frenado (tarea 208). Para esta realización, los EBAC en el sistema de freno eléctrico se controlan con señales de potencia de 130 voltios desde la unidad de control de potencia 114; estas señales de potencia de 130 voltios se usan para accionar los motores de los respectivos mecanismos de freno. En la práctica, operar un EBAC en el modo de plena potencia puede extraer aproximadamente dos kilovatios del suministro de potencia activo. En la práctica, los cambios de rendimiento de freno entre modos incluyen, sin limitación: reducción de fuerza de pinzamiento; y reducción de respuesta de frecuencia de freno que conduce a reducción de rendimiento de antideslizamiento. La potencia se refiere a velocidad de operación (aceleración de motor) y cuánto puede pinzarse el freno (par motor), que debería ser evidente para expertos en la materia de motores eléctricos.

Mientras en el modo de plena potencia, el sistema de freno eléctrico también puede mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente alta velocidad para la transmisión de mensajes de señal de control (tarea 210). Tal comunicación de datos a alta velocidad puede ser deseable para soportar una relativamente alta tasa de mensajes o tramas durante operaciones de frenado normales, tal como 200 Hz. En una realización, mensajes para el sistema de freno eléctrico se intercambian una vez cada cinco milisegundos mientras se opera en el modo de plena potencia para garantizar una veloz respuesta del sistema de freno y rápida actualización de datos.

Si la tarea de consulta 202 detecta una condición modo de potencia reducida, entonces el proceso 200 provoca que el sistema de freno eléctrico opere en el modo de baja potencia (tarea 212). La tarea de consulta 202 permite que el sistema de freno eléctrico determine cuándo no se requiere pleno rendimiento de freno y, en consecuencia, cuándo activar el modo de baja potencia. Por ejemplo, el proceso de control de potencia 200 puede activar el modo de baja potencia durante las operaciones de remolque para la aeronave y/o durante operaciones de aseguramiento del freno de estacionamiento para la aeronave. En la práctica, cuando la fuente de potencia conmuta a la fuente de reserva, puede iniciarse el modo de baja potencia.

Mientras en el modo de baja potencia, el sistema de freno eléctrico depende de y utiliza un suministro de potencia de reserva de la aeronave, que genera potencia operativa cuando los motores de la aeronave no están en funcionamiento (tarea 214). Mientras en el modo de baja potencia, el sistema de freno eléctrico proporciona capacidad de rendimiento de freno reducida que representa menos del 100 % del potencial del sistema frenado (tarea 216). En otras palabras, la capacidad del rendimiento de freno máximo en el modo de baja potencia es menor que la capacidad del rendimiento de freno máximo en el modo de plena potencia. En aplicaciones típicas, la capacidad reducida es aproximadamente del 60 % del potencial de la fuerza de pinzamiento del sistema de frenado. Para realizar esta capacidad de frenado reducida, los EBAC pueden controlarse en una manera que limita su media y/o punta de consumo de potencia. Como alternativa (o adicionalmente), los EBAC pueden controlarse en una manera que aumentan sus tiempos de respuesta. Como alternativa (o adicionalmente), el sistema de freno eléctrico puede emplear un limitador de par, una célula de carga, un sensor de posición de accionador de freno y/u otros componentes en los mecanismos de freno que pueden proporcionar datos de realimentación que indican un nivel de accionamiento de freno. En respuesta a tales datos, el sistema de freno eléctrico puede regular la aplicación de los mecanismos de freno a través de los EBAC. En la práctica, operar un EBAC en el modo de baja potencia puede extraer únicamente varios cientos de vatios del suministro de potencia activo (a diferencia de los dos kilovatios en el modo de plena potencia).

Mientras en el modo de baja potencia, el sistema de freno eléctrico también puede mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente baja velocidad para la transmisión de mensajes de señal de control (tarea 218). Tal comunicación de datos a baja velocidad puede ser deseable para soportar una tasa de mensajes o tramas baja durante las operaciones de aeronave que son de alguna forma inmunes a la tasa de datos. Por ejemplo, en el modo de baja potencia, el retraso entre mensajes puede ser mucho más largo (por ejemplo, hasta 10-100 milisegundos) con respecto al retraso en el modo de plena potencia. Esto resulta en menos transmisiones de mensajes y, a su vez, menor potencia consumida para procesar todos los mensajes y accionar los frenos. En la práctica, el cambio del protocolo de comunicación de datos puede manejarse mediante la BSCU (o las BSCU).

Si proceso de control de potencia 200 detecta una condición de modo de plena potencia (tarea de consulta 220) mientras el sistema de freno eléctrico está en el modo de potencia reducida, entonces el sistema de freno eléctrico conmuta de vuelta al modo de plena potencia. Mientras se opera en el modo de potencia reducida, el sistema de

freno eléctrico puede monitorizar otras condiciones para determinar si entrar o no el modo de reposo. Por lo tanto, el proceso de control de potencia 200 puede diseñarse para detectar cualquier condición de modo de reposo apropiado. Como un ejemplo de esta característica, el proceso 200 puede monitorizar un tiempo transcurrido desde que se produce una condición específica, tal como el tiempo de inactividad entre órdenes de freno. El tiempo de inactividad representa un tiempo transcurrido desde la recepción/procesamiento de la última orden de frenado. En la Figura 2, si el modo de reposo se desencadena (tarea de consulta 222), entonces el proceso 200 puede continuar para mantener el modo de baja potencia, continuar monitorizando para una condición de modo de reposo, y continuar monitorizando para una condición que desencadena el modo de plena potencia.

5

10 Si las condiciones de modo de reposo particulares se han satisfecho, entonces el proceso de control de potencia 200 puede conmutar desde el modo de baja potencia a un modo de reposo e impulsar el sistema de freno eléctrico para operar en el modo de reposo (tarea 224). Mientras en el modo de reposo, el sistema de freno eléctrico todavía depende de y utiliza el suministro de potencia de reserva de la aeronave. Sin embargo, el modo de reposo depende del consumo de potencia quiescente desde el suministro de potencia de reserva, donde tal consumo de potencia quiescente es menor que el consumo de potencia reducido que se produce en el modo de baja potencia. En la práctica, este consumo de potencia quiescente representa un requisito de potencia mínimo que permite que el sistema de freno eléctrico reciba, genere y responda a mensajes de datos (el sistema de freno eléctrico no necesita hacer nada más durante este modo). Ya que el frenado no se ordena en el modo de reposo, el sistema de freno eléctrico no necesita mantenerse en un modo que requiere reacción inmediata a señales de accionamiento de freno.

15

20 De hecho, mientras en el modo de reposo, el sistema de freno eléctrico no necesita proporcionar ninguna fuerza de pinzamiento en absoluto. Para realizar el modo de reposo, los EBAC pueden apagarse o mantenerse en un estado de potencia en espera. En la práctica, operar un EBAC en el modo de reposo puede no extraer potencia del suministro de potencia activo (a diferencia de los dos kilovatios en el modo de plena potencia).

25 Mientras en el modo de reposo, el sistema de freno eléctrico también puede mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente baja velocidad para la transmisión de mensajes de señal de control como se ha descrito anteriormente en conexión con la tarea 218. Para conservar adicionalmente energía, puede usarse un protocolo de comunicación de datos a muy baja velocidad durante el modo de reposo, incluyendo no comunicación desde la BSCU al EBAC.

30 Si proceso de control de potencia 200 detecta una condición de modo de plena potencia (tarea de consulta 226) mientras el sistema de freno eléctrico está en el modo de reposo, entonces el sistema de freno eléctrico conmuta de vuelta al modo de plena potencia. En la práctica, el sistema de freno eléctrico se configura volver al modo de plena potencia dentro de un periodo de tiempo relativamente corto - habitualmente menos de un segundo. Si el sistema de freno eléctrico recibe una orden de frenado mientras opera en el modo de reposo (tarea de consulta 228), entonces el proceso 200 puede provocar que el sistema de freno eléctrico conmute de nuevo al modo de baja potencia en respuesta a la orden de frenado si la fuente de potencia de reserva está activa (como se representa en la Figura 2). Como alternativa, el proceso 200 puede provocar que el sistema de freno eléctrico conmute de vuelta al modo de plena potencia en respuesta a la orden de frenado. De otra manera, el sistema de freno eléctrico puede continuar operando en el modo de reposo para conservar energía.

35

40

Mientras al menos una realización de ejemplo se ha representado en la anterior descripción detallada, debería apreciarse que existe un enorme número de variaciones. También debería apreciarse que el ejemplo de realización o realizaciones descritas en este documento no pretenden limitar el alcance, aplicabilidad o configuración de la invención en ninguna forma. En su lugar, la anterior descripción detallada proporcionará a los expertos en la materia con una hoja de ruta para implementar la realización o realizaciones descritas. Debería entenderse que diversos cambios puede hacerse la función y disposición de los elementos sin alejarse del alcance de la invención, donde el alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones, que incluyen equivalentes conocidos y equivalentes previsibles en el momento de solicitar esta solicitud de patente.

45

50



**REIVINDICACIONES**

1. Un método de operación de un sistema de freno eléctrico (100) en diferentes modos de consumo de potencia, comprendiendo el método:
- 5           operar el sistema de freno eléctrico (100) en un modo de plena potencia (204) que corresponde a una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima;  
detectar una condición que desencadena un modo de potencia reducida (202) para el sistema de freno eléctrico (100);
- 10          conmutar desde el modo de plena potencia al modo de potencia reducida (212); y  
mientras en el modo de potencia reducida, operar el sistema de freno eléctrico (100) en un modo de baja potencia que corresponde a una segunda capacidad de rendimiento de frenado máxima que es menor que la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima, **caracterizado por que** el método comprende además:
- 15           mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente alta velocidad para mensajes de control de señales del sistema de freno eléctrico (100) cuando se opera el sistema de freno eléctrico en el modo de plena potencia; y  
mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente baja velocidad para mensajes de control de señales del sistema de freno eléctrico (100) cuando se opera el sistema de freno eléctrico en el modo de
- 20           baja potencia.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde operar el sistema de freno eléctrico (100) en el modo de plena potencia depende de un suministro de potencia activo (116).
- 25          3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde operar el sistema de freno eléctrico (100) en el modo de baja potencia depende de un suministro de potencia de reserva (118).
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo además:
- 30           detectar una condición de modo de reposo (222) que desencadena un modo de reposo para el sistema de freno eléctrico (100);  
conmutar al modo de reposo (224) en respuesta a detección de la condición de modo de reposo; y  
operar el sistema de freno eléctrico (100) en el modo de reposo.
- 35          5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, donde operar el sistema de freno eléctrico (100) en el modo de reposo depende de consumo de potencia quiescente de un suministro de potencia de reserva (118).
6. Un método de operación de un sistema de freno eléctrico (100) en diferentes modos de consumo de potencia, comprendiendo el método:
- 40           determinar cuándo no se requiere un pleno rendimiento de freno, donde pleno rendimiento de freno corresponde a una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima; y  
si pleno rendimiento de freno no se requiere, operar el sistema de freno eléctrico (100) en un modo de baja potencia que corresponde a una segunda capacidad de rendimiento de frenado máxima que es menor que la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima, **caracterizado por que** el método comprende además:
- 45           mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente alta velocidad para mensajes de control de señales del sistema de freno eléctrico (100) cuando se opera el sistema de freno eléctrico en pleno rendimiento de freno; y
- 50           mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente baja velocidad para mensajes de control de señales del sistema de freno eléctrico (100) cuando se opera el sistema de freno eléctrico en el modo de baja potencia.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, comprendiendo además operar el sistema de freno eléctrico (100) en un modo de reposo en respuesta a detección de una condición de modo de reposo (222), donde consumo de potencia en el modo de reposo es menor que consumo de potencia en el modo de baja potencia.
- 55          8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, comprendiendo además:
- 60           mientras opera en el modo de reposo (212), recibir una orden de frenado (226); y  
en respuesta a la orden de frenado, conmutar a un modo de plena potencia (204) que corresponde a la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima.
9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, comprendiendo además:
- 65           mientras opera en el modo de reposo, recibir una orden de frenado (224); y

en respuesta a la orden de frenado, conmutar al modo de baja potencia (212).

5 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, comprendiendo además activar el modo de baja potencia durante las operaciones de remolque.

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, comprendiendo además activar el modo de baja potencia durante operaciones de aseguramiento del freno de estacionamiento.

10 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, comprendiendo además cambiar a protocolo de comunicación de datos para el sistema de freno eléctrico (100) para acomodar el modo de baja potencia.

13. Un sistema de freno eléctrico (100), comprendiendo el sistema de freno eléctrico:

15 un mecanismo de freno (108); y

una arquitectura de control de freno acoplada al mecanismo de freno (108), comprendiendo la arquitectura de control de freno lógica de procesamiento configurada para:

20 controlar operación del sistema de freno eléctrico (100) en un modo de plena potencia durante la cual el mecanismo de freno tiene una primera capacidad de rendimiento de frenado máxima;

conmutar desde el modo de plena potencia a un modo de baja potencia al detectar una condición desencadenante;

25 controlar operación del sistema de freno eléctrico (100) en el modo de baja potencia durante la cual el mecanismo de freno (108) tiene una segunda capacidad de rendimiento de frenado máxima que es menor que la primera capacidad de rendimiento de frenado máxima,

**caracterizado por que** la lógica de procesamiento se configura adicionalmente para:

30 mantener protocolo de comunicación de datos de relativamente alta velocidad para mensajes de control de señales del sistema de freno eléctrico (100) cuando se opera el sistema de freno eléctrico en el modo de plena potencia; y

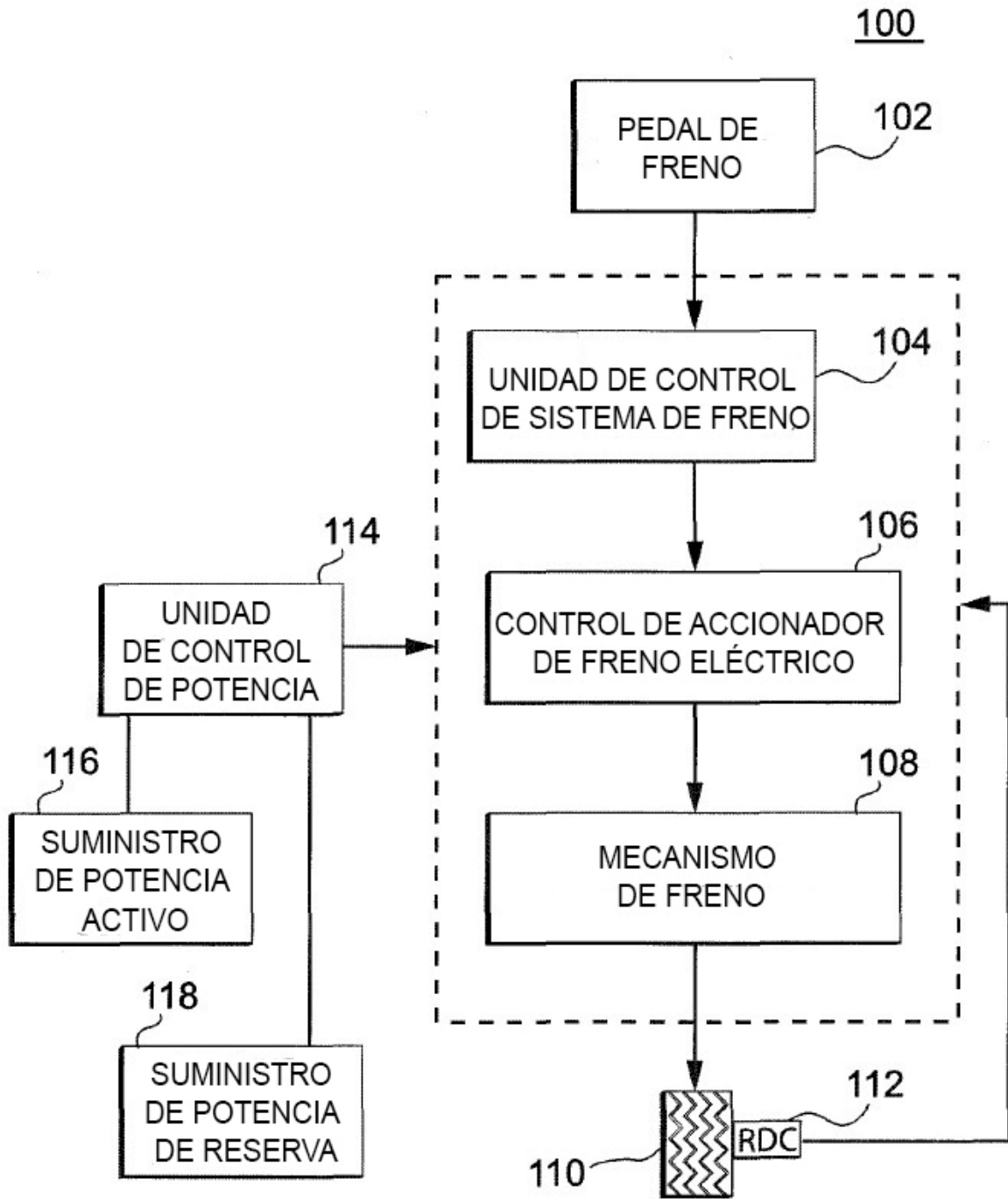
mantener un protocolo de comunicación de datos de relativamente baja velocidad para mensajes de control de señales del sistema de freno eléctrico (100) cuando se opera el sistema de freno eléctrico en el modo de baja potencia.

35 14. Un sistema de freno eléctrico (100) de acuerdo con la reivindicación 13, donde la lógica de procesamiento de la arquitectura de control de freno se configura para:

40 detectar una condición de modo de reposo que desencadena un modo de reposo para el sistema de freno eléctrico (100); y

posteriormente controlar operación del sistema de freno eléctrico (100) en el modo de reposo, donde consumo de potencia del sistema de freno eléctrico en el modo de reposo es menor que consumo de potencia del sistema de freno eléctrico en el modo de baja potencia.

45 15. Un sistema de freno eléctrico (100) de acuerdo con la reivindicación 13, donde la lógica de procesamiento de la arquitectura de control de freno se configura para cambiar un protocolo de comunicación de datos para el sistema de freno eléctrico para acomodar el modo de baja potencia.



**FIG. 1**

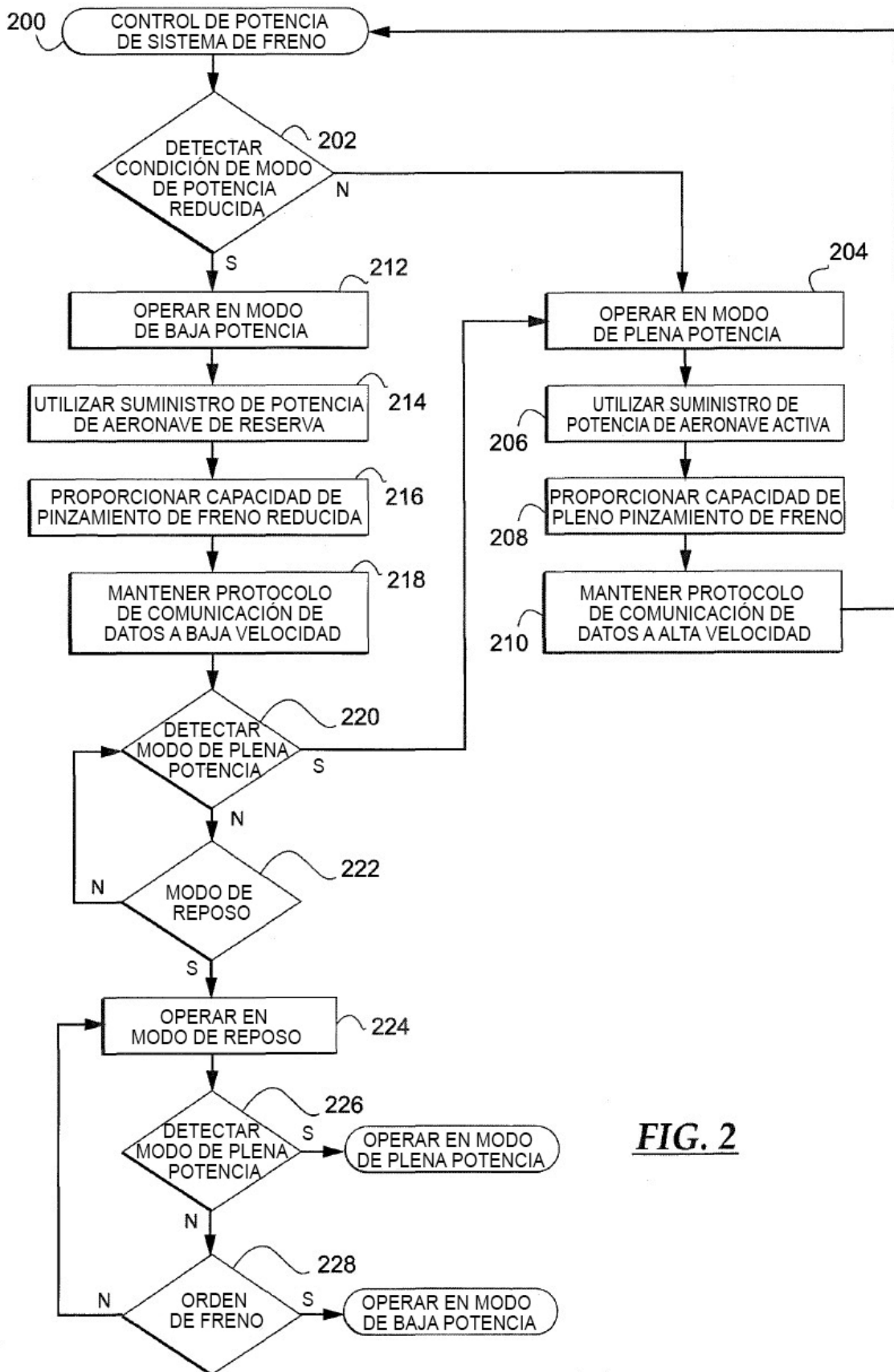


FIG. 2