



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 353 627**

51 Int. Cl.:
B60T 8/17 (2006.01)
B60T 8/88 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07873752 .5**
96 Fecha de presentación : **24.08.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2069170**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.06.2009**

54 Título: **Gestión de la interrupción de la alimentación para un sistema de freno eléctrico de un avión.**

30 Prioridad: **26.09.2006 US 535449**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.03.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.03.2011

73 Titular/es: **THE BOEING COMPANY**
100 North Riverside Plaza
Chicago, Illinois 60606-2016, US

72 Inventor/es: **Griffith, T., Todd**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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).

GESTIÓN DE LA INTERRUPCIÓN DE LA ALIMENTACIÓN PARA UN SISTEMA DE FRENO ELÉCTRICO DE UN AVIÓN

DESCRIPCIÓN

5 CAMPO TÉCNICO

Las realizaciones de la presente invención se refieren, en general, a un sistema de freno eléctrico para un avión. Más particularmente, las realizaciones de la presente invención se refieren a un esquema de control de freno, que manipula elegantemente las interrupciones de alimentación en el sistema de freno eléctrico.

ANTECEDENTES

En condiciones de operación normales, un sistema de freno eléctrico para un avión depende de un suministro (o suministros) de energía continuo, que proporciona alimentación operativa para los componentes de procesamiento, actuadores de freno eléctrico y otros elementos del sistema de freno eléctrico. No es necesario que el suministro de energía (que puede incluir una fuente de energía activa que está accionada por el motor o motores del avión, y/o un suministro de energía de reserva, tal como una batería) esté dedicado en exclusiva al sistema de freno eléctrico y, por lo tanto, las tensiones de suministro para el sistema de freno eléctrico pueden fluctuar dentro de las tolerancias del sistema, en respuesta a las demandas de energía actual del avión. En ciertas condiciones operativas, el sistema de freno eléctrico puede experimentar una interrupción de la alimentación muy breve, durante la cual una tensión de suministro al sistema de freno eléctrico cae por debajo de una tensión especificada.

El documento US 2001/0045771 describe un sistema de freno electromecánico que utiliza características redundantes para proporcionar el freno. El sistema de freno está configurado para funcionar con una alimentación proporcionada por múltiples fuentes de alimentación. Están disponibles diferentes modos de frenado, basados en si ha ocurrido un fallo en una o más fuentes de alimentación. Adicionalmente, la redundancia del sistema permite el fallo en uno o más componentes primarios, sin una pérdida total de la capacidad de freno. El freno proporcional se proporciona incluso en un modo de frenado de emergencia.

El documento EP 1.627.422 describe un sistema de freno

electromecánico, que incluye un accionador de freno electromecánico, para convertir una señal de accionamiento eléctrico en energía mecánica, para efectuar el freno en una rueda de un vehículo. El accionador de freno electromecánico está basado operativamente, al menos en parte, en una
5 tensión de suministro CC típicamente proporcionada por una fuente de alimentación principal. El sistema incluye, adicionalmente, un sistema de reserva de energía eléctrica, que almacena capacitivamente energía eléctrica y proporciona la energía eléctrica almacenada como la tensión de suministro CC en ausencia de la fuente de alimentación principal.

10 Incluso aunque el avión típicamente se recupere de las interrupciones de alimentación en un periodo de tiempo muy corto, la reanudación de la alimentación operativa nominal para el sistema de freno eléctrico puede dar como resultado un control discontinuo de los accionadores de freno eléctrico. Dichas discontinuidades pueden provocar que el avión de sacudidas o aplique
15 los frenos de una manera poco habitual, perceptible para los pasajeros y la tripulación. Por ejemplo, una interrupción de alimentación experimentada durante el autofreno puede engañar al sistema de freno eléctrico, provocar que la arquitectura de control interprete la interrupción de alimentación como una ausencia de desaceleración, y provocar que la arquitectura de control intente
20 aumentar la fuerza de agarre de los accionadores de freno eléctrico, de una manera que se compensa. Tras reanudarse la alimentación operativa nominal, sin embargo, el estado actual de los accionadores de freno eléctrico puede dar como resultado una condición de "sobrefrenado", que da como resultado una mayor desaceleración que la esperada por los pasajeros y la tripulación. Por
25 otro lado, una interrupción de alimentación experimentada durante freno con pedal puede provocar que el sistema de freno eléctrico guarde los valores previos a la interrupción de las señales de control del accionador de freno eléctrico. Tras reanudarse la alimentación operativa nominal, sin embargo, los valores previos a la interrupción grabados puede que no reflejen con precisión
30 la desviación del pedal de freno actual introducida por el piloto. El efecto sobre el avión variará dependiendo de la diferencia (tanto en signo como en magnitud) entre los valores pre-interrupción guardados de las señales de control del accionador de freno eléctrico y los valores post-interrupción de corriente.

BREVE SUMARIO

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de funcionamiento del sistema de freno eléctrico para un avión y un sistema de freno eléctrico para un avión como se reivindica en las reivindicaciones
5 adjuntas.

Las técnicas y tecnologías descritas en este documento controlan el funcionamiento de un sistema de freno eléctrico de un avión para reducir los efectos secundarios perceptibles que, de otra manera podrían ser el resultado de las interrupciones de alimentación experimentadas por el sistema de freno
10 eléctrico. En conexión con una operación de autofreno, una realización guarda los valores pre-interrupción de las señales de control del accionador de freno eléctrico, y procesa los valores guardados tras reanudarse la alimentación operativa nominal. En conexión con una operación de freno con pedal, una disposición descarta los valores pre-interrupción de las señales de control del
15 accionador eléctrico y actualiza los valores tras reanudarse la alimentación operativa nominal. Estas técnicas posibilitan que el sistema de freno eléctrico proporcione una aplicación ininterrumpida de los frenos del avión como respuesta a un estado de interrupción de la alimentación.

Las anteriores y otras técnicas y tecnologías pueden realizarse en una
20 realización por un método de operación de un sistema de freno eléctrico para un avión. El método implica: hacer funcionar un sistema de freno eléctrico en un modo autofreno; en respuesta al comienzo de un estado de interrupción de la alimentación en el sistema de freno eléctrico, almacenar la última orden de autofreno como una orden de autofreno guardada, en el que el autofreno
25 ordena al accionamiento eléctrico de control de un mecanismo de freno, en el sistema de freno eléctrico; y, tras terminarse la condición de interrupción de alimentación, procesar la orden de autofreno guardada.

Las anteriores y otras técnicas y tecnologías pueden realizarse en una realización mediante un sistema de freno eléctrico para un avión. El sistema de
30 freno eléctrico incluye un mecanismo de freno, un accionador de freno eléctrico acoplado al mecanismo de freno y una arquitectura de control de freno acoplada al accionador de freno eléctrico. La arquitectura de control de freno incluye procesar la lógica que está configurada para controlar el accionamiento del accionador de freno eléctrico, controlar una señal de estado de
35 alimentación del sistema de freno eléctrico, detectar el comienzo de una

condición de interrupción de alimentación, basándose en la señal de estado de alimentación, y controlar el accionador de freno eléctrico para proporcionar un accionamiento ininterrumpido del mecanismo de freno recuperando la última orden de autofreno, almacenada como una orden de autofreno guardada en respuesta al comienzo de la condición de interrupción de alimentación, tras terminarse la condición de interrupción de alimentación.

Este sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos de una forma simplificada, que se describen adicionalmente más adelante en la descripción detallada. Este sumario no pretende identificar elementos clave o características esenciales de la materia objeto reivindicada, ni pretende usarse como ayuda para determinar el alcance de la materia objeto reivindicada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Puede deducirse una comprensión más completa de la presente invención por referencia a la descripción detallada y las reivindicaciones cuando se consideran junto con las siguientes figuras, en las que los números 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 un avión;

La Figura 2 es una representación esquemática de una arquitectura de control de freno adecuada para su uso en un sistema de freno eléctrico para un avión;

La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de autofreno adecuado para su uso en conexión con un sistema de freno eléctrico para un avión; y

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de freno con pedal adecuado para su uso en conexión con un sistema de freno eléctrico para un avión.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La siguiente descripción detallada es meramente de naturaleza ilustrativa, y no pretende limitar las realizaciones de la invención o la aplicación y usos de dichas realizaciones. Adicionalmente, no hay intención de quedar ligado a ninguna teoría, expresada o implicada, presentada en el campo técnico precedente, antecedentes, breve sumario o en la siguiente descripción detallada.

Las realizaciones de la invención pueden describirse en este documento en términos de componentes de bloque funcional y/o lógico, y diversas etapas de procesamiento. Debe apreciarse que dichos componentes de bloque pueden realizarse mediante cualquier número de componentes de hardware, software y/o firmware configurados para realizar las funciones especificadas. Por ejemplo, una realización de la invención puede emplear diversos componentes de circuito integrado, por ejemplo, elementos de memoria, elementos de procesamiento de señal digital, elementos lógicos, tablas de consulta o similares, que pueden realizar una diversidad de funciones bajo el control de uno o más de los microprocesadores u otros dispositivos de control. Además, los expertos en la materia apreciarán que las realizaciones de la presente invención pueden practicarse junto con una diversidad de diferentes sistemas de freno para avión y configuraciones de avión, y que el sistema descrito en este documento es meramente una realización ejemplar de la invención.

Por brevedad, las técnicas convencionales y componentes relacionados con el procesamiento de señales, sistemas de freno de avión, controles del sistema de freno y otros aspectos funcionales de los sistemas (y los componentes operativos individuales de los sistemas) no pueden describirse en detalle en este documento. Adicionalmente, las líneas de conexión mostradas en las diversas figuras contenidas en este documento pretenden representar un ejemplo de relaciones funcionales y/o acoplamientos físicos entre los diversos elementos. Debe observarse que muchas alternativas o relaciones funcionales 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 están “conectados” o “acoplados” juntos. Como se usa en este documento, a menos que se indique expresamente de otra manera, “conectado” significa que un elemento/nodo/característica está unido directamente a (o se comunica directamente con) otro elemento/nodo/característica y no necesariamente mecánicamente. Análogamente, a menos que expresamente se indique de otra manera, “acoplado” significa que un elemento/nodo/característica está unido directa o indirectamente a (o se comunica directa o indirectamente con) otro elemento/nodo/característica y no necesariamente de forma mecánica. De esta manera, aunque los esquemas mostrados en la Figura 1 y la Figura 2

representan una disposición ejemplar de elementos, en una realización de la invención pueden estar presentes elementos intermedios, dispositivos, características o componentes adicionales.

La Figura 1 es una representación esquemática de una parte de un sistema de freno eléctrico 100 adecuado para su uso en un avión (no mostrado). El sistema de freno eléctrico 100 incluye un pedal de freno 102, una unidad de control del sistema de freno (BSCU) 104 acoplada al pedal de freno 102, un control del 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 a una rueda 110 del avión. El sistema de freno eléctrico 100 puede incluir también un concentrador de datos remotos montado en el eje (RDC) 112 acoplado a la rueda 110. Brevemente, la BSCU 104 reacciona a la manipulación del pedal de freno 102 y genera una señal de control que recibe el EBAC 106. A su vez, el EBAC 106 genera señales de control del mecanismo de freno que se reciben en el mecanismo de freno 108. A su vez, el mecanismo de freno 108 actúa para ralentizar la rotación de la rueda 110. Estas características y componentes se describen con más detalle a continuación.

El sistema de freno eléctrico 100 puede aplicarse a cualquier número de configuraciones de freno eléctrico para un avión, y el sistema de freno eléctrico 100 está representado de una manera simplificada para facilitar su descripción. Una realización del 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 a babor y estribor del avión, respectivamente. En la práctica, las dos arquitecturas del subsistema pueden controlarse independientemente, de la manera descrita más adelante. En este sentido, una realización del sistema de freno eléctrico 100 como se representa puede incluir un pedal de freno izquierdo, un pedal de freno derecho, una BSCU izquierda, una BSCU derecha, cualquier número de EBAC izquierdos acoplados 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 rueda). Durante el funcionamiento, el sistema de freno eléctrico puede generar y aplicar, independientemente, señales de control del accionador de freno para cada

rueda del avión o, simultáneamente, para cualquier grupo de ruedas.

El pedal de freno 102 está configurado para proporcionar una entrada del piloto en el sistema de freno eléctrico 100 durante las operaciones de freno con pedal. El piloto manipula físicamente el pedal de freno 102, dando como
5 resultado la desviación o movimiento (es decir, alguna forma de entrada física) del pedal de freno 102. Esta desviación física se mide desde su posición natural mediante un servo-hardware o un componente equivalente, se convierte en una BSCU de señal de control de la orden del piloto mediante un transductor o un componente equivalente, y se envía a la BSCU 104. La BSCU
10 de señal de control de la orden del piloto puede transportar datos del sensor de pedal de freno que pueden incluir o indicar la posición de desviación para el pedal de freno 102, la velocidad de desviación para el pedal de freno 102, un estado de freno deseado para el mecanismo de freno 108 o similares.

Una realización del sistema de freno eléctrico 100 puede usar cualquier
15 número de BSCU 104. Para facilitar la descripción, este ejemplo incluye sólo una BSCU 104. La BSCU 104 es una unidad de control electrónico que tiene un software embebido que calcula digitalmente las señales de control EBAC que representan órdenes de freno. La implementación eléctrica/de software permite la optimización adicional y adaptación del rendimiento de freno y
20 detecta si es necesario para el despliegue de avión dado.

La BSCU 104 puede implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, una memoria dirigible al contenido, un procesador de señales digitales, un circuito integrado específico para la aplicación, una serie de puertas programables según el campo, cualquier dispositivo lógico
25 programable adecuado, una puerta discreta o lógica transitoria, componentes de hardware discretos o cualquier combinación de los mismos, diseñada para realizar las funciones descritas en este documento. Un procesador puede realizarse como un microprocesador, un controlador, un microcontrolador o una máquina de estado. Un procesador puede implementarse también como una
30 combinación de dispositivos de cálculo, por ejemplo, una combinación de un procesador de señales digitales y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo procesador de señales digitales o cualquier otra configuración. En una realización, la BSCU 104 se implementa con un procesador informático (tal
35 como PowerPC 555) que aloja un software y proporciona interfaces externas

para el software.

La BSCU 104 controla diversas entradas al avión para proporcionar funciones de control tales como, sin limitación: freno con pedal, de freno de aparcamiento; autofreno; y freno de retirada de engranajes. Además, la BSCU 104 mezcla órdenes anti-deslizamiento (que podrían generarse interna o externamente desde la BSCU 104) para proporcionar un control potenciado de la frenada. La BSCU 104 obtiene señales de control de la orden de piloto desde el pedal de freno 102, junto con datos de la rueda (por ejemplo, velocidad de la rueda, dirección rotacional, presión del neumático, etc.) desde el RDC 112. La BSCU 104 procesa sus señales de entrada y genera una o más señales de control de EBAC que se reciben en el EBAC 106. En la práctica, la BSCU 104 transmite las señales de control EBAC al EBAC 106 a través de un canal 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 con uno o más EBAC 106 asociados. El EBAC 106 puede implementarse, realizarse o llevarse a cabo 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 el software, proporciona interfaces externas para el software e incluye una lógica de procesamiento adecuada, que está configurada para realizar las diversas operaciones EBAC descritas en este documento. El EBAC 106 obtiene señales de control EBAC desde la BSCU 104, procesa las señales de control EBAC y genera las señales de control del mecanismo de freno (señales del accionador de freno) para el mecanismo de freno 108.

Particularmente, la funcionalidad de la BSCU 104 y el EBAC 106 pueden combinarse en un solo elemento o componente basado en el procesador. En este sentido, la BSCU 104, el EBAC 106 o la combinación de los mismos puede considerarse que es una arquitectura de control de freno para un sistema de freno eléctrico 100. Dicha arquitectura de control freno incluye una lógica de procesamiento, funcionalidad y características configuradas adecuadamente, que soportan las operaciones de control de freno descritas en este documento.

La rueda 110 puede incluir un mecanismo de freno asociado 108, que incluye o está acoplado a al menos un accionador del freno eléctrico,

configurado para conferir fuerza de agarre a un rotor de freno del mecanismo de freno 108. El EBAC 106 controla el mecanismo de freno 108 para aplicar, liberar, modular y controlar de otra manera el accionamiento de los accionadores de freno eléctricos respectivos. En este sentido, el EBAC 106
5 genera las señales de control del mecanismo de freno, en respuesta a las señales de control EBAC respectivas, generadas por la BSCU 104. Las señales de control del mecanismo de freno están formateadas y dispuestas adecuadamente para compatibilidad con el mecanismo de freno particular 108 utilizado por el avión. En la práctica, las señales de control del mecanismo de
10 freno pueden regularse para realizar el antideslizamiento y otras maniobras de frenada. Los expertos en la materia están familiarizados con mecanismos de freno de avión y la manera general en la que se controlan, y dichos aspectos conocidos no se describirán en detalle aquí.

El sistema de freno eléctrico 100 puede incluir o comunicarse con uno o
15 más sensores para la rueda 110. Estos sensores están configurados adecuadamente para medir datos de la rueda (velocidad de la rueda, dirección de rotación de la rueda, presión de neumático, temperatura de la rueda/freno, etc.) para la rueda 110, donde los datos de la rueda pueden ser utilizados por el sistema de freno eléctrico 100. El RDC 112 está configurado, generalmente,
20 para recibir, medir, detectar u obtener de otra manera datos para el procesamiento y/o transmisión a otro componente del sistema de freno eléctrico 100. Aquí, el RDC 112 está acoplado a (o está asociado de otra manera con) la rueda 110, y el RDC 112 está configurado para recoger y transmitir sus datos de rueda a la BSCU 104. El canal o canales de
25 comunicación de datos digitales en el avión pueden configurarse para comunicar los datos de rueda del 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 a EBAC 106. En otra
30 realización más, el RDC 112 puede configurarse para comunicar los datos de la rueda (o partes 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 o subsistema de control de alimentación 114, configurado adecuadamente. La unidad de control de alimentación 114 puede estar
35 acoplada a la BSCU 104, al EBAC 106, al mecanismo de freno 108 y/o a otros

componentes del sistema de freno eléctrico 100. La unidad de control de alimentación 114 puede estar configurada para regular, retirar o controlar de otra manera la alimentación a uno o más componentes del sistema de freno eléctrico 100, según sea necesario para conseguir un modo de alimentación operativa deseado. La unidad de control de potencia 114 puede configurarse también para controlar los sistemas de alimentación del avión y los canales de alimentación que suministran al sistema de freno eléctrico 100. Por ejemplo, la unidad de control de potencia 114 puede estar acoplada para un suministro de alimentación activo y/o un suministro de alimentación de reserva (por ejemplo, una batería) para el avión. El suministro de alimentación activo puede incluir un generador acoplado a un motor y un convertidor de CA a CC, configurado adecuadamente, tal como una unidad transformadora-rectificadora (TRU). En esta realización, el suministro de alimentación activo proporciona la energía generada desde el motor del avión mientras que el suministro de alimentación de reserva proporciona energía al avión, cuando el motor o motores no funcionan. La unidad de control de potencia 114 puede estar configurada adecuadamente para proporcionar alimentación operativa al sistema de freno eléctrico 100 desde el suministro de alimentación activo y/o el suministro de alimentación de reserva, según sea necesario, para soportar la funcionalidad del sistema del freno eléctrico 100.

La Figura 2 es una representación esquemática de una arquitectura de control de freno 200, adecuada para su uso en un sistema de freno eléctrico para un avión. El sistema de freno eléctrico 100 puede emplear una realización de arquitectura de control de freno 200. Por ejemplo, la arquitectura de control de freno 200 puede implementarse o realizarse en la BSCU 104 y/o el EBAC 106. La arquitectura de control de freno 200 puede incluir, sin limitación: un procesador 202 que tiene una lógica de procesamiento configurada adecuadamente; una cantidad apropiada de memoria 204; un generador de señal del mecanismo de freno 206; una lógica de control de autofreno 208; una lógica de control de freno de pedal 210; y una lógica de detección de la interrupción de alimentación 212. Estos elementos pueden estar acoplados juntos usando un canal de comunicación de datos 214 o cualquier arquitectura de interconexión o disposición configurada adecuadamente. En esta realización, la arquitectura de control de freno 200 está configurada para controlar el sistema de freno eléctrico de una manera que manipula

ininterrumpidamente las condiciones de interrupción de alimentación, como se describe con más detalle a continuación.

El procesador 202 puede implementarse, realizarse o llevarse a cabo de la manera descrita anteriormente para la BSCU 104. La lógica de procesamiento correspondiente al procesador 202 está diseñada para realizar diversas operaciones y funciones asociadas con los esquemas de control de freno eléctrico descritos en este documento. Adicionalmente, un método o algoritmo (o partes del mismo) descrito en conexión con las realizaciones descritas en este documento puede realizarse directamente en el hardware, en el firmware, en un módulo de software ejecutado por el procesador 202 o en cualquier combinación práctica de los mismos. Un módulo de software puede residir en la memoria 204, que puede realizarse como uno o más componentes físicos que tienen una memoria RAM, memoria instantánea, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco removible, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. En este sentido, la memoria 204 puede acoplarse al procesador 202 de manera que el procesador 202 puede leer información desde y escribir información en la memoria 204. Como alternativa, la memoria 204 puede estar integrada en el procesador 202. Como un ejemplo, el procesador 202 y la memoria 204 pueden residir en un ASIC.

Aunque se representan por separado del procesador 202 de la Figura 2, el generador de señales de control del mecanismo de freno 206, la lógica de control de autofreno 208, la lógica de control de freno con pedal 210 y/o la lógica de detección de interrupción de alimentación 212 (o partes de la misma) pueden implementarse en el procesador 202. Estos elementos funcionales se muestran como distintos bloques para claridad y facilidad de la descripción.

La memoria 204 puede configurarse para almacenar, al menos, una orden de autofreno guardada 216 para el sistema de freno eléctrico. El autofreno ordena el accionamiento eléctrico de control de los mecanismos de freno en el sistema de freno eléctrico. En esta realización, las órdenes de autofreno guardadas 216 pueden recuperarse y procesarse después de una condición de interrupción de la alimentación, para proporcionar una aplicación ininterrumpida de los frenos del avión durante el autofreno. En este sentido, el funcionamiento del generador de señales de control 206 del mecanismo de freno puede estar influido por las órdenes de autofreno guardadas 216.

El generador de señales de control 206 del mecanismo de freno, que puede realizarse en la lógica de procesamiento del procesador 202, está configurado adecuadamente para generar señales de control para el mecanismo o mecanismos de freno de avión. Con referencia a la Figura 1, el generador de señales de control 206 del mecanismo de freno puede implementarse en la BSCU 104 y, por lo tanto, configurarse para generar o influir en las señales de control del EBAC y/o implementarse en el EBAC 106 y, por lo tanto, configurarse para generar o influir en las señales de control del mecanismo de freno.

La lógica de control de autofreno 208, que puede realizarse en la lógica del procesamiento del procesador 202, representa la inteligencia de procesamiento que posibilita que el avión haga funcionar el sistema de freno eléctrico en un modo de autofreno. El autofreno del avión puede utilizarse durante una operación de aterrizaje para potenciar la eficacia y rendimiento del sistema de freno eléctrico. En conexión con una operación de autofreno típica, el piloto selecciona un nivel de autofreno correspondiente a una desaceleración deseada del avión. Después que el avión aterriza, la función de autofreno controla la desaceleración real y la velocidad del avión, y ajusta el accionamiento de los mecanismos de freno de una forma automatizada, para conseguir la característica de desaceleración deseada.

La lógica de control de freno con pedal 210, que puede realizarse en la lógica de procesamiento del procesador 202, representa la inteligencia de procesamiento que posibilita que el avión haga funcionar el sistema de freno eléctrico en un modo de freno con pedal. Dicho freno con pedal depende de la entrada de piloto y de la desviación de los pedales de freno (como se ha descrito anteriormente en el contexto de la Figura 1).

La lógica de detección de interrupción de alimentación 212, que puede realizarse en la lógica de procesamiento del procesador 202, representa la inteligencia de procesamiento que posibilita que el sistema de freno eléctrico detecte el comienzo (y terminación) de una condición de interrupción de alimentación. En aplicaciones aeronáuticas típicas, dichas interrupciones de alimentación son muy breves, pudiendo durar sólo 50-100 milisegundos. Para esta realización, la lógica de detección de interrupción de alimentación 212 analiza una señal de estado de alimentación del sistema de freno eléctrico, para determinar si ha ocurrido o no una interrupción de la alimentación o si va a

ocurrir pronto. La señal de estado de alimentación puede representar una alimentación de entrada o señal de tensión de una BSCU, una alimentación de entrada o señal de tensión de un EBAC y/o cualquier tensión, corriente o nivel de alimentación que esté presente en el sistema de freno eléctrico o el avión.

- 5 La lógica de detección de interrupción de alimentación 212 puede estar configurada para comparar la señal de estado de alimentación con un nivel umbral, potencial o tensión, e indicar el comienzo de una condición de interrupción de alimentación si la señal de estado de alimentación falla por debajo del nivel umbral. Por ejemplo, si la tensión operativa nominal del
- 10 sistema de freno eléctrico es de aproximadamente 28 voltios y el intervalo de tensión operativa normal es de 18 a 32 voltios, la lógica de detección de interrupción de alimentación 212 puede indicar una condición de interrupción de alimentación si la tensión cae por debajo de 18 voltios.

- La Figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de autofreno
- 15 300 adecuado para su uso en conexión con un sistema de freno eléctrico para un avión. Las diversas tareas realizadas en conexión con el proceso 300 pueden realizarse mediante software, hardware, firmware o cualquier combinación de los mismos. Para propósitos ilustrativos, la siguiente descripción del proceso 300 puede hacer referencia a los elementos
- 20 mencionados anteriormente en conexión con la Figura 1 y la Figura 2. En las realizaciones de la invención, partes del proceso 300 pueden realizarse mediante diferentes elementos del sistema descrito, por ejemplo, una BSCU, un EBAC, un mecanismo de freno o un elemento de procesamiento del sistema de freno eléctrico. Debe apreciarse que el proceso 300 puede incluir cualquier
- 25 número de tareas adicionales o alternativas, las tareas mostradas en la Figura 3 no es necesario realizarlas en el orden ilustrado, el proceso 300 puede incorporarse en un procedimiento o proceso más exhaustivo que tiene una funcionalidad adicional no descrita en detalle en este documento.

- Un procedimiento de autofreno típico se ha descrito anteriormente en el
- 30 contexto de la lógica de control de autofreno 208. El proceso de autofreno 300 funciona preferiblemente, de esta manera, en condiciones normales. En este sentido, el proceso 300 puede generar, actualizar y las órdenes de autofreno de proceso (tarea 302) en una manera en curso, mientras el avión funciona con el sistema de freno eléctrico en modo autofreno. Como se ha mencionado
- 35 anteriormente, el autofreno ordena el accionamiento eléctrico de control de al

menos un mecanismo de freno en el sistema de freno eléctrico y no es necesario que dichas órdenes de autofreno sean dependientes de ninguna entrada del piloto en tiempo real. Aunque funcione en modo autofreno, el proceso 300 puede controlar una o más señales de estado de alimentación del sistema de freno eléctrico (tarea 304). Durante la tarea 304, la señal de estado de alimentación puede controlarse continuamente o mostrarse a una frecuencia adecuada. La señal de estado de alimentación controlada puede ser, sin limitación: una alimentación de entrada/tensión de una BSCU; una alimentación/tensión de entrada de un EBAC; una alimentación/tensión de entrada de un mecanismo de freno o similares. El proceso 300 analiza el valor en tiempo real de esta señal de estado de alimentación, para detectar el comienzo de una condición de interrupción de alimentación (tarea de interrogación 306).

En conexión con la tarea de interrogación 306, el proceso de autofreno 300 puede comparar el valor actual de la señal de estado de alimentación con un valor umbral, tal como una tensión umbral. Si el valor actual de la señal de estado de alimentación es menor que el valor umbral, entonces el proceso 300 puede indicar que una condición de interrupción de alimentación ha ocurrido o va a ocurrir pronto. En la práctica, la indicación del comienzo de la condición de interrupción de alimentación puede ser, simplemente, una marca o identificador generado internamente que dé instrucciones al proceso 300 para proceder como se describe a continuación, comenzando con la tarea 310. Sin embargo, si el proceso 300 no detecta una condición de interrupción de alimentación (tarea de interrogación 306), entonces el proceso 300 puede comprobar si el autofreno se ha completado (tarea de interrogación 308). Si el autofreno se ha completado, entonces el proceso 300 finaliza. Si el autofreno no se ha completado, entonces el proceso 300 puede reintroducirse en la tarea 302, para continuar generando y actualizando las órdenes de autofreno, según sea necesario.

En respuesta a la detección de una condición de interrupción de alimentación, el proceso de autofreno 300 almacena la última orden de autofreno (tarea 310) como una orden de autofreno guardada en una localización de memoria adecuada. La última orden de autofreno es la orden de autofreno más reciente generada por el sistema de freno eléctrico, antes de la interrupción de la alimentación. Dependiendo de la implementación específica

del sistema de freno eléctrico y del tiempo implicado, la última orden de autofreno puede haberse ejecutado o no por el mecanismo o mecanismos de freno. Además, el proceso 300 puede pausar los cálculos de la orden de autofreno durante la interrupción de la alimentación, para evitar que un
5 algoritmo de autofreno aumente su orden de aplicación de freno cuando los mecanismos de freno no pueden aplicarse (lo que podría ocurrir durante la interrupción de la alimentación). La orden de autofreno guardada se mantiene hasta que el proceso 300 determina que la condición de interrupción de la alimentación ha terminado (tarea de interrogación 312). En otras palabras, el
10 proceso 300 permanece al ralentí hasta que la alimentación operativa normal se haya restablecido en el sistema de freno eléctrico.

Cuando se reanuda la alimentación operativa normal, el proceso de autofreno 300 puede recuperar la orden de autofreno guardada (tarea 314) de la memoria, y procesar la orden de autofreno guardada (tarea 316) de una
15 manera apropiada. Para esta realización, el sistema de freno eléctrico procesa la orden de autofreno guardada de una manera que proporciona una aplicación ininterrumpida de los frenos tras la terminación de la condición de interrupción de alimentación. En particular, el sistema de freno eléctrico controla el accionador o accionadores de freno eléctrico, con la orden de autofreno
20 guardada (tarea 318). En la práctica, el uso de la orden de autofreno guardada asegura que se mantiene el estado de accionamiento del freno más reciente. Por otro lado, el sistema de freno eléctrico puede aumentar o disminuir sin querer la cantidad de fuerza de agarre de freno en una cantidad excesiva, que da como resultado bandazos o sacudidas del avión cuando se reanuda la
25 alimentación operativa normal.

Una vez que se ha restablecido la alimentación operativa normal, el sistema de freno eléctrico puede generar una orden de autofreno actualizada (tarea 320), si fuera necesario. Después de procesar la orden de autofreno guardada, el proceso de autofreno 300 puede reemplazar la orden de autofreno
30 guardada por la orden de autofreno actualizada (tarea 322) y procesar la orden de autofreno actualizada de una manera apropiada. En otras palabras, una vez que la orden de autofreno guardada se ha recuperado y utilizado por el sistema de freno eléctrico, el modo operativo de autofreno normal puede reanudarse, como se indica mediante la flecha de la tarea 322 a la tarea 302.

35 La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso de freno con

pedal 400, adecuado para su uso en conexión con un sistema de freno eléctrico para un avión. Las diversas tareas realizadas en conexión con el proceso 400 pueden realizarse mediante software, hardware, firmware o cualquier combinación de los mismos. Para propósitos ilustrativos, la siguiente descripción del proceso 400 puede hacer referencia a elementos mencionados anteriormente en conexión con la Figura 1 y la Figura 2.

Las partes del proceso 400 pueden realizarse mediante diferentes elementos del sistema descrito, por ejemplo, una BSCU, un EBAC, un mecanismo de freno o un elemento de procesamiento del sistema de freno eléctrico. Debe apreciarse que el proceso 400 puede incluir cualquier número de tareas adicionales o alternativas, aunque no es necesario que las tareas mostradas en la Figura 4 se realicen en el orden ilustrado, y el proceso 400 puede incorporarse en un procedimiento o proceso más exhaustivo que tiene una funcionalidad adicional, no descrita en detalle en este documento.

Un procedimiento de freno con pedal típico se ha descrito anteriormente. El proceso de freno con pedal 400, preferiblemente, funciona de esta manera en condiciones normales. En este sentido, el proceso 400 puede generar, actualizar y procesar las órdenes de freno con pedal (tarea 402) de una manera en curso, mientras que el avión hace funcionar el sistema de freno eléctrico en un modo de freno con pedal. Como se ha mencionado anteriormente, las órdenes de freno con pedal controlan el accionamiento eléctrico de al menos un mecanismo de freno en el sistema de freno eléctrico y dichas órdenes de freno con pedal se generan cuando el piloto pisa el pedal o pedales de freno del avión. Aunque funciona en el modo de freno con pedal, el proceso 400 puede controlar una o más señales del estado de alimentación del sistema de freno eléctrico (tarea 404) y detectar el comienzo de una condición de interrupción de alimentación (tarea de interrogación 406) de la manera descrita anteriormente para el proceso de autofreno 300.

El comienzo de la condición de interrupción de alimentación puede provocar que el proceso de freno con pedal 400 transcurra como se ha descrito anteriormente, comenzando con la tarea 410. Sin embargo, si el proceso 400 no detecta una condición de interrupción de alimentación (tarea de interrogación 406), entonces el proceso 400 puede comprobar si la operación de freno se ha completado (tarea de interrogación 408). Si la frenada se ha completado, entonces el proceso 400 finaliza. Si la frenada no se ha

completado, entonces el proceso 400 puede reintroducirse en la tarea 402, para continuar generando y actualizando las órdenes de freno con pedal según sea necesario.

En respuesta a la detección de una condición de interrupción de alimentación, el proceso de freno con pedal 400 purga o suprime la última (o actual) orden de freno con pedal (tarea 410). La última orden de freno con pedal es la orden más reciente generada por el sistema de freno eléctrico, antes de la interrupción de la alimentación. Dependiendo de la implementación específica del sistema de freno eléctrico y del tiempo implicado, el última orden de freno con pedal puede haberse ejecutado o no por el mecanismo o mecanismos de freno. La última orden de freno con pedal se purga para asegurar que el sistema de freno eléctrico no se actualiza a sí mismo de forma inadvertida con esa orden cuando recupera la alimentación operativa normal. El proceso 400 puede permanecer al ralentí hasta que determina que la condición de interrupción de alimentación ha terminado (tarea de interrogación 412). En otras palabras, el proceso 400 permanece al ralentí hasta que la alimentación operativa normal se ha establecido en el sistema de freno eléctrico.

Cuando la alimentación operativa normal se reanuda, el proceso de freno con pedal 400 puede provocar que el sistema de freno eléctrico libere el accionador o accionadores de freno eléctrico en el mecanismo o mecanismos de freno, antes de que los frenos se vuelvan a aplicar (tarea 414). Esta liberación de los accionadores puede ser deseable para prepararlos para una activación y actuación posterior. Además, esta liberación de los accionadores permite que el sistema de freno eléctrico espere hasta que recibe la siguiente orden de freno con pedal (que es deseable para acomodar la situación cuando el piloto libera completamente los pedales de freno durante la interrupción de alimentación). Después de liberar los accionadores, el proceso 400 actualiza la orden de freno con pedal (tarea 416) generando una orden de freno con pedal actualizada que indica la cantidad de desviación del pedal de freno que existe tras terminar la condición de interrupción de alimentación. El proceso 400 puede procesar entonces la orden de freno con pedal actualizada (tarea 418) de una manera apropiada. Para esta disposición, el sistema de freno eléctrico procesa la orden de freno con pedal actualizada, de una manera que proporciona una aplicación ininterrumpida de los frenos tras la terminación de la condición de interrupción de alimentación. En particular, el sistema de freno

eléctrico controla el accionador o accionadores de freno eléctrico con la orden de freno con pedal actualizada (tarea 420). En la práctica, el uso de la orden de freno con pedal actualizada asegura que el sistema de freno con pedal tiene en cuenta cualquier interacción del piloto con el pedal o pedales de freno que puedan haber ocurrido durante el periodo de interrupción de alimentación. Esto da como resultado la cantidad esperada de fuerza de frenado aplicada por el piloto. Una vez que se ha restablecido la alimentación operativa normal, el sistema de freno eléctrico puede reanudar el modo de freno con pedal normal, como se indica mediante la flecha de la tarea 420 a la tarea 402.

- 10 Aunque en la descripción detallada anterior se ha presentado, al menos, una realización ejemplar, debe apreciarse de que existe un gran número de variaciones. Debe apreciarse también que la realización o realizaciones ejemplares descritas en este documento no pretenden limitar el alcance, aplicabilidad o configuración de la invención de ninguna manera. En lugar de
- 15 ello, la descripción detallada anterior proporcionará a aquellos expertos en la materia un mapa de carreteras conveniente para implementar la realización o realizaciones descritas. Debe entenderse que pueden hacerse diversos cambios en la función y disposición de los elementos, sin alejarse del alcance de la invención, donde el alcance de la invención se define mediante las
- 20 reivindicaciones, que incluye equivalentes conocidos y equivalentes previsibles en el momento de presentar esta solicitud de patente.

REIVINDICACIONES

1. Un método de hacer funcionar un sistema de freno eléctrico (100) para un avión, comprendiendo el método:
 - 5 hacer funcionar el sistema de freno eléctrico en un modo autofreno (300);
en respuesta al comienzo de una condición de interrupción de alimentación (306) en el sistema de freno eléctrico, almacenar una última orden de autofreno como una orden de autofreno guardada (310), en el que las
10 órdenes de autofreno controlan el accionamiento eléctrico de un mecanismo de freno en el sistema de freno eléctrico; y
tras terminarse la condición de interrupción de alimentación, procesar la orden de autofreno guardada (312, 314).
- 15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
controlar una señal de estado de alimentación del sistema de freno eléctrico (304), y
detectar el comienzo de la condición de interrupción de alimentación
20 basándose en la señal de estado de alimentación (306).
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que detectar (306, 406) el comienzo de la condición de interrupción de alimentación comprende:
comparar la señal de estado de alimentación con una tensión umbral; y
25 si la señal de estado de alimentación es menor que la tensión umbral, indicar el comienzo de la condición de interrupción de alimentación.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
30 generar una orden de autofreno actualizada; y
reemplazar la orden de autofreno guardada por la orden de autofreno actualizada, después de procesar la orden de autofreno guardada (320, 322).
5. Un sistema de freno eléctrico (100) para un avión, comprendiendo el
35 sistema de freno eléctrico (100):

- un mecanismo de freno (108);
- un accionador de freno eléctrico acoplado al mecanismo de freno (108);
- una arquitectura de control de freno (104, 106) acoplada al accionador de freno eléctrico, comprendiendo la arquitectura de control de freno una lógica de procesamiento configurada para:
 - 5 hacer funcionar el sistema de freno eléctrico (100) en un modo autofreno;
 - controlar el accionamiento del accionador de freno eléctrico;
 - controlar una señal de estado de alimentación del sistema de freno eléctrico;
 - 10 detectar el comienzo de una condición de interrupción de alimentación, basándose en la señal de estado de alimentación; y
 - controlar el accionador de freno eléctrico para proporcionar un accionamiento ininterrumpido del mecanismo de freno, tras la terminación de la condición de interrupción de alimentación;
 - 15 comprendiendo adicionalmente el sistema de freno eléctrico (100):
 - un elemento de memoria (310) configurado para almacenar una última orden de autofreno como una orden de autofreno guardada, en respuesta al comienzo de la condición de interrupción de alimentación;
 - en el que la lógica de procesamiento de la arquitectura de control de freno (104, 106) está configurada para recuperar la orden de autofreno guardada (314) en respuesta a la terminación de la condición de interrupción de alimentación; y las órdenes de autofreno controlan la operación del accionador de freno eléctrico.
 - 20
- 25 6. Un sistema de freno eléctrico (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que:
 - la arquitectura de control de freno (104, 106) comprende una unidad de control del sistema de freno (104); y la señal de estado de alimentación representa una señal de alimentación de entrada de la unidad de control del sistema de freno (104).
 - 30
- 7. Un sistema de freno eléctrico (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en el:
 - la arquitectura de control de freno (104, 106) comprende un control del accionador de freno eléctrico (106); y
 - 35

la señal de estado de alimentación representa una señal de alimentación de entrada de control del accionador de freno eléctrico (106).

22

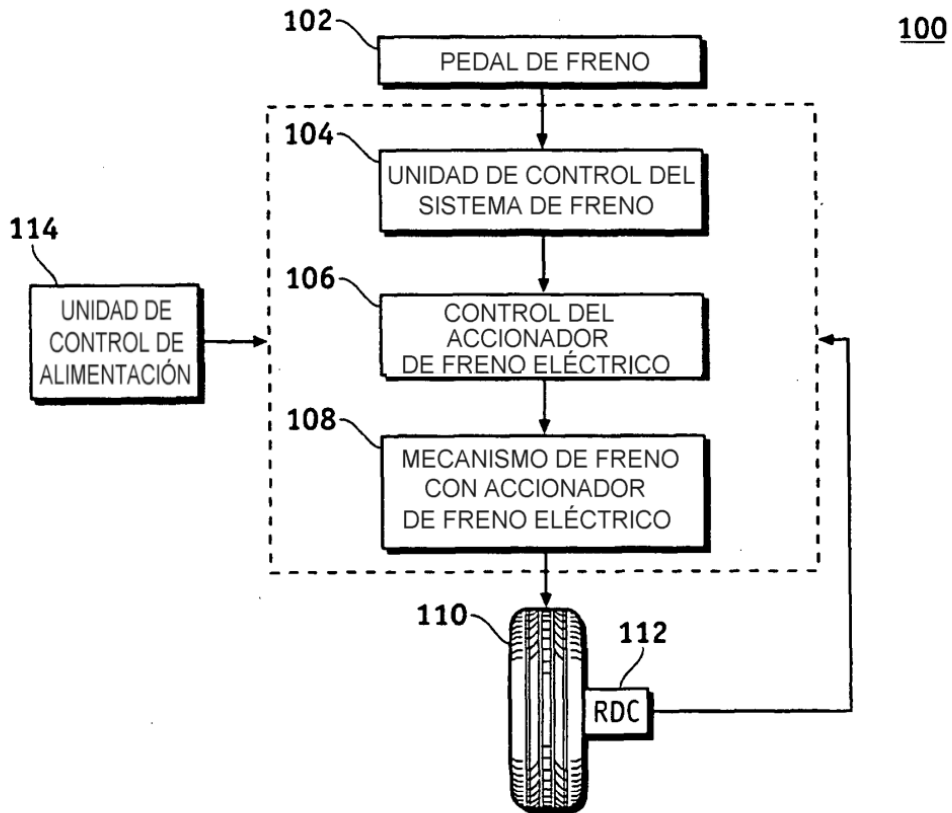


FIG. 1

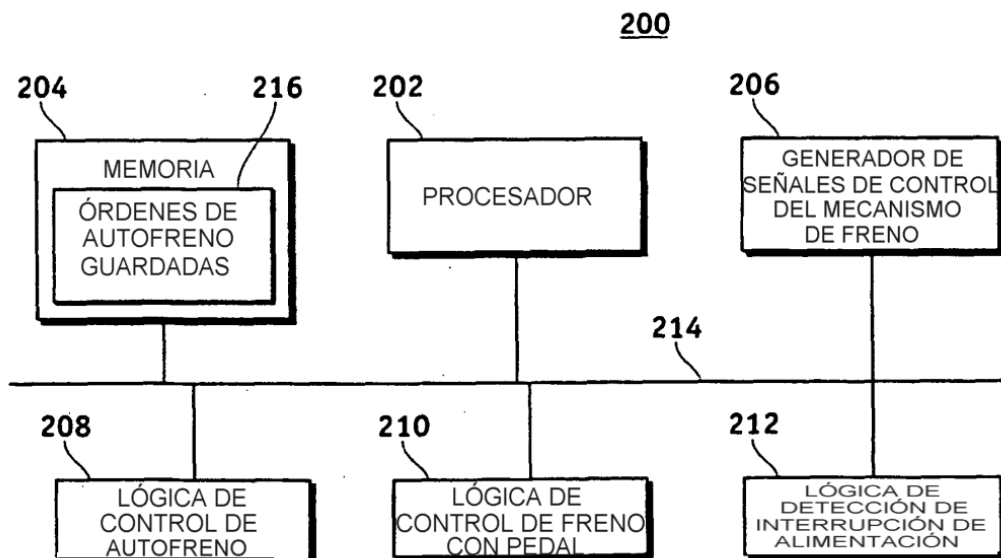
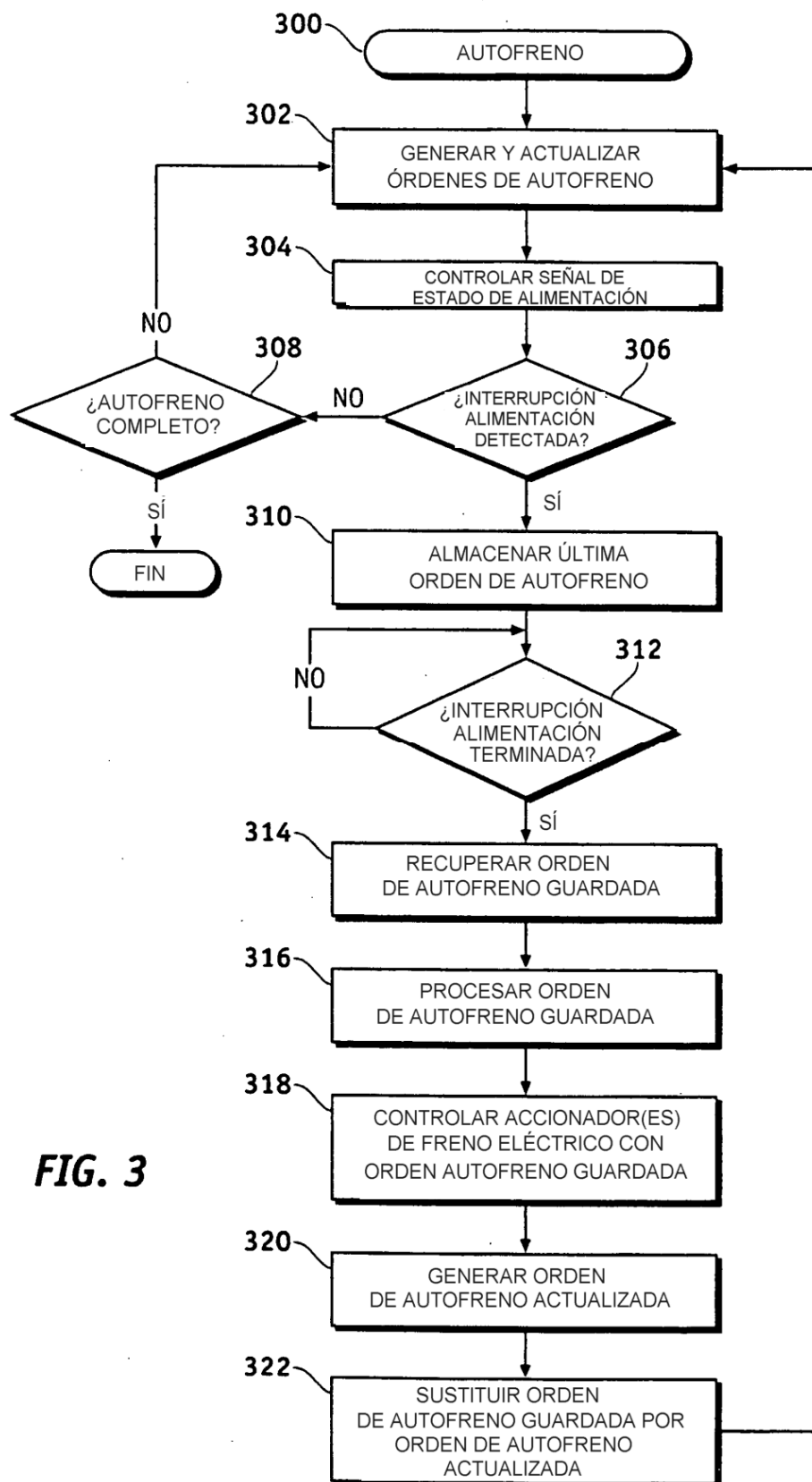


FIG. 2

**FIG. 3**

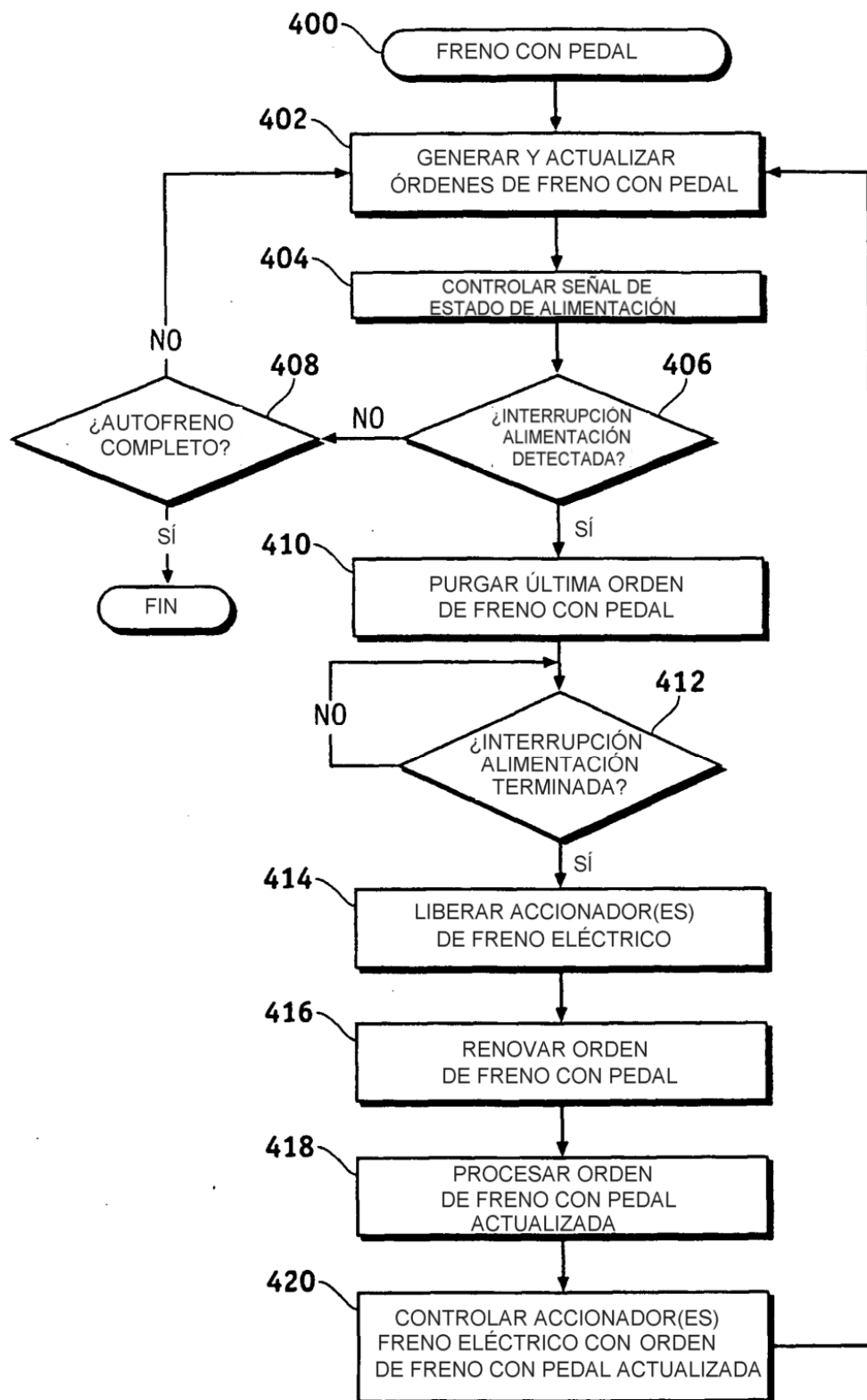


FIG. 4