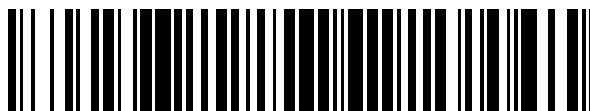


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 778**

51 Int. Cl.:

B64C 13/16 (2006.01)

B64C 13/42 (2006.01)

H01F 7/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2014** **E 14174801 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2019** **EP 2840021**

54 Título: **Actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante**

30 Prioridad:

16.07.2013 US 201313942710

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

24.07.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MATSUI, GEN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 720 778 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

Actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante

5 Las realizaciones de la presente divulgación se relacionan, en general, a la supresión de fallos en sistemas de control eléctrico-mecánicos. Más particularmente, las realizaciones de la presente divulgación se relacionan con la supresión de fallos en los sistemas de actuación.

Antecedentes

10 La trayectoria de vuelo de un avión se controla mediante una desviación de las superficies de control de vuelo. En muchos aviones modernos, las superficies de control de vuelo son desviadas por los actuadores. Dichas superficies de control de vuelo pueden incluir elevadores para control de cabeceo, alerones y flaperones para control de balanceo, y un timón para control de guiñada. En muchos casos, la corriente eléctrica controla la salida del actuador.
 15 En algunos casos, un efecto electromagnético de la corriente eléctrica produce directamente una salida mecánica para el Actuador Electromecánico (EMA), o el Actuador Electro-Hidrostático (EHA), mientras que en otros casos, se amplifica por algún otro medio, tal como a través de control del flujo hidráulico a través de una servoválvula, como una Válvula de Transmisión Directa (DDV), o una Servoválvula Electrohidráulica (EHSV) en una o varias etapas.

20 La corriente eléctrica fluye a través de una bobina (o bobinas) y se convierte en una fuerza útil inducida magnéticamente para accionar el actuador. Una condición no óptima que provoque un nivel erróneo de corriente podría hacer que el actuador se mueva a una posición sin mando o produzca una fuerza sin mando. Tal condición no óptima puede hacer que un avión se desvíe de una trayectoria controlada y/o causar una anomalía estructural en el avión, particularmente si la no óptima es oscilatoria o cíclica.

25 El documento US 2012/0303210 A1 divulga un sistema para el manejo de servocontroles. El sistema maneja la salida de una servoválvula.

30 El documento US 2013/0026287 A1 divulga un método y un dispositivo para detectar un movimiento incontrolado de una superficie de control de una aeronave.

Resumen

35 Se presentan un sistema y métodos para el control de retroalimentación de suma de corriente redundante de un sistema de actuador. Un actuador puede comprender bobinas de actuación configuradas para accionar el actuador, y un sensor de corriente de bobina de actuación detecta una corriente de bobina total medida que comprende una suma de las corrientes de bobina de cada una de las bobinas de actuación. Los controladores de la bobina del actuador controlan las bobinas de actuación con base en una corriente total de bobina controlada y la corriente total de bobina medida.

40 De esta manera, un efecto de condición no óptima eléctrica se suprime a un nivel insignificante. Las realizaciones suprimen arquitectónicamente un efecto de la condición no óptima eléctrica en uno de los circuitos de control redundantes, independientemente de las características de la condición no óptima. Por lo tanto, la arquitectura alivia la necesidad de tareas tal como el análisis/ajuste personalizado de monitores elaborados y evita los efectos de la programación y la certificación. Además, la aplicación de dispositivos menos costosos se hace posible.
 45

50 Un sistema de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede comprender un actuador, un sensor de corriente de bobina de actuación y controladores de bobina de actuador. El actuador comprende bobinas de actuación configuradas para accionar el actuador. El sensor de corriente de bobina de actuación detecta una corriente de bobina total medida que comprende una suma de las corrientes de bobina de cada una de las bobinas de actuación. Los controladores de bobina de actuador controlan las bobinas de actuación con base en una diferencia entre una corriente de bobina total ordenada y la corriente de bobina total medida.

55 En una realización, un método para suprimir la condición no óptima en un sistema de control de actuador detecta una corriente de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de bobinas de actuación de un actuador con un sensor de corriente de bobina de actuación. El método controla además las bobinas de actuación con al menos dos controladores de bobina de actuador con base en la diferencia entre una corriente de bobina total ordenada y la corriente de bobina total medida. El método comprende además recibir en cada una de una pluralidad de bobinas de sensor una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente; recibir un flujo magnético de las bobinas de sensor en un núcleo magnético; y medir la corriente de bobina total medida por al menos un sensor acoplado al núcleo magnético.
 60

65 En una realización adicional, un controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante comprende un circuito de control de retroalimentación interno que recibe una corriente de bobina total deseada y una corriente de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada una de una pluralidad de bobinas de actuación de un actuador. El circuito de control de retroalimentación interno también controla las

bobinas de actuación con base en una diferencia entre una corriente de bobina total ordenada y la corriente de bobina total medida. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante comprende además un sensor de corriente de bobina de actuación configurado para detectar la corriente de bobina total medida, y que comprende: una pluralidad de bobinas de sensor configuradas para recibir una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente; un núcleo magnético configurado para recibir un flujo magnético de las bobinas del sensor; y al menos un sensor acoplado al núcleo magnético y configurado para medir la corriente de bobina total medida.

Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen con más detalle a continuación en la descripción detallada. Este resumen no tiene la intención de identificar características clave o características esenciales del objeto reivindicado, ni pretende ser utilizado como una ayuda para determinar el alcance del objeto reivindicado.

Breve descripción de los dibujos

Una comprensión más completa de las realizaciones de la presente divulgación se puede derivar haciendo referencia a la descripción detallada y las reivindicaciones cuando se considera junto con las siguientes figuras, en las que números de referencia similares se refieren a elementos similares en todas las figuras. Las figuras se proporcionan para facilitar la comprensión de la divulgación sin limitar la amplitud, el alcance, la escala o la aplicabilidad de la divulgación. Los dibujos no están necesariamente hechos a escala.

La Figura 1 es una ilustración de un diagrama de flujo de una metodología a manera de ejemplo de producción y servicio de aeronaves.

La Figura 2 es una ilustración de un diagrama de bloques a manera de ejemplo de una aeronave.

La Figura 3 es una ilustración de un actuador existente.

La Figura 4 es una ilustración de un controlador de actuador doble paralelo a manera de ejemplo con un circuito interno de corriente total de acuerdo con una realización de la divulgación.

La Figura 5 es una ilustración de un controlador de actuador triple paralelo a manera de ejemplo con un circuito interno de corriente total de acuerdo con una realización de la divulgación.

La Figura 6 es una ilustración de un gráfico de historia de tiempo a manera de ejemplo que muestra el gráfico de posición (pulgadas) del pistón, el gráfico de presión diferencial (psi) y el gráfico de corriente (mA) para una falla simulada en el actuador convencional de la Figura 3.

La Figura 7 es una ilustración de un gráfico de historia de tiempo a manera de ejemplo que muestra el gráfico de posición (in) del pistón, el gráfico de presión diferencial (psi) y el gráfico de corriente (mA) para una supresión de fallas simulada en el sistema de actuador triple de la Figura 5 de acuerdo con una realización de la divulgación.

La Figura 8 es una ilustración de una medición de corriente independiente de acuerdo con una realización de la divulgación.

La Figura 9 es una ilustración de la derivación de corriente total en la medición de corriente independiente de la Figura 8 de acuerdo con una realización de la divulgación.

La Figura 10 es una ilustración de una medición de corriente total de acuerdo con una realización de la divulgación.

La Figura 11 es una ilustración de un diagrama de flujo a manera de ejemplo que muestra un proceso para la supresión de fallas en un controlador de actuador de acuerdo con una realización de la divulgación.

Descripción detallada

La siguiente descripción detallada es de ejemplo en su naturaleza y no pretende limitar la divulgación o la aplicación y usos de las realizaciones de la divulgación. Las descripciones de dispositivos, técnicas y aplicaciones específicas se proporcionan solo como ejemplos. Las modificaciones a los ejemplos descritos aquí serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios generales definidos aquí pueden aplicarse a otros ejemplos y aplicaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la divulgación. A la presente divulgación se le debe otorgar un alcance consistente con las reivindicaciones, y no limitado a los ejemplos descritos y mostrados aquí.

Las realizaciones de la divulgación se pueden describir aquí en términos de componentes de bloques funcionales y/o lógicos y diversos pasos 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 razones de brevedad, no se pueden describir en detalle aquí las técnicas y

componentes convencionales relacionados con leyes de control, sistemas de control, técnicas de medición, sensores de medición, actuadores, transmisión de datos, señalización, control de red y otros aspectos funcionales de los sistemas (y los componentes operativos individuales de los sistemas). Además, los expertos en la técnica apreciarán que las realizaciones de la presente divulgación se pueden practicar junto con una variedad de hardware y software, y que las realizaciones descritas aquí son simplemente realizaciones a manera de ejemplo de la divulgación.

Las realizaciones de la divulgación se describen aquí en el contexto de una aplicación práctica no limitativa, es decir, la supresión de fallos en un actuador para una superficie de control de vuelo de una aeronave. Las realizaciones de la divulgación, sin embargo, no están limitadas a dicha estructura de aeronave, y las técnicas descritas aquí también pueden utilizarse en otras aplicaciones. Por ejemplo, pero sin limitación, las realizaciones pueden ser aplicables a vehículos tripulados y no tripulados de tierra, aire, espacio, agua y submarinos, molinos de viento y otra maquinaria

Como resultaría evidente para un experto en la técnica después de leer esta descripción, los siguientes son ejemplos y realizaciones de la divulgación y no están limitados a operar de acuerdo con estos ejemplos. Se pueden utilizar otras realizaciones y se pueden realizar cambios estructurales sin apartarse del alcance de las realizaciones a manera de ejemplo de la presente divulgación.

Con referencia más particularmente a los dibujos, las realizaciones de la divulgación se pueden describir en el contexto de un método 100 de fabricación y servicio de aeronave a manera de ejemplo (método 100) como se muestra en la Figura 1 y una aeronave 200 como se muestra en la Figura 2. Durante la preproducción, el método 100 puede comprender la especificación y el diseño 104 de la aeronave 200, y la adquisición 106 de material. Durante la producción, tiene lugar el proceso 108 de fabricación de componentes y subconjuntos (etapa 108 de producción) y la integración 110 del sistema (etapa de producción 110) de la aeronave 200. Después de eso, la aeronave 200 puede pasar por la certificación y entrega 112 para ser puesta en servicio 114. Mientras está en servicio por un cliente, la aeronave 200 está programada para el mantenimiento de rutina y servicio 116 (que también puede incluir modificación, reconfiguración, remodelación, y así).

Cada uno de los procesos del método 100 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistemas puede comprender, por ejemplo, pero sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, por ejemplo, pero sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede comprender, por ejemplo, pero sin limitación, una aerolínea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicios y similares.

Como se muestra en la Figura 2, la aeronave 200 (aeronave 200) producida por el método 100 puede comprender un fuselaje 218 con una pluralidad de sistemas 220 y un interior 222. Ejemplos de sistemas de alto nivel de los sistemas 220 comprenden uno o se trata más de un sistema 224 de propulsión, un sistema 226 eléctrico, un sistema 228 hidráulico, un sistema 230 ambiental y un sistema 232 de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante. También se puede incluir cualquier número de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, las realizaciones de la divulgación pueden aplicarse a otras industrias.

El aparato y los métodos incorporados aquí pueden emplearse durante una o más de las etapas del método 100. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos correspondientes a la etapa 108 de producción pueden fabricarse o manufacturarse de una manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 200 está en servicio. Además, se pueden utilizar una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos o una combinación de las mismas durante los pasos 108 y 110 de producción, por ejemplo, acelerando sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de una aeronave 200. De manera similar, uno o más de las realizaciones de aparatos, las realizaciones del método, o una combinación de las mismas pueden utilizarse mientras la aeronave 200 está en servicio, por ejemplo y sin limitación, para el mantenimiento y el servicio 116.

Las superficies de control de vuelo son desviadas por los actuadores (accionados hidráulicamente o eléctricamente) para finalmente controlar una trayectoria de vuelo. Dichas superficies de control de vuelo pueden comprender, por ejemplo, pero sin limitación, elevadores para control de cabeceo, alerones y flaperones para control de balanceo, timón para control de guiñada u otra superficie de control de vuelo. A menudo hay múltiples actuadores unidos a una sola superficie de control de vuelo en paralelo, y en muchos casos, todos pueden activarse en condiciones normales. Hay mecanismos de control (por ejemplo, electrónicos, mecánicos) que controlan una desviación en la que cada actuador coloca la superficie de control de vuelo. En condiciones normales, los actuadores en una sola/misma superficie trabajan en unísono para desviar la superficie de control de vuelo a la posición ordenada. Sin embargo, una anomalía en un actuador o su controlador puede hacer que el actuador afectado ("actuador no óptimo") intente desviar la superficie de control de vuelo a una posición diferente a la posición ordenada.

Las realizaciones de la divulgación proporcionan un sistema y métodos en los que la suma de flujo en una servoválvula y un circuito de retroalimentación de suma de corriente (la "suma de corriente" o la corriente total que fluye a través de múltiples bobinas) se utiliza como parámetro de retroalimentación en cada uno de los controladores de actuadores múltiples para lograr una capacidad de supresión de fallas casi perfecta. "suma actual" puede

referirse a una suma de corrientes, y por lo tanto, la suma actual, la suma de corrientes y la corriente total pueden usarse intercambiamente en este documento.

La Figura 3 es una ilustración de un controlador 300 de actuador existente. Una salida 310 de actuador de un actuador 302 convencional se controla mediante una diferencia 308 entre una salida 306 deseada (comando 306) y una salida 304 medida (retroalimentación 304). La posición 310 de pistón es un ejemplo de la salida 310 de actuador que se puede controlar de esta manera. La diferencia 308 entre el comando 306 y la retroalimentación 304 se usa para determinar una corriente 314 eléctrica de control apropiada para llevar la retroalimentación 304 más cerca del comando 306. El controlador 316 de actuador muestra un caso en el que la salida de corriente 314 eléctrica de control se establece proporcional a la diferencia 308, pero hay muchos otros métodos de control disponibles. La corriente 314 eléctrica de control se convierte en salida mecánica de varias maneras, como se explicó anteriormente.

La Figura 4 es una ilustración de un sistema 400 de controlador de actuador doble paralelo a manera de ejemplo con un circuito interno de corriente total de acuerdo con una realización de la divulgación. Al igual que con el actuador 302 convencional, una salida de un actuador 402 se controla a través del control de retroalimentación, donde una salida 410/412 medida (retroalimentación 410/412) se compara contra una salida 414/416 deseada (comando 414/416) respectivamente. En este caso, un circuito 418 y 420 de control de retroalimentación se denomina "circuito 418 de control de retroalimentación externo y circuito 420 de control de retroalimentación externo" y son circuitos 418/420 de control externos eléctricamente independientes. En este documento, una salida medida y una posición de actuador medida se pueden usar intercambiamente. De manera similar, en este documento, una salida deseada, un comando y una posición de actuador deseada se pueden usar intercambiamente.

El sistema 400 comprende el actuador 402, un controlador 1(406) de bobina de actuador, un controlador 2 (408) de bobina de actuador, un sensor 460 de corriente de bobina de actuación y un sensor 458 de retroalimentación del circuito externo.

El actuador 402 comprende una pluralidad de bobinas de actuación tales como una bobina 1 (422) de actuación y una bobina 2 (424) de actuación configuradas para accionar el actuador 402. Las bobinas 422/424 de actuación comprenden una potencia de actuación común.

El sensor 460 de corriente de bobina de actuación está configurado para detectar una corriente 462 de bobina total medida que comprende una suma de las corrientes 426 y 428 de bobina de la bobina 1 (422) de actuación y la bobina 2 (424) de actuación. El sensor 460 de corriente de bobina de actuación se explica con más detalle en el contexto de la discusión de las Figuras 8-10 a continuación.

El controlador 1 (406) de bobina de actuador y el controlador 2 (408) de bobina de actuador están configurados para controlar la bobina 1 (422) de actuación y una bobina 2 (424) de actuación respectivamente con base en una corriente 436/438 de bobina total ordenada y la corriente 462 de bobina total medida.

Una diferencia en el sistema 400 de control en comparación con el controlador 300 de actuador existente es que hay múltiples bobinas de actuación accionadas independientemente, es decir, la bobina 1 (422) de actuación y la bobina 2 (424) de actuación, y la corriente 426 de bobina a través de la bobina 422 de actuación y la corriente 428 de bobina a través de la bobina 424 de actuación son controladas independientemente por el controlador de 1 (406) de bobina de actuador y el controlador 2 (408) de bobina de actuador respectivamente.

Otra diferencia es que cada ruta de control comprende, un circuito 430 de control de retroalimentación interno y un circuito 432 de control de retroalimentación interno respectivamente, además de su respectivo circuito 418 de control de retroalimentación externo y el circuito 420 de control de retroalimentación externo. Un parámetro de control para el circuito 430/432 de control de retroalimentación interno es la corriente 462 de bobina total medida. La corriente 462 de bobina total medida es una suma de las corrientes 426 y 428 de bobina o una "suma de corriente" o una corriente total que fluye a través de las bobinas 422/424 de actuación múltiple como el parámetro de retroalimentación en cada uno de los controladores 406/408 de bobina de actuador múltiple. Por lo tanto, se pueden usar intercambiamente en este documento la corriente de bobina total medida, la suma de corriente total medida, el valor de suma de corriente y el valor de retroalimentación de suma de corriente.

El circuito 418 de control de retroalimentación externo determina la suma 436 de corriente deseada (corriente de 436 bobina total ordenada, o un valor 436 deseado) con base en a una diferencia 442 entre la salida 414 de actuador deseada y la salida 410 de actuador medida. El circuito 430 de control de retroalimentación interno (retroalimentado a través del sensor 460 de corriente de bobina de actuación y a través de la suma de las corrientes 462 de bobina) determina una orden 446 apropiada (salida 446 ordenada) a su amplificador 450 de corriente con base en una diferencia de suma de corriente entre la corriente 436 de bobina total ordenada (corriente 436 de bobina total deseada, o valor 436 deseado) y la corriente 462 de bobina total medida y genera la salida 446 ordenada para controlar el actuador 402.

De manera similar, el circuito 420 de control de retroalimentación externo determina la corriente 438 de bobina total ordenada (corriente 438 de bobina total deseada) con base en una diferencia 444 entre la salida 416 de actuador deseada y la salida 412 de actuador medida. El circuito 432 de control de retroalimentación interno (realimentado a través del sensor 460 de corriente de bobina de actuación y a través de la suma de las corrientes 462 de bobina) determina una orden 448 apropiada (salida 448 ordenada) a su amplificador 452 de corriente con base en una diferencia de suma de corriente entre la corriente 438 de bobina total ordenada y la corriente 462 de bobina total medida y genera la salida 448 ordenada para controlar el actuador 402.

La corriente 436/438 de bobina total deseada comprende una diferencia 454/456 de corriente de salida entre una salida 414/416 de corriente de actuador deseada y una salida 418/420 de corriente de actuador medida, y la salida 446/448 ordenada comprende una diferencia entre la corriente 436/438 de bobina total deseada y la corriente 462 de bobina total medida.

El sistema 400 suprime los efectos no óptimos eléctricos. Un nivel de corriente erróneo puede ser emitido desde un controlador 406/408 de bobina de actuador como resultado de cualquiera de los diversos modos de anomalía y cualquier número de modos de anomalía, que comprenden aquellos en la electrónica del controlador de bobina de actuador, sensor o dispositivos dentro o fuera de los dos circuitos de control. Independientemente del origen de una anomalía, una anomalía de corriente en una bobina 422/424 afecta directamente a la corriente 462 de bobina total medida que se aplica como el parámetro de retroalimentación de circuito interno en el otro controlador 406/408 de bobina de actuador. El controlador 406/408 de bobina de actuador luego ajusta su salida de corriente con el fin de impulsar el valor 462 de suma de corriente hacia el valor 436/438 deseado, y por lo tanto, suprimir un efecto en una salida 464 de actuador. Debido a que la salida 464 de actuador está dictada por la suma de las corrientes de bobina, es decir, la corriente 462 de bobina total medida, el sistema 400 suprime arquitectónicamente un efecto de condición eléctrica no óptima en cualquier lugar en uno de los circuitos 418/420 y 430/432 de control redundantes, independientemente de las características de la condición no óptima.

Mientras que una arquitectura redundante dual se ha discutido anteriormente, cualquier redundancia (por ejemplo, triple, cuádruple, etc.) suprimiría un efecto de la condición no óptima, con un aumento del grado de eficacia con un nivel de redundancia.

La Figura 5 es una ilustración de un sistema 500 de controlador de bobina de actuador de triplete paralelo a manera de ejemplo (sistema 500) con un circuito interno de corriente total de acuerdo con una realización de la divulgación. El sistema 500 se describe aquí junto con el sistema 400. El sistema 500 puede tener funciones, materiales y estructuras que son similares al sistema 400. Por lo tanto, las características, funciones y elementos comunes pueden no estar descritos aquí de manera redundante.

El sensor 528 de corriente de bobina de actuación está configurado para detectar una corriente 524 de bobina total medida que comprende una suma de corrientes 426, 428 y 526 de bobina de la bobina 1 (422) de actuación, la bobina 2 (424) de actuación, y la bobina 3 (530) de actuación. El sensor 528 de corriente de bobina de actuación se explica con más detalle en el contexto de discusión de las Figuras 8-10 a continuación.

El circuito 418/420/508 de control de retroalimentación externo determina una suma 436/438/512 de corriente deseada (corriente 436/438/512 de bobina total ordenada) con base en una diferencia 442/444/514 entre la salida 414/416/516 de actuador deseada y la salida 410/412/518 de actuador medida. El circuito 430/432/506 de control de retroalimentación interno determina una orden 446/448/520 apropiada a su amplificador 450/452/522 de corriente con base en una diferencia entre la corriente 436/438/512 de bobina total ordenada y la suma 524 de corriente total medida (corriente 524 de bobina total medida). La corriente 524 de bobina total medida es la suma de las corrientes 426, 428, 526 de bobina o la "suma de corriente" o la corriente total que fluye a través de las bobinas 422/424/530 de actuación múltiple como el parámetro de retroalimentación en cada uno de los controladores 406/408/504 de bobina de actuador múltiple.

La Figura 6 es una ilustración de un gráfico 600 de historia de tiempo a manera de ejemplo que muestra la gráfica 602 de posición (in) de pistón, la gráfica 604 de presión diferencial (psi) y la gráfica 606 de corriente (mA) para una falla simulada en el actuador 302 convencional de la Figura 3. Como se muestra en el gráfico 606, una corriente 610 errónea a través de la bobina 312 de actuación del actuador 302 convencional de la Figura 3 provoca una gran lucha de fuerzas entre los actuadores internos y externos en una misma superficie aerodinámica como se muestra por la diferencia entre las presiones 612 y 614 diferenciales que se muestran en el gráfico 604, así como por el desplazamiento 616 y 618 de posición del pistón que se muestra en el gráfico 602 representado por una desviación de un perfil ordenado sinusoidal deseado, como se muestra en el gráfico 702 de la Figura 7.

Mediante el circuito 418/420/508 de control de retroalimentación externo que determina una suma 436/438/512 de corriente deseada (corriente 436/438/512 de bobina total ordenada) con base en la diferencia 442/444/514 entre la salida 414/416/516 de actuador deseada y la salida 410/412/518 de actuador medida, y el circuito 430/432/506 de control de retroalimentación interno que determina una orden 446/448/520 apropiada a su amplificador 450/452/522 de corriente con base en una diferencia entre la corriente 436/438/512 de bobina total ordenada y la corriente 524 de

bobina total medida, el sistema 500 proporciona una capacidad de supresión no óptima sin precedentes que es casi perfecta. Un ejemplo de esto se muestra en el gráfico 700 de historia de tiempo a continuación.

La Figura 7 es una ilustración de un gráfico 700 de historia de tiempo a manera de ejemplo que muestra la gráfica 702 de posición (in) de pistón, la gráfica 704 de presión diferencial (psi) y la gráfica 706 de corriente (mA) para una supresión de fallas simuladas en el sistema 500 de controlador de bobina de actuador de triplete paralelo de la Figura 5 de acuerdo con una realización de la divulgación. Cuando un nivel erróneo de la corriente 708 de control (corriente 708 errónea) fluye a través de una bobina 422/424/530 de actuador dentro de una servoválvula, se detecta un ligero cambio en la corriente 524 de bobina total medida por el sensor 528 de corriente de bobina de actuación y los otros dos controladores de bobina de actuador trabajan para generar activamente corrientes que se oponen inmediatamente a la corriente 708 errónea para mantener la corriente 524 de bobina total medida en la corriente 436/438/512 de bobina total ordenada.

De esta manera, los efectos de la corriente 708 errónea se mantienen en niveles insignificantes, como se muestra mediante una lucha de fuerzas representada por la diferencia entre las presiones 714 y 716 diferenciales mostradas en el gráfico 704, así como por un desplazamiento 718 y 720 de posición de pistón representado por la desviación del perfil ordenado sinusoidal deseado que se muestra en el gráfico 702. Esto contrasta con los efectos extremos observados con los actuadores "convencionales", tal como el actuador 302 convencional que se muestra en la Figura 6.

Más específicamente en este ejemplo, la corriente 708 errónea a través de la bobina 422 de actuación se opone sustancialmente de manera inmediata a las corrientes 710 y 712 a través de otras dos bobinas de actuación, por ejemplo, la bobina 2 (424) de actuación y la bobina 3 (530) de actuación respectivamente. Por lo tanto, la lucha de fuerza y el desplazamiento de la posición del pistón entre los actuadores interior y exterior en la misma superficie aerodinámica se reducen a niveles insignificantes.

El circuito de control de retroalimentación pone en su lugar una característica en la que cada corriente de control afecta directamente a las otras corrientes de control electromagnéticamente, de manera que una corriente de control errónea se opone activamente e inmediatamente a las otras corrientes de control. Por lo tanto, cuando una anomalía en una o más señales en una de las líneas de cualquiera de los circuitos de retroalimentación o en un dispositivo que genera una señal tal como la salida 414 de actuador deseada que representa la posición deseada del pistón, hace que la corriente 708 errónea fluya a través de una bobina de actuación tal como las bobinas 422 de actuación, se detecta el flujo 818/820 magnético resultante por el sensor 802/812 de flujo magnético (Figura 8, sensor 460/528 de corriente de bobina de actuación en las Figuras 4 y 5) en las otras dos líneas de los circuitos de control de posición. Esto, a su vez, hace que fluya una corriente en las otras dos bobinas 424/526 de actuación y crea un flujo 818/820 magnético que se opone al que está creado por la corriente 708 errónea.

Una diferencia en la presión hidráulica entre dos lados de los pistones cilíndricos, la "presión diferencial", puede ser sustancialmente proporcional a una carga aplicada o producida por el actuador 402. Esta presión diferencial se mide y controla mediante un sensor de fuerza. El sensor de fuerza controla al menos dos fuerzas de actuador medidas. El sistema 400/500 puede comprender otros tipos de actuadores, tales como un actuador electromecánico en el que no se puede usar una "presión diferencial" para medir una fuerza. En este caso, podrían utilizarse otros medios de medición de la fuerza, tal como, pero sin limitación, un medidor de tensión u otros medios de medición de fuerza.

La Figura 8 es una ilustración de una medición 800 de corriente independiente de acuerdo con una realización de la divulgación. La Figura 9 es una ilustración de la derivación 900 de corriente total en la medición de corriente independiente de la Figura 8 de acuerdo con una realización de la divulgación.

Una pluralidad de bobinas 804/814 de sensor están configuradas para recibir una corriente 426/428 de actuación que acciona una de las bobinas 422/424 de actuación respectivamente. Las bobinas 804/814 de sensor pueden ser eléctricamente independientes de los circuitos que generan la corriente que las bobinas 804/814 de sensor están midiendo, de modo que una anomalía eléctrica común no cause una corriente errónea tal como la corriente 708 errónea, en paralelo con corromper una medición aplicada como un parámetro de retroalimentación a otro controlador de bobina del actuador.

Un núcleo 808/816 magnético está configurado para recibir el flujo 818/820 magnético de las bobinas 804/814 de sensor, respectivamente.

Al menos un sensor 802/812 de flujo magnético está acoplado al núcleo 808/816 magnético y está configurado para medir la corriente 462 de bobina total medida. El al menos un sensor 802/812 de flujo magnético puede comprender, por ejemplo, pero sin limitación, un sensor de efecto Hall u otro sensor. La corriente 462 de bobina total medida (valor de retroalimentación de suma de corriente) se puede derivar de varias maneras. La corriente 462 de bobina total medida debe medirse de manera que sea eléctricamente independiente de los dispositivos y circuitos que controlan la corriente (a menos que se proporcionen otros medios de protección separados para abordar la anomalía de ese dispositivo o circuito común).

Como se explicó anteriormente, esto es así para que una anomalía eléctrica común no cause una corriente errónea, en paralelo con la corrupción de la medición aplicada como el parámetro de retroalimentación al otro controlador de la bobina del actuador. Por ejemplo, el sistema 400 debería evitar una anomalía que provoque que una corriente errónea fluya a través de la bobina 1 (422) de actuación y corrompa la medición de corriente total utilizada en el controlador 2 (408) de bobina de actuador.

En las Figuras 8 y 9, cada uno de los controladores múltiples, como los controladores 406 y 408 de bobina de actuador (véase Figura 4), miden la corriente de la bobina del actuador entre uno y otro a través de un medio eléctricamente independiente para medir la corriente de bobina adyacente respectiva y suma la respectiva corriente de bobina adyacente con una respectiva corriente de bobina local para crear la corriente 462 de bobina total medida como parámetro de retroalimentación.

Por ejemplo, el controlador 406 de bobina de actuador mide su propia corriente de bobina local (corriente 826 de bobina medida) tal como la corriente 426 de bobina de la bobina 422 de actuador, mide una corriente de bobina adyacente (corriente 828 de bobina medida) tal como la corriente 428 de bobina de la bobina 424 de actuador, y suma la corriente 428/828 de bobina con la corriente 426/826 de bobina para crear la corriente 902/462 de bobina total medida como el parámetro de retroalimentación.

De manera similar, el controlador 408 de bobina de actuador mide su propia corriente de bobina local (corriente 828 de bobina medida) tal como la corriente 428 de bobina de la bobina 424 del actuador, mide una corriente de la bobina adyacente (corriente 826 de bobina medida) tal como la corriente 426 de bobina de la bobina 422 de actuador, y suma la corriente 428/828 de bobina con la corriente 426/826 de bobina para crear la corriente 904/462 de bobina total medida como el parámetro de retroalimentación.

En este ejemplo se realiza una medición independiente mediante los sensores 802/812 de flujo magnético en los que la corriente 426/428 fluye a través de las bobinas 804/814 de sensor respectivamente y genera el flujo 818/820 magnético respectivo que se mide en el respectivo espacio 806/810 en el respectivo núcleo 808/816 magnético.

Además, dependiendo de un tipo de actuador 502, las realizaciones pueden medir o derivar independientemente la corriente 462 de bobina total medida (o una aproximación cercana) usando las bobinas 422/424 de actuación directamente, en lugar de instalar bobinas 804/814 de sensor externas dedicadas para fines de medición, como se muestra en la Figura 10.

La figura 10 es una ilustración de una medición 1000 de corriente total de acuerdo con una realización de la divulgación. La Figura 10 muestra otro ejemplo, en el que la corriente 462 de bobina total medida se mide sumando magnéticamente el flujo 818/820 magnético (Figura 8) generado por dos bobinas 804/814 de sensor.

Los dos controladores 406 y 408 de bobina de actuador (Figura 4) miden la corriente 462 total de bobina sumando magnéticamente el flujo 818/820 magnético generado por las dos bobinas 804/814 de sensor. En este ejemplo, se realiza una medición independiente mediante el sensor 802/812 de flujo magnético en el que la corriente 426/428 fluye a través de la bobina 804/814 de sensor y genera el flujo 818/820 magnético, una suma (1004/462 y 1006/462) la cual se mide respectivamente en el espacio 806 y 810 en el núcleo 1002.

Los métodos en las Figuras 8-11 pueden expandirse para derivar la corriente 462 de bobina total medida para otros niveles de redundancia (por ejemplo, triple, cuádruple, etc.).

La Figura 11 es una ilustración de un diagrama de flujo a manera de ejemplo que muestra un proceso 1100 para la supresión de una no óptima en un controlador de bobina de actuador de acuerdo con una realización de la divulgación. Las diversas tareas realizadas en relación con el proceso 1100 pueden realizarse mecánicamente, por software, hardware, firmware, un medio legible por ordenador que tenga instrucciones ejecutables por ordenador para realizar el método de proceso, o cualquier combinación de las mismas. Debe apreciarse que el proceso 1100 puede incluir cualquier cantidad de tareas adicionales o alternativas, las tareas que se muestran en la Figura 11 no necesitan realizarse en el orden ilustrado, y el proceso 1100 puede incorporarse a un procedimiento o proceso más completo que tenga una funcionalidad adicional no descrita en detalle aquí.

Para fines ilustrativos, la siguiente descripción del proceso 1100 puede referirse a los elementos mencionados anteriormente en relación con las Figuras 4-5 y 7-10. En algunas realizaciones, porciones del proceso 1100 pueden realizarse por diferentes elementos del sistema 400-500, tales como: circuito 418/420/508 de control de retroalimentación externo, el circuito 430/432/506 de control de retroalimentación interno, el amplificador 450/452/522 de corriente, las bobinas 422/424/526 de actuación, las bobinas 804/814 de sensor, el sensor 802/812 de flujo magnético, etc. El proceso 1100 puede tener funciones, materiales y estructuras que son similares a las realizaciones mostradas en la Figura 4-5 y 7-10. Por lo tanto, las características, funciones y elementos comunes no se pueden describir de manera redundante aquí.

El proceso 1100 puede comenzar detectando una corriente de bobina total medida tal como la corriente 462 de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada uno de una pluralidad de bobinas de

actuación tales como las bobinas 422/424 de actuación de un actuador tal como el actuador 402 con un sensor de corriente de bobina de actuación tal como el sensor 460 de corriente de bobina de actuación (tarea 1102).

5 El proceso 1100 puede continuar luego controlando las bobinas 422/424 de actuación con una pluralidad de controladores de bobina de actuador tales como los controladores 406/408 de bobina de actuador con base en una corriente de bobina total ordenada tal como la corriente 436/438 de bobina total ordenada y la corriente 462 de bobina total medida (tarea 1104). El control de las bobinas 422/ 424 de actuación con los controladores 406/408 de bobina de actuador puede basarse en una diferencia (diferencia de suma de corriente) entre la corriente 436/438 de bobina total ordenada y la corriente 462 de bobina total medida.

10 El proceso 1100 puede luego continuar accionando el actuador 402 a través de las bobinas 422/424 de actuación (tarea 1106).

15 El proceso 1100 puede continuar recibiendo una posición deseada del actuador tal como la salida 414/416 deseada y una posición medida del actuador tal como la salida 410/412 medida (tarea 1108).

20 El proceso 1100 puede continuar generando la corriente 436/438 de bobina total ordenada con base en la posición deseada del actuador, tal como la salida 414/416 deseada y la posición medida del actuador, tal como la salida 410/412 medida (tarea 1110).

25 El proceso 1100 puede continuar recibiendo en cada una de una pluralidad de bobinas de sensor, tales como bobinas 804/814 de sensor, una corriente del actuador tal como la corriente 426/428 de actuador que acciona una de las bobinas 422/424 de actuación respectivamente (tarea 1112).

30 El proceso 1100 puede continuar recibiendo un flujo magnético tal como el flujo 818/820 magnético de las bobinas 804/814 de sensor en un núcleo magnético tal como el núcleo 808/816 magnético (tarea 1114).

35 El proceso 1100 puede continuar midiendo la corriente 462 de bobina total medida por al menos un sensor tal como el sensor 802/812 de flujo magnético acoplado al núcleo 808/816 magnético (tarea 1116).

40 De esta manera, se proporcionan un sistema y métodos para suprimir anomalías en un actuador.

45 La descripción anterior se refiere a elementos o nodos o características que están "conectados" o "acoplados" juntos. Como se usa aquí, a menos que se indique expresamente lo contrario, "conectado" indica que un elemento/nodo/característica se une directamente a (o se comunica directamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente de forma mecánica. Del mismo modo, a menos que se indique expresamente lo contrario, "acoplado" indica que un elemento/nodo/característica se une directamente o indirectamente a (o se comunica directamente o indirectamente con) otro elemento/nodo/característica, y no necesariamente de manera mecánica. Por lo tanto, aunque las Figuras 4-5 y 8-10 representan ejemplos de disposiciones de elementos, pueden estar presentes elementos, dispositivos, características o componentes que intervienen adicionales en una realización de la divulgación.

50 Los términos y frases utilizados en este documento, y las variaciones de los mismos, a menos que se indique expresamente lo contrario, deben interpretarse como de final abierto en lugar de limitativos. Como ejemplos de lo anterior: el término "incluyendo" debe leerse como "incluyendo, sin limitación" o similares; el término "ejemplo" se utiliza para proporcionar ejemplos a manera de ejemplo del artículo en discusión, no una lista exhaustiva o limitativa del mismo; y los adjetivos tales como "convencional", "tradicional", "normal", "estándar", "conocido" y los términos de significado similar no deben interpretarse como limitantes del artículo descrito a un período de tiempo dado o a un artículo disponible a partir de un momento dado, pero en su lugar, debe leerse para abarcar tecnologías convencionales, tradicionales, normales o estándar que pueden estar disponibles o conocidas ahora o en cualquier momento en el futuro.

55 Del mismo modo, un grupo de elementos vinculados con la conjunción "y" no debe leerse como un requisito que requiere que todos y cada uno de esos elementos estén presentes en la agrupación, sino que debe leerse como "y/o" a menos que se indique expresamente de otra manera. De manera similar, un grupo de elementos vinculados con la conjunción "o" no debe leerse como un requisito de exclusividad mutua entre ese grupo, sino que también debe leerse como "y / o" a menos que se indique expresamente lo contrario.

60 Además, aunque los artículos, elementos o componentes de la divulgación pueden describirse o reivindicarse en singular, se contempla que el plural esté dentro del alcance de la misma a menos que se establezca explícitamente la limitación al singular. La presencia de palabras y frases ampliadas tales como "uno o más", "al menos", "pero no limitado a" u otras frases similares en algunos casos no se leerá para significar que el caso más estrecho es intencional o necesario en casos donde tales frases ampliadas pueden estar ausentes. El término "aproximadamente" cuando se refiere a un valor o intervalo numérico pretende abarcar los valores resultantes de un error experimental que puede ocurrir al tomar mediciones.

5 De acuerdo con un aspecto de la presente descripción, se proporciona un sistema de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante que comprende un actuador que comprende una pluralidad de bobinas de actuación configuradas para accionar el actuador; un sensor de corriente de bobina de actuación configurado para detectar una corriente de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada una de las bobinas de actuación; y una pluralidad de controladores de bobina de actuador configurados para controlar las bobinas de actuación con base en una diferencia de suma de corriente entre una corriente de bobina total ordenada y la corriente de bobina total medida.

10 El sistema puede ser uno que comprende además un sensor de corriente de bobina de actuación configurado para detectar la corriente de bobina total medida, y que comprende una pluralidad de bobinas de sensor configuradas para recibir una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente; un núcleo magnético configurado para recibir un flujo magnético de las bobinas del sensor; y al menos un sensor acoplado al núcleo magnético y configurado para medir la corriente de bobina total medida.

15 El sistema puede ser uno que comprende además un circuito de control de retroalimentación externo que comprende una pluralidad de circuitos de control externos eléctricamente independientes, cada uno configurado para recibir una posición del actuador deseada y una posición del actuador medida; y genere la corriente de bobina total ordenada con base en la posición del actuador deseada y la posición del actuador medida.

20 El sistema puede ser uno en el que las bobinas de actuación comprenden una potencia de actuación común.

25 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un método para suprimir la condición no óptima en un sistema de control de actuador, comprendiendo el método detectar una corriente de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada una de una pluralidad de bobinas de accionamiento de un actuador con un sensor de corriente de bobina de actuación; y controlar las bobinas de actuación con una pluralidad de controladores de bobina de actuación con base en una diferencia de suma de corrientes entre una corriente de bobina total ordenada y la corriente de bobina total medida.

30 El método puede ser uno que comprende además accionar el actuador a través de las bobinas de actuación.

El método puede ser uno que comprende además recibir una posición del actuador deseada y una posición del actuador medida; y generar la corriente total de bobina ordenada con base en la posición del actuador deseada y la posición del actuador medida.

35 El método puede ser uno que comprende además recibir en cada una de una pluralidad de bobinas de sensor una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente; recibir un flujo magnético de las bobinas del sensor en un núcleo magnético; y medir la corriente de bobina total medida por al menos un sensor acoplado al núcleo magnético.

40 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación, se proporciona un controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante que comprende un circuito de control de retroalimentación interno configurado para recibir una corriente de bobina total deseada y una corriente de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada de una pluralidad de bobinas de actuación de un actuador; y el control de las bobinas de actuación con base en la diferencia de suma de corriente entre la corriente de bobina total deseada y la corriente de bobina total medida.

45 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno que comprende además un sensor de corriente de bobina de actuación configurado para detectar la corriente de bobina total medida, y que comprende una pluralidad de bobinas de sensor configuradas para recibir una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente; un núcleo magnético configurado para recibir un flujo magnético de las bobinas del sensor; y al menos un sensor acoplado al núcleo magnético y configurado para medir la corriente de bobina total medida.

50 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno que comprende además un circuito de control de retroalimentación externo que comprende una pluralidad de circuitos de control externos eléctricamente independientes, cada uno configurado para recibir una posición de actuador deseada y una posición de actuador medida; y generar la corriente de bobina total deseada con base en la posición del actuador deseada y la posición del actuador medida.

55 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que las bobinas de actuación comprenden una potencia de actuación común.

60 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que el controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante controla una superficie de control de vuelo de aeronave.

65

El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno que comprende además un amplificador de corriente operable para recibir la diferencia de suma de corriente entre la corriente de bobina total deseada y la corriente de bobina total medida y generar una salida de comando para controlar un actuador.

5 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que la corriente de bobina total deseada comprende una diferencia de corriente de salida entre una salida de corriente de actuador deseada y una salida de corriente de actuador medida.

10 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que las bobinas de actuación están configuradas para accionar un actuador.

15 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que la corriente de bobina total medida comprende la suma de las corrientes de bobina de las bobinas de actuación del actuador como un parámetro de retroalimentación en cada uno de una pluralidad de controladores.

20 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que la corriente de bobina total medida se mide sumando magnéticamente el flujo magnético generado por las bobinas de sensor de cada uno de los controladores.

25 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que cada uno de los controladores miden la corriente de la bobina del actuador entre uno y otro a través de un medio eléctricamente independiente para medir una corriente de bobina adyacente respectiva y suma la corriente de bobina adyacente respectiva con una corriente de bobina local respectiva para crear la corriente de bobina total medida como el parámetro de retroalimentación.

30 El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante puede ser uno en el que una corriente errónea a través de una de las bobinas de actuación hace que una corriente fluya en otras bobinas de actuación entre las bobinas de actuación y crea un flujo magnético que se opone a la corriente errónea, lo que reduce la lucha de fuerzas entre actuadores en una misma superficie.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante que comprende:
un circuito (430, 432, 506) de control de retroalimentación interno configurado para:
- 5 recibir una corriente (436, 438, 512) de bobina total deseada y una corriente (462, 524) de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada una de una pluralidad de bobinas (422, 424; 530) de actuación de un actuador (402); y
- 10 controlar las bobinas de actuación con base en una diferencia de la suma de corriente entre la corriente de bobina total deseada y la corriente de bobina total medida; y
- en el que el controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante comprende además un sensor de corriente de bobina de actuación configurado para detectar la corriente de bobina total medida, y que
- 15 comprende:
- una pluralidad de bobinas (804, 814) de sensor configuradas para recibir una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente;
- 20 un núcleo (808, 816) magnético configurado para recibir un flujo magnético de las bobinas de sensor; y
- al menos un sensor (802, 812) acoplado al núcleo magnético y configurado para medir la corriente de bobina total medida.
- 25 2. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de la reivindicación 1, que comprende además un circuito (418, 420) de control de retroalimentación externo que comprende una pluralidad de circuitos de control externos eléctricamente independientes, cada uno configurado para:
- 30 recibir una posición del actuador deseada y una posición del actuador medida; y
- generar la corriente de bobina total deseada con base en la posición del actuador deseada y la posición del actuador medida.
- 35 3. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que las bobinas de actuación comprenden una potencia de actuación común.
- 40 4. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante controla una superficie de control de vuelo de la aeronave.
- 45 5. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además un amplificador de corriente operable para recibir la diferencia de suma de corriente entre la corriente de bobina total deseada y la corriente de bobina total medida y generar una salida ordenada para controlar un actuador.
- 50 6. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de la reivindicación 5, en el que la corriente de bobina total deseada comprende una diferencia de corriente de salida entre una salida de corriente de actuador deseada y una salida de corriente de actuador medida.
- 55 7. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que las bobinas de actuación están configuradas para accionar un actuador.
8. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de la reivindicación 7, en el que la corriente de bobina total medida comprende la suma de las corrientes de bobina de las bobinas de actuación del actuador como un parámetro de retroalimentación en cada uno de una pluralidad de controladores.
- 60 9. El controlador de actuador de retroalimentación de suma de corriente redundante de la reivindicación 8, en el que la corriente de bobina total medida se mide sumando magnéticamente el flujo magnético generado por las bobinas del sensor de cada uno de los controladores.
- 65 10. Un método (1100) para suprimir la condición no óptima en un sistema de control de actuador, donde el método comprende:
- detectar (1102) una corriente de bobina total medida que comprende una suma de corrientes de bobina de cada una de una pluralidad de bobinas de actuación de un actuador con un sensor de corriente de bobina de actuación;

controlar (1104) las bobinas de actuación con una pluralidad de controladores de bobina de actuador con base en una diferencia de suma de corriente entre una corriente de bobina total ordenada y la corriente de bobina total medida;

5 recibir (1112) en cada una de una pluralidad de bobinas de sensor una corriente de actuador que acciona una de las bobinas de actuación respectivamente;

recibir (1114) un flujo magnético de las bobinas del sensor en un núcleo magnético; y

10 medir (1116) la corriente de bobina total medida por al menos un sensor acoplado al núcleo magnético.

11. El método de la reivindicación 10, que comprende además accionar (1106) el actuador a través de las bobinas de actuación.

15 12. El método de las reivindicaciones 10 u 11, que comprende además:

recibir (1108) una posición de actuador deseada y una posición de actuador medida; y

20 generar (1110) la corriente de bobina total ordenada con base en la posición de actuador deseada y la posición de actuador medida.

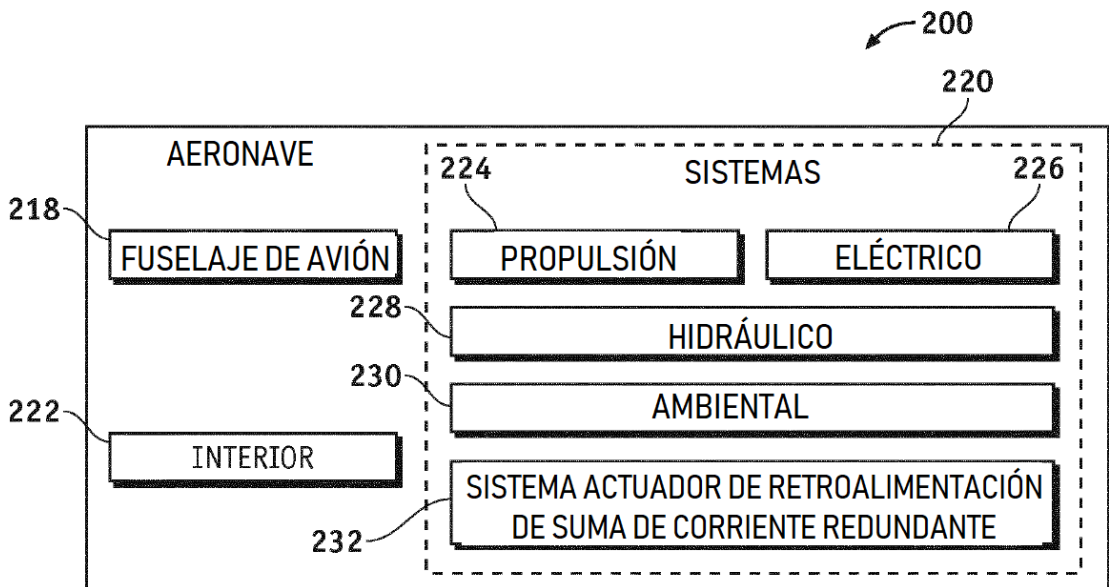
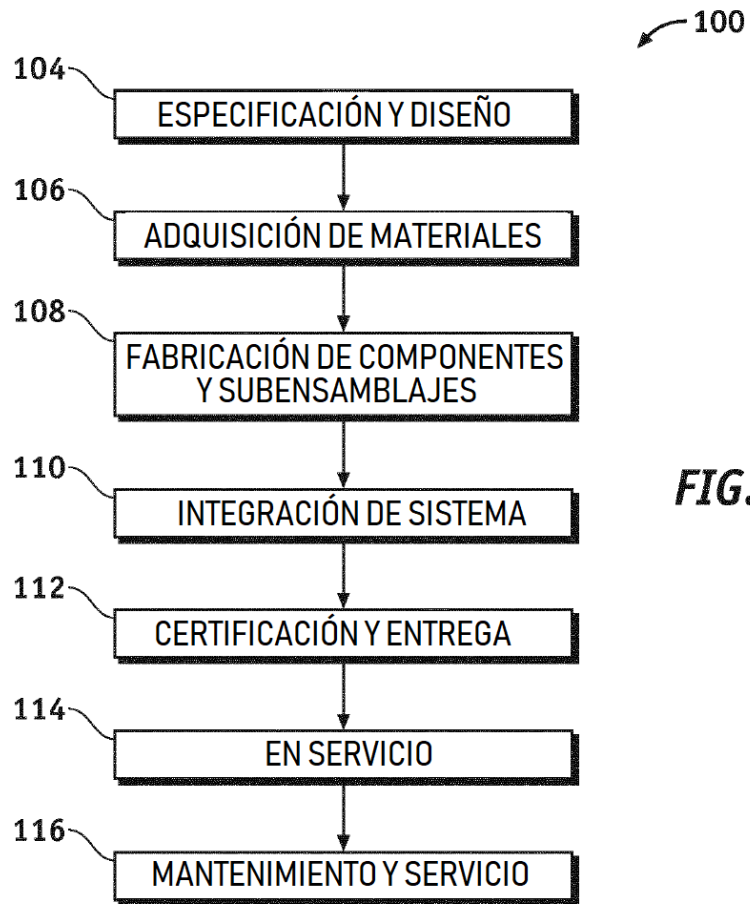


FIG. 2

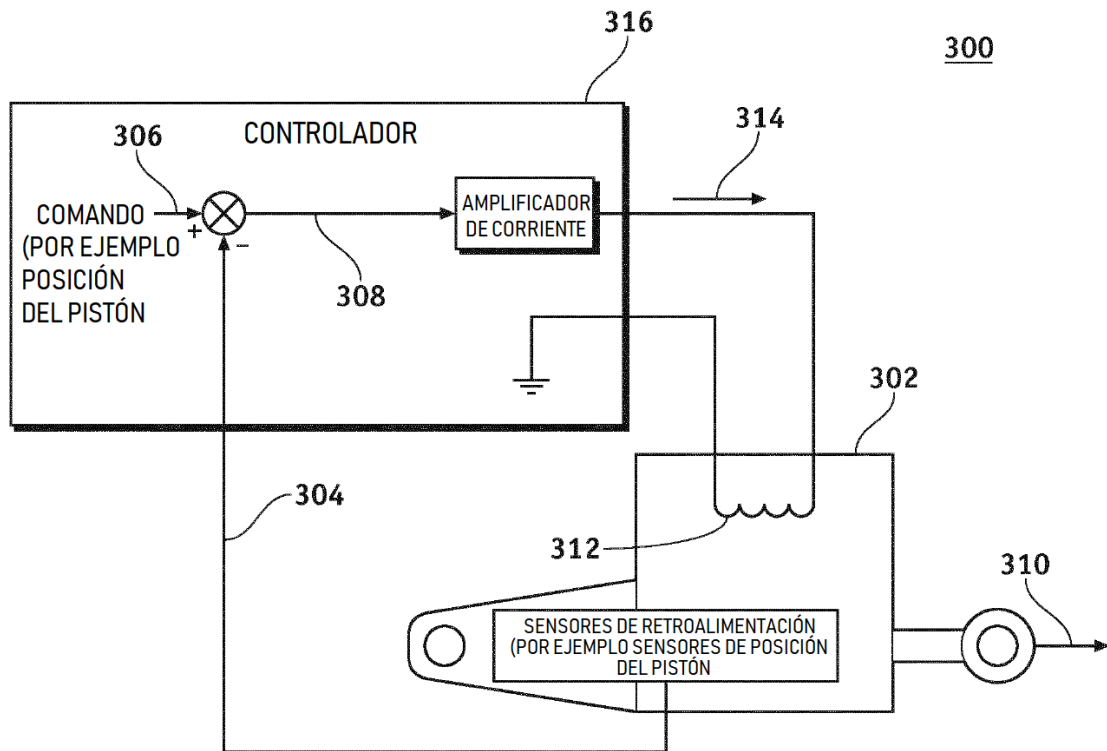
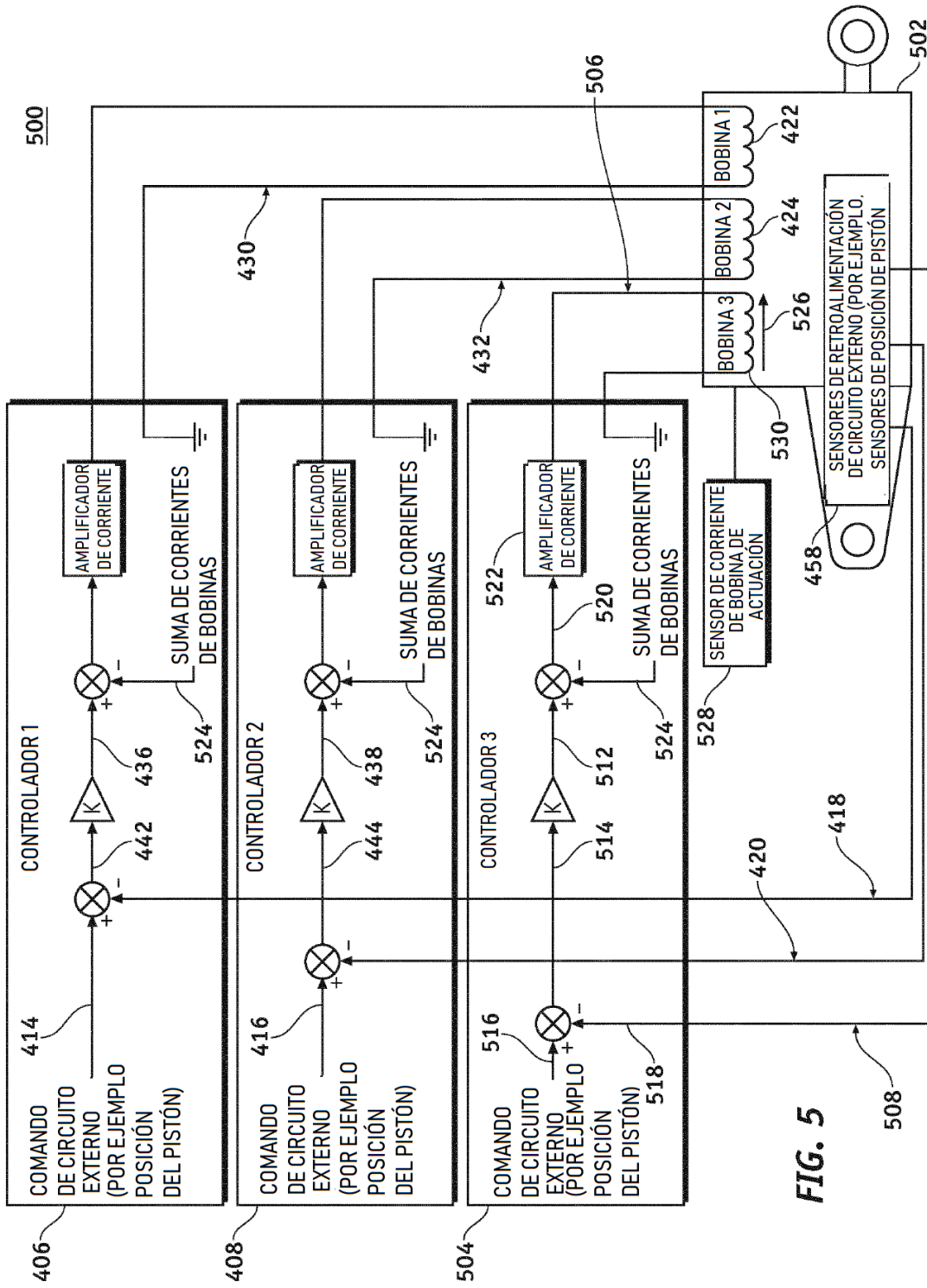
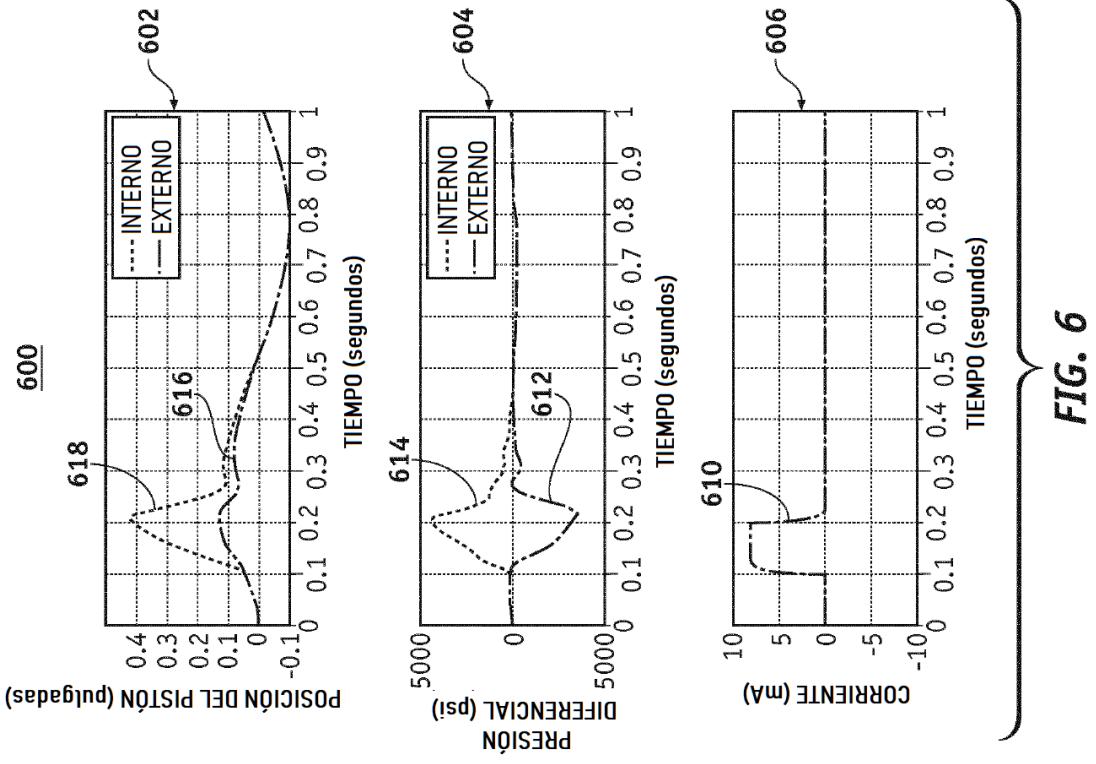
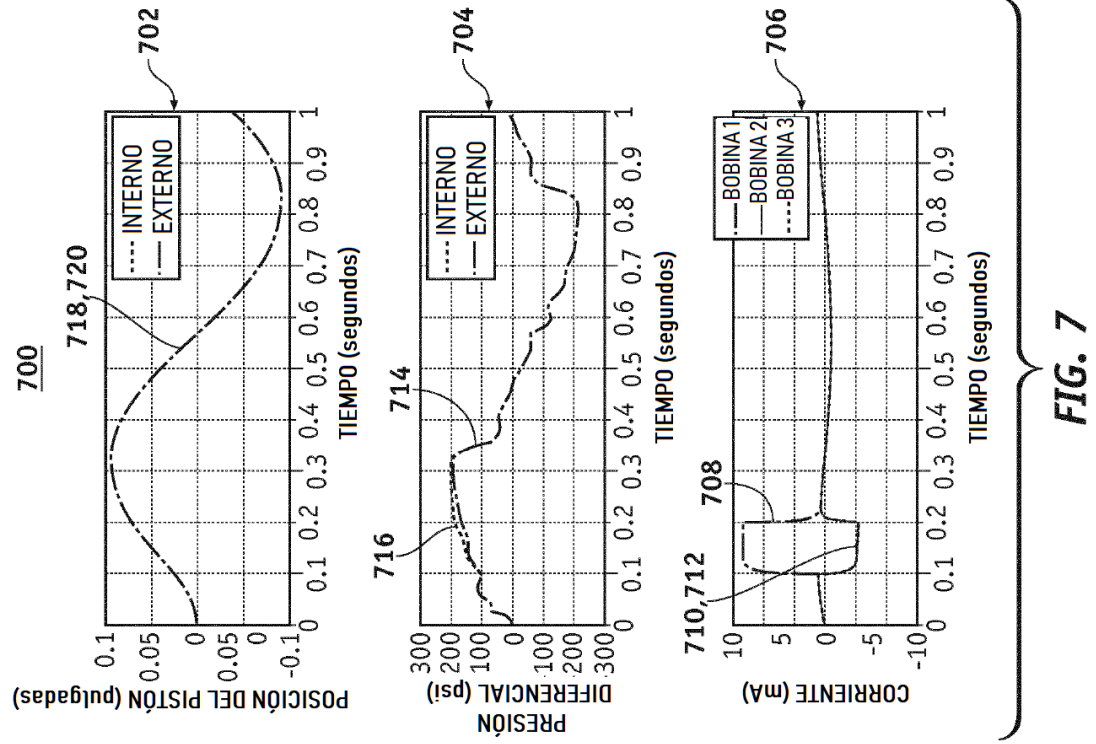


FIG. 3
TÉCNICA EXISTENTE





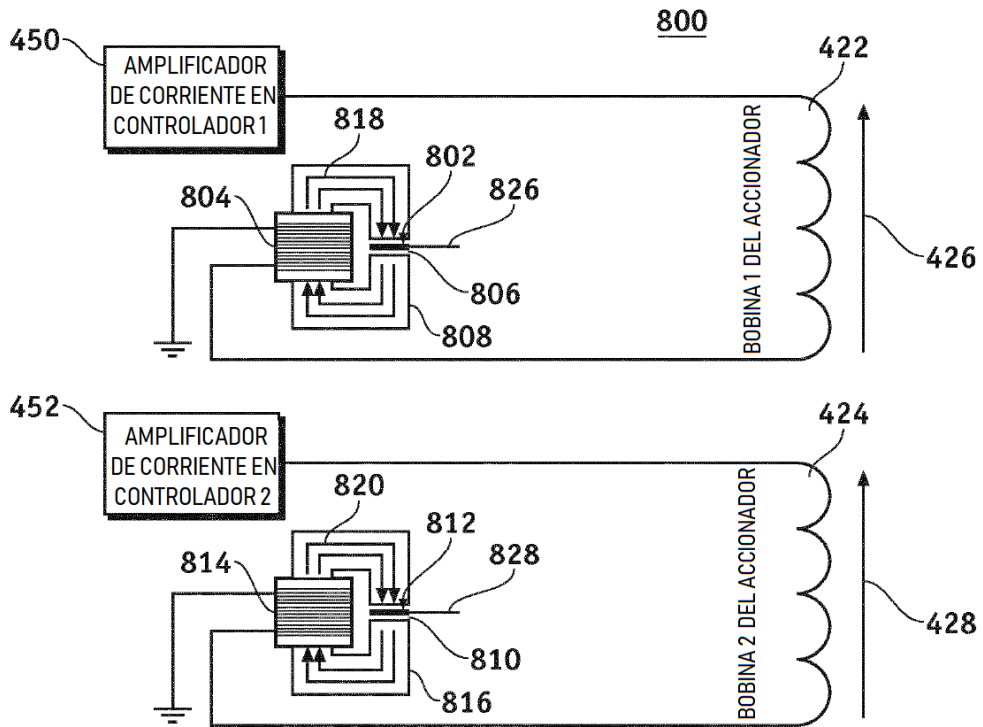


FIG. 8

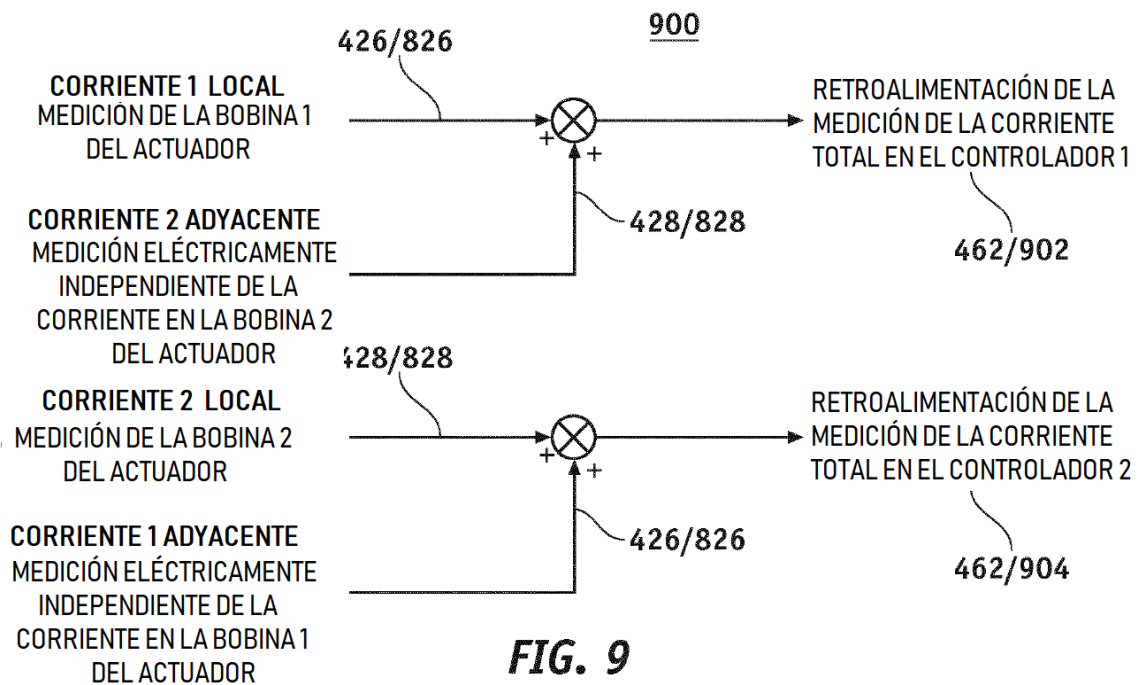


FIG. 9

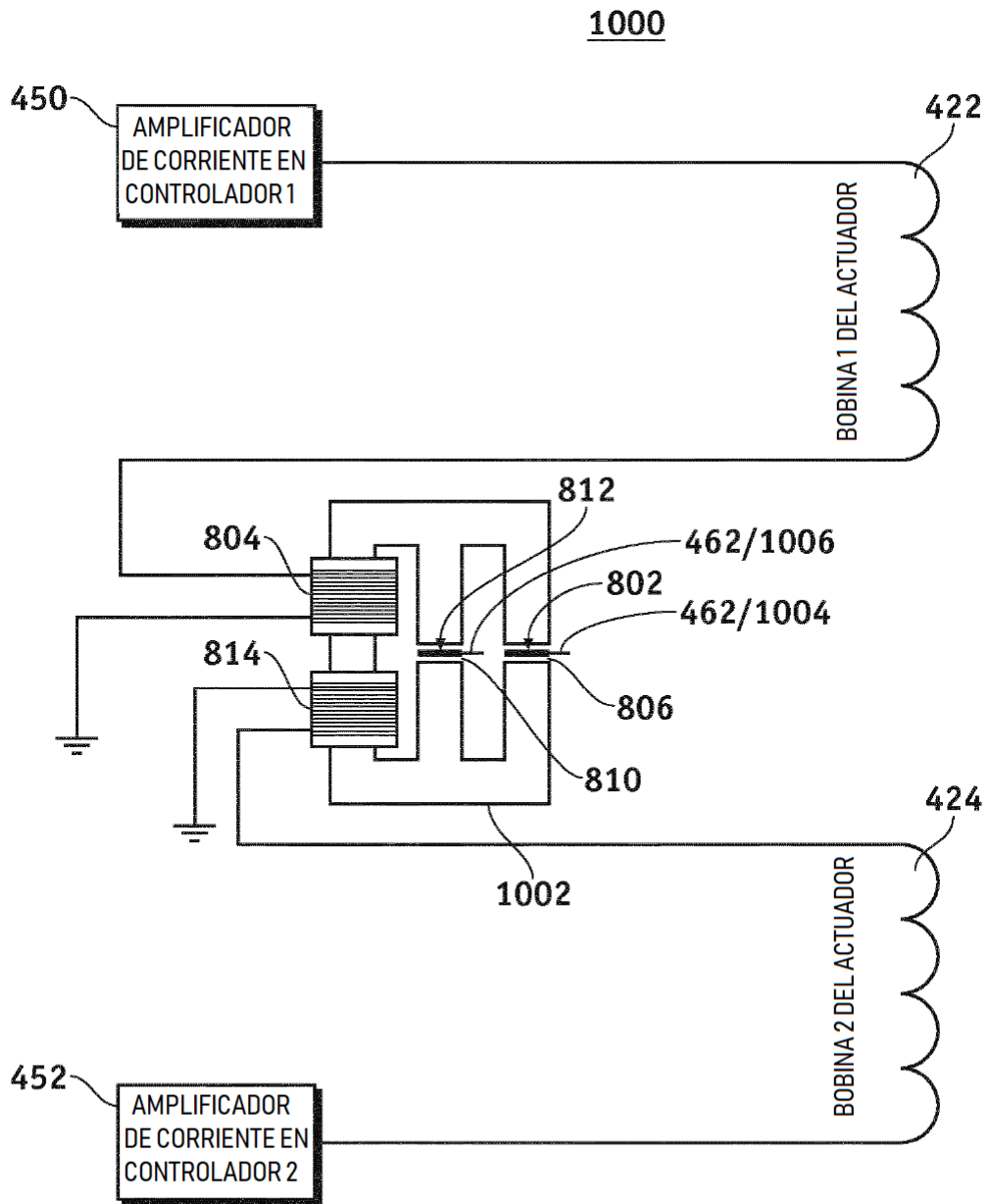


FIG. 10

1100

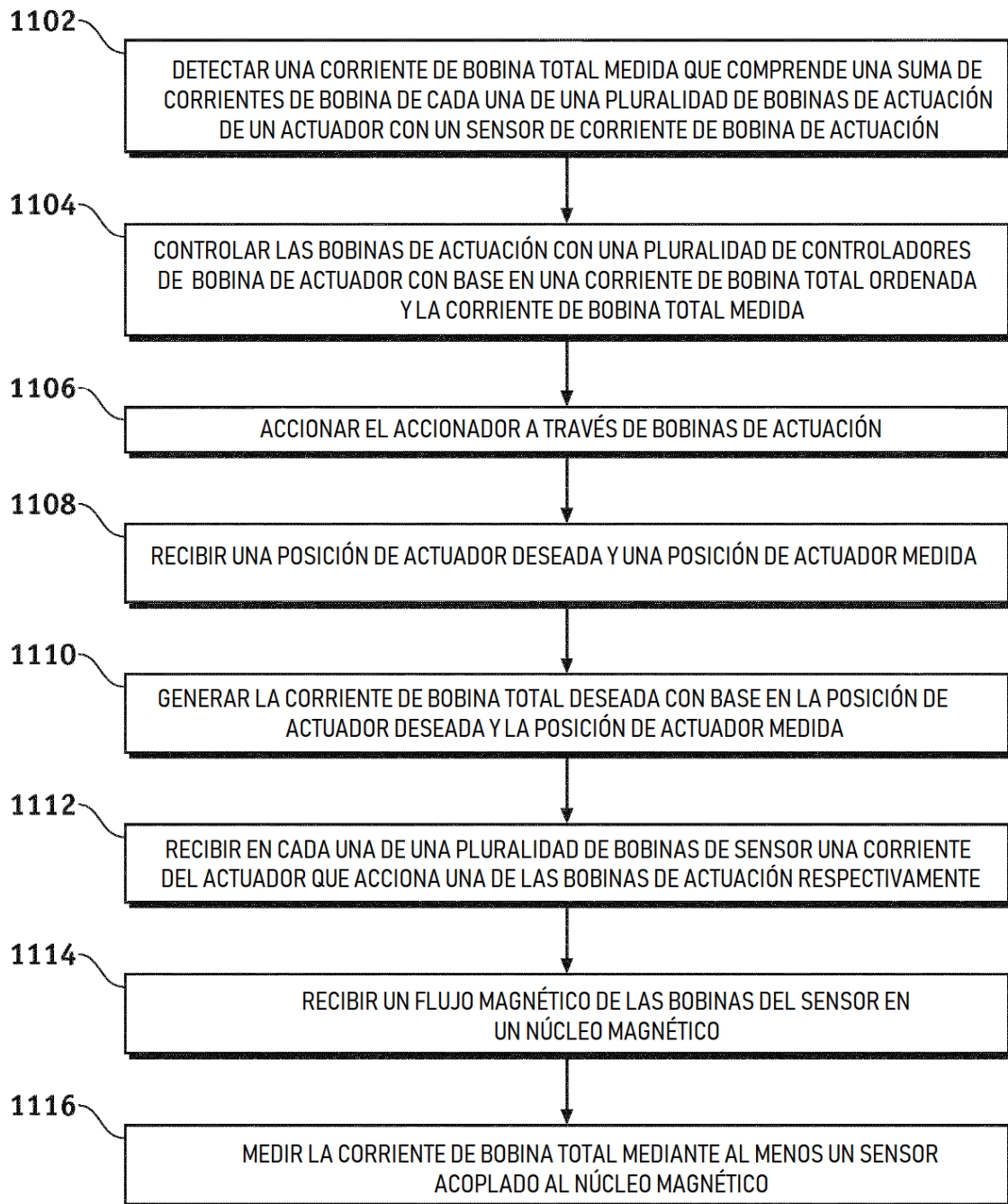


FIG. 11