

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 532**

51 Int. Cl.:

B64C 1/26 (2006.01)

B64C 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.05.2016** E 16168593 (8)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018** EP 3090939

54 Título: **Estabilizadores horizontales con amortiguación de vibraciones**

30 Prioridad:

06.05.2015 US 201514705863

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

04.06.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GOLSHANY, SINA SAM;
ERICKSON, TODD W;
TRETOW, PAUL R y
HUNTLY, DAVID M**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 715 532 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

Estabilizadores horizontales con amortiguación de vibraciones

Antecedentes

5 Los estabilizadores horizontales de las aeronaves a menudo están sujetos a un flujo de aire turbulento y características de vuelo que inducen vibraciones a lo largo de los estabilizadores horizontales. Estas vibraciones actualmente se absorben y se distribuyen a lo largo del estabilizador horizontal y la estructura de la aeronave a la cual se encuentra unido el estabilizador sin ningún o pequeño impacto negativo. A medida que los fabricantes de aeronaves se esfuerzan por producir aeronaves más eficientes en consumo de combustible, aumentará el uso de motores de bajo consumo de combustible, tales como los ventiladores con conductos de alta derivación. Debido a la orientación típica de un motor de ventilador con conductos de alta derivación, el aire de descarga turbulento (flujo de chorro) del motor fluye comúnmente en y sobre el estabilizador horizontal. A medida que aumentan los tamaños de los motores de ventilador con conductos de alta derivación, la cantidad flujo de chorro aumentará de manera similar. El impacto del aumento resultante en las fuerzas de vibración causadas por el flujo de chorro adicional en el estabilizador horizontal también aumentará. En algunos casos, el aumento de la cantidad de flujo de chorro puede ser suficiente para inducir vibraciones que se pueden medir en el estabilizador horizontal que se transfieren al fuselaje y, en última instancia, son percibidas por los pasajeros y la tripulación. Los efectos a largo plazo de las vibraciones pueden incluir fatiga en la estructura de la aeronave, lo cual puede reducir la vida útil de la aeronave o aumentar los costes de mantenimiento.

20 El documento de los Estados Unidos US 2013/0327887 divulga un dispositivo para un alerón ajustable montado de manera ajustable en una superficie de ala principal de un ala de aeroplano, en particular, un alerón de aterrizaje, con al menos una unidad de ajuste para propósitos de ajuste del alerón ajustable, el cual tiene un actuador dispuesto, o que puede disponerse, en la superficie principal del ala, y tiene un mecanismo de ajuste cinemático que se extiende entre el actuador y el alerón ajustable. El alerón ajustable se acopla mecánicamente con el actuador a través del mecanismo de ajuste cinemático. Al menos una unidad de amortiguación con el fin de amortiguar una carga dinámica efectuada por el alerón ajustable en la unidad de ajuste, el cual puede ocurrir como resultado de un evento de mal funcionamiento crítico que ocurre en la región del alerón ajustable, está dispuesta, o puede ser dispuesta, entre la superficie del ala principal y el alerón ajustable.

30 El documento WO 2008/001336 divulga un dispositivo de ajuste para ajustar un alerón de aumento de sustentación y un perfil aerodinámico de ala provisto con el mismo, que comprende al menos una unidad de alerón para operar el alerón, y que comprende diversas estaciones de accionamiento las cuales conectan de forma móvil el alerón de aumento de sustentación al perfil aerodinámico de ala para guiar el alerón a través de elementos de tensión/compresión, estando conectada la unidad del alerón a diversas estaciones de la unidad para ajustar el alerón de aumento de sustentación. Se proporciona al menos un elemento de compensación para al menos una estación de accionamiento para la compensación de las fuerzas de restricción que se producen en los enlaces de accionamiento que comprenden los elementos de tensión/compresión debido a los movimientos relativos en la dirección de la cuerda del ala entre el alerón y el ala.

40 El documento de los Estados Unidos US 5,203,524 divulga una disposición y un método para amortiguar las vibraciones fundamentales inducidas en un dispositivo de aumento de sustentación de una aeronave. La disposición incluye un ala, un dispositivo de aumento de sustentación montado y movable a lo largo de una trayectoria predeterminada con respecto al ala entre una posición de crucero replegada y una posición de aumento de sustentación extendida, una viga de vía que interconecta el ala y el dispositivo de aumento de sustentación, y un dispositivo de amortiguación que interconecta la viga de vía y dicha ala y la viga de vía conectadas de manera pivotante al ala e incluyen una pista para deslizar la interconexión con el dispositivo de aumento de sustentación. Por lo tanto, a la vez que el dispositivo de aumento de sustentación opera dentro de tolerancias de vibración aceptables, el dispositivo de amortiguación está aislado, pero las vibraciones fundamentales inducidas causarán el desplazamiento angular de la viga de vía, lo que induce una fuerza reactiva en el dispositivo de amortiguación para anular sustancialmente las vibraciones fundamentales.

Es con respecto a estas consideraciones y otras que se presenta la divulgación realizada en este documento.

Resumen

50 Debe apreciarse que 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 está destinado a ser utilizado para limitar el alcance de la materia reivindicada.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un estabilizador horizontal de una aeronave y un método para mitigar la vibración en un estabilizador horizontal como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

55 El aparato y los métodos descritos en este documento proporcionan la mitigación de vibraciones en un estabilizador horizontal de una aeronave. El sistema de amortiguación de vibraciones para el estabilizador horizontal incluye al menos dos amortiguadores. Un primer amortiguador está acoplado a una porción delantera del estabilizador horizontal y está configurado para amortiguar una fuerza de vibración en un primer grado de libertad. Un segundo amortiguador

está acoplado al estabilizador horizontal próximo a un punto de montaje del estabilizador. El segundo amortiguador está configurado para amortiguar la fuerza de vibración en un segundo grado de libertad.

5 De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un método para mitigar la vibración en un estabilizador horizontal de una aeronave. De acuerdo con el método, se recibe una vibración en un primer amortiguador que está acoplado a una porción delantera del estabilizador horizontal y en un segundo amortiguador acoplado al estabilizador en un punto de pivote. La vibración se amortigua en un primer grado de libertad con el primer amortiguador, y se amortigua en un segundo grado de libertad con el segundo amortiguador.

10 El sistema de amortiguación de vibraciones puede incluir al menos tres amortiguadores viscoelásticos. El primer amortiguador está acoplado a una porción delantera del estabilizador horizontal y está configurado para amortiguar una fuerza de vibración en un primer grado de libertad. Los amortiguadores segundo y tercero están acoplados al estabilizador horizontal en dos puntos de pivote, los cuales giran el estabilizador alrededor de un eje de inclinación del estabilizador horizontal, y ambos están configurados para amortiguar la fuerza de vibración en un segundo grado de libertad.

15 Las características, funciones y ventajas que se han discutido se pueden lograr de manera independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en aún otras realizaciones, cuyos detalles adicionales se pueden ver con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista lateral de un sistema de amortiguación de vibraciones que tiene una pluralidad de amortiguadores pasivos de acuerdo con diversas realizaciones descritas en el presente documento;

20 La Figura 2 es una vista lateral de un sistema de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave que tiene una configuración de cola baja de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

La Figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave que tiene una configuración de cola baja de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

25 La Figura 4 es una vista lateral de un sistema de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave que tiene una configuración de cola cruciforme de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

La Figura 5 es una vista en perspectiva de un sistema de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave que tiene una configuración de cola cruciforme de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

La Figura 6 es una vista lateral de un sistema de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave que tiene una configuración de cola en T de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

30 La Figura 7 es una vista en perspectiva de un sistema de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave que tiene una configuración de cola en T de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

La Figura 8 es una vista lateral de un sistema de amortiguación de vibraciones que tiene una pluralidad de amortiguadores en una única ubicación de acuerdo con diversas realizaciones descritas en el presente documento;

35 La Figura 9 es una vista en sección transversal de un amortiguador viscoelástico que tiene una pluralidad de resortes dispuestos concéntricamente de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

La Figura 10 es un diagrama de sistema de un sistema de amortiguación de vibraciones que usa actuadores lineales como amortiguadores activos y una retroalimentación del estado de vibración en tiempo real de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

40 La Figura 11 es un diagrama de sistema de un sistema de amortiguación de vibraciones que usa actuadores lineales como amortiguadores activos y un estado de vibración estimado de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

La Figura 12 es un diagrama de sistema de un sistema de amortiguación de vibraciones que usa amortiguadores viscoelásticos activos de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento;

45 La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un método para determinar las características del amortiguador para mitigar la vibración en un estabilizador horizontal de una aeronave de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en este documento;

La Figura 14 es un diagrama de flujo que muestra un método para mitigar la vibración en un estabilizador horizontal de una aeronave que utiliza amortiguadores pasivos de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en este documento;

La Figura 15 es un diagrama de flujo que muestra un método para mitigar la vibración en un estabilizador horizontal de una aeronave que utiliza amortiguadores activos de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en este documento; y

5 La Figura 16 es un diagrama de ordenador que muestra diversos componentes de un ordenador de amortiguación de vibración de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en este documento.

Descripción detallada

10 La siguiente descripción detallada se dirige a un sistema de mitigación de vibraciones y al método correspondiente que utiliza amortiguadores para mitigar las vibraciones asociadas con un estabilizador horizontal de una aeronave. Como se mencionó anteriormente, el aumento de la eficiencia del combustible de las aeronaves es una preocupación importante para los fabricantes de aeronaves y motores y los clientes correspondientes. Los motores de ventiladores con conductos de alta derivación, por ejemplo, han demostrado ofrecer mayor eficiencia; sin embargo, a medida que aumenta el tamaño de estos motores, la correspondiente distorsión o turbulencia asociada con el flujo de hélice puede crear fuerzas de vibración indeseables en el estabilizador horizontal de una aeronave. Estas vibraciones se pueden traducir a la estructura de la aeronave, lo que podría generar un ruido excesivo y fatiga estructural.

15 Utilizando los conceptos y tecnologías descritos en el presente documento, un sistema de amortiguación de vibraciones utiliza una serie de amortiguadores para absorber y mitigar las fuerzas de vibración en múltiples direcciones. Los amortiguadores se pueden acoplar a un estabilizador horizontal de una aeronave en un punto de montaje, tal como un punto de acoplamiento en la mitad de la caja o un punto de pivote, para mitigar las vibraciones en un primer grado de libertad, o en la dirección z, a la vez que uno o más amortiguadores se acoplan en una porción delantera del estabilizador horizontal mitigando las vibraciones en un segundo grado de libertad, o en la dirección x. 20 Los amortiguadores pueden ser pasivos, tales como los amortiguadores viscoelásticos, los cuales funcionan de manera óptima para apuntar a la mitigación de las fuerzas de vibración que tienen una frecuencia particular. El número, el tipo o las características de los amortiguadores pueden seleccionarse o diseñarse para mitigar las vibraciones en al menos una frecuencia o en múltiples frecuencias. Los amortiguadores pueden ser adicionalmente o alternativamente activos, que utilizan actuadores lineales para inducir una fuerza en una dirección deseada a una frecuencia deseada o frecuencias para mitigar las vibraciones correspondientes. De acuerdo con realizaciones alternativas, los amortiguadores activos pueden operar mediante la alteración de la presión de un fluido dentro de una cámara de fluido de un amortiguador viscoelástico en lugar de utilizar un actuador lineal. El movimiento inducido creado por los amortiguadores activos puede basarse en un estado real de vibración en tiempo real del estabilizador horizontal medido por uno o más sensores o acelerómetros, con base en un estado de vibración estimado de acuerdo con lo 30 predicho de acuerdo con uno o más parámetros de la aeronave, o una combinación de los mismos.

35 En la siguiente descripción detallada, se hacen referencias a los dibujos adjuntos que forman parte del presente documento, y que se muestran a modo de ilustración, realizaciones específicas o ejemplos. Con referencia ahora a los dibujos, en los cuales los números similares representan elementos similares a través de diversas figuras, se describirá un sistema de mitigación de vibraciones y un método para emplear los mismos de acuerdo con las diversas realizaciones.

40 La Figura 1 muestra una vista lateral de un sistema 100 de mitigación de vibraciones para mitigar las vibraciones asociadas con el estabilizador 102 horizontal de una aeronave. Al observar la Figura 1, un sistema 100 de amortiguación de vibraciones incluye amortiguadores 104. De acuerdo con esta realización, los amortiguadores 104 incluyen dos amortiguadores pasivos, amortiguador 105A pasivo y amortiguador 105B pasivo (denominados colectivamente como "amortiguadores 105 pasivos"). Aunque solo se muestran dos amortiguadores 104 en esta vista, se pueden usar amortiguadores 104 adicionales. En este ejemplo, cada amortiguador 105A y 105B pasivo es un amortiguador viscoelástico, que tiene un amortiguador 106 viscoso y un elemento elástico tal como un resorte 114. El amortiguador 106 viscoso incluye una cámara 108 de fluido viscoso (doble efecto) y un pistón 110 amortiguador con una serie de orificios 113. El pistón 110 amortiguador ejerce una fuerza sobre un fluido 112 viscoso dentro de la cámara 108 de fluido viscoso. Debido a que el fluido 112 viscoso es sustancialmente incompresible, cuando el pistón 110 amortiguador aplica una fuerza hacia abajo, el fluido 112 viscoso se presiona a través de diversos orificios 113 en el pistón 110 amortiguador. Las características del fluido 112 viscoso y de los orificios 113 determinan las características de amortiguación del amortiguador 106 viscoso, las cuales se pueden cuantificar mediante un coeficiente de amortiguación (c), el cual se describe con mayor detalle a continuación. El resorte 114 se comprime con la fuerza hacia abajo aplicada al pistón 110 amortiguador, lo que mitiga aún más la fuerza hacia abajo, a la vez que proporciona una fuerza de retorno que mueve el pistón 110 amortiguador hacia arriba hacia una posición de inicio después de que se detiene el movimiento hacia abajo.

55 El proceso opuesto también es cierto. Cuando se aplica una fuerza hacia arriba al pistón 110 amortiguador, el fluido 112 viscoso en una porción superior de la cámara 108 de fluido viscoso se presiona a través de los orificios 113, disminuyendo el movimiento del pistón y mitigando la fuerza hacia arriba. El resorte 114 se estira para crear una fuerza de tensión que actúa para mitigar la fuerza hacia arriba a la vez que proporciona una fuerza de retorno que mueve el amortiguador hacia abajo después de que se detiene el movimiento hacia arriba. Debe apreciarse que el número de amortiguadores 106 viscosos dentro de un amortiguador 105 pasivo puede ser más pequeño, mayor o igual que el número de elementos elásticos, o resortes 114. A lo largo de esta divulgación, el elemento elástico se denominará un 60

resorte 114, sin embargo, cualquier elemento elástico adecuado puede ser utilizado sin apartarse del alcance de esta divulgación. Por ejemplo, el elemento elástico puede incluir, pero no se limita a, cualquier tipo de resorte convencional, resorte gaseoso comprimido o actuador lineal eléctrico pasivo que ejerza una fuerza predeterminada de manera permanente. También debe apreciarse que aunque las diversas realizaciones con respecto a los amortiguadores 105 pasivos se describen como que tienen amortiguadores 106 viscosos que utilizan fluido 112 viscoso, la presente divulgación puede implementarse alternativamente utilizando amortiguadores hidroneumáticos u otros amortiguadores que utilizan fluidos compresibles.

Las fuerzas aplicadas al pistón 110 amortiguador se originan a partir de las fuerzas de vibración en el estabilizador 102 horizontal, ya que los amortiguadores 104 pasivos se acoplan al estabilizador 102 horizontal. De acuerdo con una realización, el sistema 100 de mitigación de vibración incluye un amortiguador 105A pasivo que está acoplado a una porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal y al menos un amortiguador 105B pasivo acoplado al estabilizador 102 horizontal en un punto 118 de pivote. Para los fines de esta descripción, "porción delantera" puede incluir cualquier porción del estabilizador 102 horizontal hacia delante de los puntos 118 de pivote y el eje de pivote correspondiente alrededor del cual gira el estabilizador 102 horizontal con fines de ajuste. Por ejemplo, de acuerdo con algunas realizaciones, la porción 116 delantera puede estar en o cerca del borde de ataque del estabilizador 102 horizontal, a la vez que de acuerdo con otras realizaciones, la porción 116 delantera puede incluir un larguero de estabilizador horizontal delantero, el cual podría colocarse entre el borde de ataque y los puntos 118 de pivote. En algunas implementaciones, la porción delantera puede estar cerca o próxima de los puntos 118 de pivote. Aunque solo se muestra un amortiguador 105B pasivo en el punto 118 de pivote en la vista lateral de la Figura 1, de acuerdo con los ejemplos descritos y mostrados en todos los dibujos, puede haber dos amortiguadores 105 pasivos posicionados en puntos de pivote alrededor de un eje de pivote. Esta configuración se muestra mejor y se describe con más detalle a continuación con respecto a la Figura 3. Debe entenderse que la divulgación en este documento no se limita a ningún número particular de amortiguadores.

Es común que los estabilizadores 102 horizontales de aeronaves comerciales giren alrededor de un eje de pivote para ajustar el cabeceo de la aeronave para acomodar diferentes posiciones del centro de gravedad de la aeronave durante diferentes fases de vuelo. Para proporcionar esta capacidad de pivote, el estabilizador 102 horizontal de una aeronave se monta típicamente en el fuselaje o estabilizador vertical (dependiendo de la configuración de la cola) a través de puntos de giro, a la vez que controla el cabeceo utilizando un tornillo de gato o un actuador adecuado acoplado a la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal. Al subir y bajar el tornillo de gato, la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal se sube y baja, girando el estabilizador 102 horizontal completo alrededor del eje de pivote que interseca los puntos de pivote a los cuales se monta el estabilizador 102 horizontal. Para el propósito de esta divulgación, el sistema 100 de mitigación de vibraciones puede mostrarse y describirse como montado en una estructura 120. Aunque no se muestra específicamente en la Figura 1 (se ve mejor en la Figura 3 y se discute a continuación), la estructura 120 puede ser largueros dentro del estabilizador vertical y el estabilizador 102 horizontal.

De acuerdo con diversas realizaciones, el amortiguador 105A pasivo que está acoplado a la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal está configurado para amortiguar las fuerzas de vibración en un primer grado de libertad, a la vez que el amortiguador 105B pasivo acoplado al estabilizador 102 horizontal en el punto 118 de pivote está configurado para amortiguar las fuerzas de vibración en un segundo grado de libertad. Más específicamente, como se ve en la Figura 1, las fuerzas de vibración que están siendo mitigadas en el primer grado de libertad por el amortiguador 105A pasivo pueden orientarse en una dirección posterior sustancialmente paralela al eje x o eje longitudinal de la aeronave. Las fuerzas de vibración que están siendo mitigadas en el segundo grado de libertad por el amortiguador 105B pasivo pueden orientarse en una dirección hacia arriba o hacia abajo sustancialmente paralela al eje z, o sustancialmente normal al eje longitudinal de la aeronave. Debe observarse que los amortiguadores 104 funcionan adicionalmente para amortiguar las fuerzas de vibración en un tercer grado de libertad, el cual está alrededor de un eje del balanceo, como lo indica la etiqueta del balanceo alrededor del indicador del eje x en la Figura 1. La amortiguación del balanceo existe en situaciones donde el estabilizador 102 horizontal en lados opuestos del estabilizador vertical (mostrado en las Figuras 2 y 3) está sujeto a diferentes fuerzas de vibración. Las diferentes vibraciones pueden ocurrir debido a la asimetría del empuje del motor, a la desviación o a las ráfagas de viento asimétricas. Al mitigar estas fuerzas de vibración en el estabilizador 102 horizontal en ambos lados del estabilizador vertical, se pueden mitigar las fuerzas de inducción de balanceo.

A la vez que los amortiguadores 104 se muestran en todas las figuras con una orientación sustancialmente paralela al eje x y al eje z, debe entenderse que uno o más de los amortiguadores 104 descritos y mostrados con respecto a cualquiera de las diversas realizaciones descritas en este documento pueden estar orientadas en un ángulo con respecto al eje x o z. Por ejemplo, si se determinó que las fuerzas de vibración primarias se transfieren a la estructura 120 en un ángulo particular con respecto al eje x a través de la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal, el amortiguador 105A pasivo puede orientarse en un ángulo correspondiente que permite que las fuerzas de vibración se absorban de manera sustancialmente lineal a lo largo de la dirección de desplazamiento del pistón 110 amortiguador y el resorte 114.

La Figura 2 muestra una vista lateral de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave 202 que tiene una configuración 200 de cola baja. La configuración de cola baja es una configuración convencional en la cual el estabilizador 102 horizontal está montado dentro de una porción posterior del fuselaje 204 con el estabilizador 206 vertical extendiéndose hacia arriba a partir del fuselaje 204 sobre el estabilizador 102 horizontal. Por diversas

razones bien conocidas, es deseable una configuración 200 de cola baja convencional sobre otras configuraciones alternativas, diversas de las cuales se explican a continuación. Sin embargo, el posicionamiento bajo del estabilizador 102 horizontal expone al estabilizador 102 horizontal a la distorsión del flujo 210 de aire de salida de uno o más motores 208. Aunque los motores 208 pueden ser de cualquier tipo y cantidad, como se explicó anteriormente, los motores 208 pueden ser motores de ventilador con ducto de alta derivación que producen una cantidad significativa de distorsión en el flujo 210 de aire de salida. Otros ejemplos de motores 208 incluyen, entre otros, sistemas propulsados por hélice, sistemas turboventilador, sistemas turbohélice, sistemas de propulsión eléctrica, sistemas eléctricos híbridos y sistemas de propulsión de rotor abierto.

Las cargas de sustentación aerodinámica asociadas con un estabilizador 102 horizontal se transfieren en general al fuselaje 204 a través de los puntos 118 de pivote del estabilizador 102 horizontal, por lo que los amortiguadores 104 ubicados en los puntos 118 de pivote apuntarán a la frecuencia con la cual la fuerza de levantamiento variará debido a las fuerzas de vibración asociadas con el flujo 210 de aire de salida. La distorsión del flujo 210 de aire de salida variará las fuerzas de arrastre asociadas con el estabilizador 102 horizontal, las cuales se transfieren principalmente al fuselaje 204 a través del tornillo de gato acoplado a la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal, la cual se utiliza para hacer girar el estabilizador 102 horizontal alrededor de los puntos 118 de pivote con fines de ajuste. Por consiguiente, el amortiguador 104 posicionado en la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal apuntará en la frecuencia con la cual las fuerzas de arrastre variarán debido a las fuerzas de vibración asociadas con la naturaleza de la distorsión inducida en el flujo 210 de aire de salida. Adicionalmente, cualquiera de los momentos de cabeceo inducidos alrededor de los puntos 118 de pivote del estabilizador 102 horizontal se transmitirán sustancialmente al tornillo de gato en la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal. El amortiguador 104 posicionado también puede mitigar cualquier fuerza variable asociada con los cambios en el momento de cabeceo en la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal de acuerdo con diversas realizaciones descritas en el presente documento.

Las frecuencias seleccionadas por los amortiguadores 104 en cada ubicación pueden variar dependiendo de las características de vuelo o la fase de vuelo de la aeronave 202. Por ejemplo, el flujo de aire de salida, así como el flujo de aire ambiente, sobre el estabilizador 102 horizontal pueden diferir durante la fase de ascenso, la fase de crucero y la fase de descenso de cualquier vuelo dado. De acuerdo con diversas realizaciones, el sistema 100 de amortiguación de vibraciones puede sintonizarse para mitigar las fuerzas de vibración indeseables durante una fase particular de vuelo. Por ejemplo, debido a la desproporcionada cantidad de tiempo que la aeronave 202 puede pasar en un vuelo de crucero en comparación con otras fases del vuelo, los amortiguadores 104 pueden diseñarse o seleccionarse de acuerdo con las frecuencias de vibración más probables durante las características de vuelo de crucero. Como se explicará más adelante, se utilizan una serie de consideraciones de diseño para ajustar o adaptar el sistema 100 de amortiguación de vibraciones a la aeronave 202 particular para lograr el máximo efecto de amortiguación.

Como se sugirió previamente, la estructura 120 en la cual se montan los amortiguadores 104 puede incluir componentes estructurales del fuselaje 204, que incluyen un tornillo de gato comúnmente utilizado en la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal para fines de ajuste. Volviendo ahora a la Figura 3, se describirán más detalles con respecto al sistema 100 de amortiguación de vibraciones y la estructura 120 a la que está unido de acuerdo con diversas realizaciones. La Figura 3 es una vista en perspectiva de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave 202 que tiene una configuración 200 de cola baja. Con esta vista en perspectiva, se puede ver que el movimiento hacia arriba y hacia abajo del tornillo 302 de gato mueve la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal hacia arriba y hacia abajo, el cual hace girar el estabilizador 102 horizontal alrededor del eje 310 de pivote que intersecta los puntos 118A y 118B de pivote.

El sistema 100 de amortiguación de vibraciones de esta realización incluye tres amortiguadores 104. Específicamente, el amortiguador 105A pasivo está acoplado al tornillo 302 de gato en la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal y está configurado para amortiguar las fuerzas de vibración en el primer grado de libertad sustancialmente paralelo al eje x, o hacia adelante y hacia atrás. La porción 116 delantera de este ejemplo incluye un larguero 304 delantero de estabilizador horizontal tal que el tornillo 302 de gato está acoplado al larguero 304 delantero de estabilizador horizontal a través del amortiguador 105A pasivo. Los amortiguadores 105B y 105C pasivos están acoplados a los puntos 118A y 118B de pivote, respectivamente, en un larguero 306 posterior de estabilizador horizontal y están configurados para amortiguar las fuerzas de vibración en el segundo grado de libertad sustancialmente paralelas al eje z, o hacia arriba y hacia abajo.

Las Figuras 4 y 5 muestran vistas laterales y en perspectiva, respectivamente, de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave 202 que tiene una configuración 400 de cola cruciforme de acuerdo con diversas realizaciones descritas en este documento. Con una configuración 400 de cola cruciforme, el estabilizador 102 horizontal se monta entre una punta 402 y una raíz 404 del estabilizador 206 vertical. Como se ve en la Figura 5, un tornillo 302 de gato acopla una porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal a un larguero 504 delantero del estabilizador vertical. Se instala un amortiguador 104 entre el tornillo 302 de gato y un larguero 504 delantero del estabilizador vertical (o estructura 120), o entre el tornillo 302 de gato y la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal. De acuerdo con diversas formas de realización, este amortiguador 104 puede ser un amortiguador 105A pasivo como se discutió anteriormente, o un amortiguador activo descrito más en detalle a continuación con respecto a las Figuras 10-12.

- Este ejemplo de una configuración 400 de cola cruciforme incluye dos puntos 118A y 118B de pivote que definen un eje 310 de pivote alrededor del cual gira el estabilizador 102 horizontal para ajuste a través del tornillo 302 de gato. Dos amortiguadores, amortiguadores 105B y 105C pasivos en este ejemplo, están montados en el estabilizador 102 horizontal entre el larguero 306 posterior del estabilizador horizontal y un larguero 506 posterior del estabilizador vertical en los puntos 118A y 118B de pivote. Los amortiguadores funcionan de la misma manera descrita anteriormente con respecto a la configuración 200 de cola baja. En particular, el amortiguador 105A pasivo está configurado para amortiguar las fuerzas de vibración en el primer grado de libertad sustancialmente paralelo al eje x, o adelante y atrás, a la vez que los amortiguadores 105B y 105C pasivos están configurados para amortiguar las fuerzas de vibración en el segundo grado de libertad sustancialmente paralelo al eje z, o hacia arriba y hacia abajo.
- Las Figuras 6 y 7 muestran vistas laterales y en perspectiva, respectivamente, de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones instalado en una aeronave 202 que tiene una configuración 600 de cola en T de acuerdo con diversas realizaciones descritas en el presente documento. Aunque la estructura precisa del estabilizador 102 horizontal y el estabilizador 206 vertical al cual está unido el sistema 100 de amortiguación de vibraciones en la configuración 600 de cola en T puede diferir ligeramente de la configuración 400 de cola cruciforme descrita con respecto a las Figuras 4 y 5 a continuación, la configuración y el funcionamiento de los amortiguadores 104 son sustancialmente iguales en la configuración 600 de cola en T que se muestra en las Figuras 6 y 7. La diferencia principal con la configuración 600 de cola en T es que el estabilizador 102 horizontal está montado en o cerca de la punta 402 del estabilizador 206 vertical en lugar de una ubicación entre la punta 402 y la raíz 404.
- Volviendo ahora a la Figura 8, se describirá una realización alternativa del sistema 100 de amortiguación de vibraciones. En el ejemplo que se muestra en la Figura 8, el sistema 100 de amortiguación de vibraciones incluye un amortiguador 104, configurado como un amortiguador 105A pasivo, acoplado a la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal, y un banco 802 de amortiguadores 104 paralelos acoplados a un punto 118 de pivote del estabilizador 102 horizontal. El banco 802 de los amortiguadores 104 reemplaza a un amortiguador 104 individual en las diversas realizaciones descritas anteriormente. El banco 802 de este ejemplo incluye dos amortiguadores 104A y 104B. Cada uno de los amortiguadores 104A y 104B del banco 802 es un amortiguador viscoelástico, que tiene un amortiguador 106 viscoso y un resorte 114. Cada amortiguador viscoelástico puede ajustarse o configurarse para mitigar las vibraciones a una frecuencia particular, la cual puede diferir de otras frecuencias direccionadas dentro del banco 802 de amortiguadores 104. Al hacerlo, los amortiguadores viscoelásticos fácilmente disponibles pueden seleccionarse de acuerdo con una frecuencia objetivo deseada y agregarse para crear un banco 802 que mitigue las vibraciones a una frecuencia o frecuencias que pueden diferir de las de los amortiguadores 104 individuales dentro del banco 802. Cada amortiguador 104 dentro de un banco 802 puede afectar el funcionamiento de otros amortiguadores 104 dentro del banco 802, sin embargo, el efecto puede determinarse utilizando técnicas de ingeniería conocidas de manera que el banco 802 pueda diseñarse de acuerdo con esto. El número y el tipo de amortiguadores 104 dentro de un banco 802 pueden variar sin apartarse del alcance de esta salida. Aunque en la Figura 8 se muestra que el banco 802 está acoplado al punto 118 de pivote con un amortiguador 105A pasivo individual acoplado a la porción 116 delantera del estabilizador 102 horizontal, se puede utilizar un banco 802 en cualquiera o todas las posiciones del amortiguador dentro del sistema 100 de amortiguación de vibración.
- La Figura 9 es una vista en sección transversal de un amortiguador viscoelástico (o amortiguador 105 pasivo) que tiene una disposición 900 concéntrica de acuerdo con diversas realizaciones. La disposición 900 concéntrica incluye una pluralidad de resortes 114A y 114B dispuestos de forma concéntrica colocados alrededor de un amortiguador 106 viscoso. De acuerdo con este ejemplo, un primer resorte 114A se apoya en una pared 906 del amortiguador inferior fija en un primer extremo 902 del primer resorte 114A. El primer resorte 114A se apoya en una pared 908 del amortiguador superior móvil en un segundo extremo 904 del primer resorte 114A. La pared 908 del amortiguador superior móvil está conectada a un pistón 110 amortiguador dentro de una cámara 108 de fluido viscoso. La pared 908 del amortiguador superior móvil también está conectada a un estabilizador 102 horizontal en un punto 920 de conexión y a una estructura 120 en la pared 906 del amortiguador inferior fijo. Las fuerzas de vibración del estabilizador 102 horizontal en el punto 920 de conexión desplazan el pistón 110 amortiguador hacia arriba y hacia abajo, como lo indican las flechas abiertas. La traslación lineal del pistón 110 amortiguador es resistida por un fluido 112 viscoso dentro de la cámara 108 de fluido viscoso a la vez que comprime el primer resorte 114A. El segundo resorte 114B se coloca dentro del primer resorte 114A y se apoya en una superficie 910 superior de la cámara 108 de fluido viscoso en un primer extremo 912 de resorte interno y la pared 908 del amortiguador superior móvil en un segundo extremo 914 del resorte interno. El amortiguador 104 viscoelástico mitiga Las fuerzas de vibración de la manera descrita anteriormente. Sin embargo, debido a las diferentes características del primer resorte 114A y del segundo resorte 114B, el amortiguador 104 viscoelástico puede sintonizarse para apuntar a diferentes frecuencias de vibración.
- De acuerdo con una realización, la longitud de desplazamiento de uno de los primeros resortes 114A o 114B puede seleccionarse de tal manera que la pared 908 de amortiguador superior móvil pueda trasladar una distancia deseada con resistencia a partir de un resorte antes de que el otro resorte se acople. El acoplamiento sucesivo de los resortes 114A y 114B como una función del desplazamiento del pistón 110 amortiguador permite una frecuencia natural variable para el amortiguador viscoelástico como una función del desplazamiento del amortiguador. Este aspecto del amortiguador 105 viscoelástico se puede adaptar para absorber pasivamente solo las frecuencias de vibración más críticas en diferentes condiciones de vuelo o configuración del motor. Como se describirá con mayor detalle más adelante, este amortiguador 105 pasivo se puede combinar con un amortiguador variable o activo, si se desea un coeficiente de amortiguación diferente en una condición de vuelo alternativa.

5 Como un ejemplo que ilustra la funcionalidad de un amortiguador 105 pasivo que tiene la disposición 900 concéntrica mostrada y descrita anteriormente, la frecuencia de oscilación del estabilizador 102 horizontal expuesta al flujo de hélice en el despegue es probablemente más alta (debido a las mayores RPM del ventilador/motor) y la magnitud de los desplazamientos oscilatorios es mayor que la de una condición de crucero debido al flujo 210 de aire de salida potencialmente más rápido y al correspondiente flujo de hélice. Se puede diseñar un sistema de resorte secuencial para operar en una condición de frecuencia elevada/ desplazamiento elevado en el despegue durante el cual ambos resortes 114A y 114B podrían acoplarse debido a los mayores desplazamientos del estabilizador 102 horizontal en esta condición. El mismo sistema también podrá operar óptimamente durante el vuelo de crucero, en el cual el estabilizador 102 horizontal está sujeto a una vibración de menor frecuencia y menor desplazamiento debido a diferentes configuraciones del motor.

15 Las Figuras 1-9 han descrito el funcionamiento de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones que utiliza amortiguadores 105 pasivos. Una ventaja del uso de amortiguadores pasivos es que son relativamente simples, económicos y confiables. Sin embargo, de acuerdo con realizaciones alternativas, cualquiera o todos los amortiguadores 104 dentro de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones descrito en este documento pueden ser amortiguadores activos. Para los propósitos de esta divulgación, los "amortiguadores activos" se pueden adaptar dinámicamente para variar las características de amortiguación de acuerdo con los estados de vibración estimados o en tiempo real asociados con el estabilizador 102 horizontal. De acuerdo con algunas realizaciones, los amortiguadores activos utilizan actuadores lineales para inducir el movimiento en una dirección deseada a una frecuencia o frecuencias deseadas para mitigar las vibraciones correspondientes. De acuerdo con realizaciones alternativas, los amortiguadores activos pueden operar mediante la alteración de la presión de un fluido dentro de una cámara de fluido de un amortiguador viscoelástico en lugar de utilizar un actuador lineal. El movimiento inducido creado por los amortiguadores activos puede basarse en un estado real de vibración en tiempo real del estabilizador horizontal medido por uno o más sensores o acelerómetros, con base en un estado de vibración estimado de acuerdo con lo predicho de acuerdo con uno o más parámetros de la aeronave, o una combinación de los mismos.

25 Como se describió anteriormente, la aeronave 202 opera en diversas condiciones de vuelo/motor, lo que resulta en una función de fuerza constantemente cambiante para diversas fuerzas y momentos que actúan sobre un estabilizador 102 horizontal sometido a la distorsión del flujo 210 de aire de salida u otras fuerzas de vibración. Un sistema de amortiguación activa tiene la ventaja de ser adaptable a las condiciones de operación y, por lo tanto, proporciona un comportamiento de amortiguación de vibración superior. Se debe tener en cuenta que el sistema de amortiguación activo se puede diseñar de manera que permita la redundancia de los sistemas (múltiples e idénticos, sistemas independientes), así como un posible sistema de respaldo pasivo.

35 Al ver la Figura 10, un sistema 100 de amortiguación de vibraciones incluye un sistema 1000 de amortiguación activa que utiliza amortiguadores 1002 activos. Los amortiguadores 1002 activos pueden incluir actuadores 1004 lineales eléctricos que pueden activarse selectivamente a través de un comando 1012 de actuador a partir de un ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones para trasladar hacia arriba y hacia abajo o hacia adelante y hacia atrás para aplicar una fuerza de mitigación que contrarreste las fuerzas de vibración experimentadas por el estabilizador 102 horizontal. En este ejemplo, los sensores 1008 se colocan en el estabilizador 102 horizontal y/o el fuselaje 204 y la estructura 120 correspondiente. Los sensores 1008 pueden incluir cualquier tipo y número de acelerómetros o sensores de posición operativos para medir y proporcionar estados de vibración en tiempo real asociados con las fuerzas de vibración al ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones como entrada 1010 del sensor. Debe apreciarse que "el estado de vibración en tiempo real" puede ser una aceleración sin procesar y datos de posición o algunos datos resultantes calculados utilizando los datos de aceleración y posición en tiempo real, tales como la frecuencia y la amplitud de las vibraciones en el estabilizador 102 horizontal. Los sensores 1008 toman mediciones a lo largo de dos ejes principales de orientación arbitraria siempre que los ejes sean sustancialmente normales entre sí y su desviación del estabilizador 102 horizontal o del fuselaje 204 sea conocida.

45 Utilizando la entrada del sensor 1010, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones determina la fuerza óptima (si el sistema 1000 de amortiguación activa es un sistema de amortiguación puramente eléctrico como se describe aquí con respecto a la Figura 10) o la relación natural de frecuencia/amortiguación (si el sistema 1000 de amortiguación activa es un sistema semi-pasivo como se explica a continuación con respecto a la Figura 12) que deben ser ejecutadas por los amortiguadores 1002 activos. El ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones proporciona la determinación óptima de fuerza/posición como un comando 1012 del actuador a los amortiguadores 1002 activos para la actuación. Cada amortiguador 1002 activo transmite una señal de entrada de posición en función del tiempo como retroalimentación 1014 del actuador al ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones para garantizar un circuito de control cerrado.

55 La Figura 11 ilustra una realización alternativa de un sistema 1000 de amortiguación activa que utiliza amortiguadores 1002 activos. Este ejemplo es similar al descrito anteriormente con respecto a la Figura 10, con la diferencia principal siendo la falta de la entrada 1010 del sensor. Con el sistema descrito anteriormente, los sensores 1008 se utilizan para medir y proporcionar estados de vibración en tiempo real asociados con las fuerzas de vibración en el estabilizador 102 horizontal al ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones. Sin embargo, en esta realización alternativa, en lugar de utilizar los sensores 1008, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones utiliza uno o más parámetros 1102 de la aeronave correspondientes a un estado actual de la aeronave 202 o uno o más sistemas de aeronave con el fin de determinar un estado de vibración estimado. El ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones utiliza el

estado de vibración estimado de la misma manera descrita anteriormente con respecto al estado de vibración en tiempo real para determinar un comando del actuador que mitiga las vibraciones estimadas. Para los fines de esta realización, las líneas discontinuas correspondientes a los sensores 1008 y la entrada 1010 de sensor asociada se usan para indicar una inclusión opcional de los sensores 1008 que se tratarán con más detalle a continuación con respecto a aún otra realización alternativa.

Los parámetros 1102 de la aeronave pueden incluir cualquier número y tipo de información que pueda ser aplicable para determinar las fuerzas que actúan sobre el estabilizador 102 horizontal en cualquier momento usando técnicas analíticas conocidas. Por ejemplo, los parámetros 1102 de la aeronave pueden incluir, pero no se limitan a, una o más configuraciones de motor, características de vuelo, características de la aeronave, configuraciones de control de vuelo, parámetros ambientales o una combinación de las mismas. Ahora se proporcionarán ejemplos no limitativos de estos parámetros ilustrativos de la aeronave. Los ajustes del motor pueden incluir revoluciones del motor por minuto (RPM) de diversos ejes, ajustes de empuje, paso de la hélice o paso del motor (si es variable). Las características de vuelo pueden incluir velocidad del aire, ángulo de ataque, actitud de cabeceo, actitud de balanceo, actitud de guiñada y ángulo de trayectoria de vuelo. Las características de la aeronave pueden incluir el peso de la aeronave y el centro de gravedad. Las configuraciones de control de vuelo pueden incluir el ángulo de incidencia del estabilizador horizontal y los ángulos efectivos del elevador y la pestaña de ajuste. Los parámetros ambientales pueden incluir presión ambiental, temperatura y humedad relativa.

Usando estos parámetros 1102 de la aeronave, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones puede analizar las fuerzas de vibración previstas que actúan sobre el estabilizador 102 horizontal y utilizar el estado de vibración estimado resultante en lugar del estado de vibración en tiempo real medido por los sensores 1008 discutidos con respecto a la realización de la Figura 10 anterior para determinar un comando 1012 del actuador apropiado. Con referencia ahora al sistema 1000 de amortiguación activa de la Figura 11, que incluye las líneas discontinuas asociadas con los sensores 1008, se describirá una tercera implementación del sistema 1000 de amortiguación activa.

En esta tercera realización del sistema 1000 de amortiguación activa, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones utiliza los parámetros 1102 de la aeronave para determinar el estado de vibración estimado y el correspondiente comando 1012 del actuador. Además, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones recibe la entrada 1010 del sensor a partir de los sensores 1008 midiendo el estado de vibración en tiempo real del estabilizador 102 horizontal. Al utilizar el estado de vibración en tiempo real del estabilizador 102 horizontal, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones puede determinar un comando 1012 de actuador correspondiente, el cual puede usarse para ajustar el comando 1012 de actuador provisto a partir del estado de vibración estimado. De esta manera, el sistema 1000 de amortiguación activa puede proporcionar comandos 1012 de actuador con base en los estados de vibración previstos determinados a partir de numerosos parámetros de la aeronave, a la vez que mide los estados de vibración reales a medida que ocurren y hace las correcciones correspondientes. Este tipo de sistema de doble entrada puede ser más complejo que los descritos anteriormente, pero puede funcionar más rápido y con mayor precisión.

La Figura 12 ilustra aún otra realización alternativa para un sistema 1000 de amortiguación activa. Este sistema utiliza amortiguadores 1202A y 1202B viscoelásticos activos (denominados colectivamente y en general como "amortiguadores 1202 viscoelásticos activos") para mitigar las fuerzas de vibración aplicadas al estabilizador 102 horizontal. Esta realización utiliza el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones para aplicar activamente una fuerza de mitigación al estabilizador 102 horizontal a través de los amortiguadores 1202 viscoelásticos activos, similar a los sistemas descritos anteriormente con respecto a los actuadores 1004 lineales eléctricos de las Figuras 10 y 11 anteriormente. Sin embargo, en lugar de emplear actuadores lineales eléctricos, el sistema 1000 de amortiguación activa de este ejemplo utiliza amortiguadores 1202 viscoelásticos activos. Al igual que los amortiguadores 105 pasivos descritos anteriormente, los amortiguadores 1202 viscoelásticos activos tienen un elemento elástico como un resorte 114 y un amortiguador viscoso, el cual es un amortiguador 1206 viscoso variable. La diferencia entre el amortiguador 106 viscoso de los sistemas pasivos descritos anteriormente y el amortiguador 1206 viscoso variable de esta realización que resulta en un sistema activo es que el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones está operativo para alterar la presión dentro de la cámara 108 de fluido viscoso para mover el pistón 110 amortiguador hacia arriba y hacia abajo de acuerdo como sea necesario para mitigar activamente las fuerzas de vibración. Debido a que el amortiguador 1206 viscoso variable permite que se altere dentro la presión del fluido 112 viscoso, la cámara dentro del amortiguador 1206 viscoso variable se denomina elemento 1224 de amortiguación de coeficiente variable.

El sistema 1000 de amortiguación activa de la Figura 12 funciona a través del ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones que controla la presión dentro de uno o más elementos 1224 de amortiguación de coeficiente variable asociados. Esto se realiza accionando una válvula de flujo variable, es decir, una válvula 1214 de control de flujo, dentro de un circuito 1204A o 1204B acumulador de fluido (denominado colectivamente y en general como un "circuito 1204 acumulador de fluido") para agregar o eliminar el fluido 112 viscoso y la presión correspondiente del amortiguador 1206 viscoso variable. Al alterar la presión dentro del elemento 1224 de amortiguación de coeficiente variable altera el coeficiente de amortiguación (c), que a su vez altera las características de amortiguación del amortiguador 1202 viscoelástico activo.

Para controlar la presión del fluido 112 viscoso, se puede usar un circuito 1204 acumulador de fluido. Para fines ilustrativos, se describirá el circuito 1204B acumulador de fluido que está acoplado de manera fluida al amortiguador 1202B viscoelástico activo. El circuito 1204B acumulador de fluido está delineado con una línea discontinua en la

Figura 12. De manera similar, un segundo circuito de fluido, o circuito 1204A acumulador de fluido, está asociado con el amortiguador 1202A viscoelástico activo y está delineado con una línea punteada y discontinua para mayor claridad.

El circuito 1204B acumulador de fluido incluye sensores 1208 de presión en serie con una válvula 1214 de flujo variable. Los sensores 1208 de presión proporcionan el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones con la entrada 1210 del sensor con respecto a la presión dentro del elemento 1224 de amortiguación de coeficiente variable y dentro del circuito 1204B acumulador de fluido. El accionamiento de la válvula 1214 de flujo variable mueve el fluido a partir del acumulador 1216 al elemento 1224 de amortiguación de coeficiente variable y, de manera similar, libera la presión del elemento 1224 de amortiguación de coeficiente variable, permitiendo que el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones administre el coeficiente de amortiguación (c) dentro del amortiguador 1202 viscoelástico activo. El circuito 1204B acumulador de fluido incluye además un reservorio 1220 para el almacenamiento del fluido 112 viscoso y una bomba 1218 para cargar el sistema.

El ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones en esta realización recibe la entrada 1222 de estado de vibración, la cual se utiliza para determinar el comando 1212 de presión para la válvula 1214 de flujo variable. La entrada 1222 de estado de vibración puede incluir un estado de vibración en tiempo real o los correspondientes datos de aceleración y posición, que pueden medirse en tiempo real mediante una serie de acelerómetros y sensores de posición como se describió anteriormente con respecto a la Figura 10. Alternativamente, la entrada 1222 de estado de vibración puede incluir los parámetros 1102 de la aeronave, que pueden ser utilizados por el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones para determinar un estado de vibración estimado como se describe anteriormente con respecto a la Figura 11.

La Figura 12 ilustra realizaciones alternativas para controlar múltiples amortiguadores 1202 viscoelásticos activos dentro de un sistema 1000 de amortiguación activa. Primero, cada amortiguador 1202 viscoelástico activo se puede acoplar a un circuito 1204 acumulador de fluido separado. Ignorando las líneas punteadas en la Figura 12, el amortiguador 1202A viscoelástico activo está acoplado al circuito 1204A acumulador de fluido, a la vez que el amortiguador 1202B viscoelástico activo está acoplado al circuito 1204B acumulador de fluido. El ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones controla los dos circuitos 1204A y 1204B acumuladores de fluido. Alternativamente, los componentes de un circuito 1204 acumulador de fluido que pueden seleccionarse o diseñarse para proporcionar fluido a múltiples amortiguadores 1202 viscoelásticos activos pueden compartirse. Al observar la Figura 12 que incluye los componentes dibujados con una línea punteada, pero ignorando el circuito 1204A acumulador de fluido, se puede ver un circuito acumulador de fluido más pequeño que suministra fluido 112 viscoso a ambos amortiguadores 1202A y 1202B viscoelásticos activos. Debe apreciarse que los dibujos se han simplificado por motivos de claridad y no deben considerarse limitativos. Puede haber componentes adicionales o menos que los que se muestran en la Figura 12 y en los otros dibujos.

En relación con la Figura 13, un método para determinar las características del amortiguador para mitigar la vibración en un estabilizador 102 horizontal de una aeronave 202. Debe apreciarse que se pueden realizar más o menos operaciones que las mostradas en las figuras y descritas en este documento. Estas operaciones también pueden realizarse en paralelo, o en un orden diferente a los descritos en este documento. La Figura 13 muestra una rutina 1300 para determinar las características de los amortiguadores de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones. La rutina 1300 comienza en la operación 1302, donde se determinan las entradas para el análisis. Las entradas pueden incluir una serie de parámetros, que incluyen, entre otros, la geometría de la aeronave y la disposición estructural general de la aeronave 202, las propiedades de los materiales para el estabilizador 102 horizontal, los parámetros de rendimiento del ventilador y del núcleo del motor, un rango de condiciones de operación correspondientes al perfil de la misión de diseño (es decir, el número de Mach y la altitud), y los factores de ponderación que se proporcionarán para el perfil de la misión. Los factores de ponderación indican la importancia relativa de los diversos parámetros a partir de una perspectiva de ruido y fatiga.

A partir de la operación 1302, la rutina 1300 continúa a la operación 1304, donde se realiza un análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD) inestable, utilizando las entradas de análisis determinadas en la operación 1302 para una serie de condiciones de vuelo alcanzables en una misión. La rutina 1300 continúa en paralelo a las operaciones 1306 y 1308. En la operación 1306, las fuerzas de vibración que actúan sobre el estabilizador 102 horizontal se determinan mediante el procesamiento posterior de los resultados del CFD. Este proceso modela los momentos inestables de levantamiento, arrastre y cabeceo que actúan sobre el estabilizador 102 horizontal sumergido en el flujo 210 de aire de salida. En otras palabras, la operación 1306 estima los momentos de sustentación, arrastre y cabeceo en función del tiempo que actúan sobre el estabilizador 102 horizontal experimentando fuerzas de vibración del flujo de hélice turbulento.

En la operación 1308, se construye un patrón de método de elementos finitos dinámicos (FEM) utilizando la geometría de estabilizador 102 horizontal y las propiedades mecánicas determinadas en la operación 1302. A partir de las operaciones 1306 y 1308, la rutina 1300 continúa con la operación 1310, donde el patrón de la dinámica FEM se ejecuta para un rango de fuerzas de vibración (sustentación, arrastre y momentos de cabeceo) obtenidos del análisis de CFD. En la operación 1312, una matriz de frecuencia de excitación (ω_0) en la raíz del estabilizador 102 horizontal (es decir, en los puntos 118 de pivote) para el rango de condiciones de vuelo proporcionadas.

- La rutina 1300 continúa con la operación 1314, donde las ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de movimiento se resuelven para identificar un coeficiente de amortiguación adecuado y una relación de amortiguación tal que el sistema 100 de amortiguación de vibraciones provoque que las vibraciones disminuyan sustancialmente, dentro de los requisitos y limitaciones técnicas asociadas con un problema de diseño dado y lo que los requisitos generales de la aeronave pueden prescribir. De acuerdo con una implementación no limitante, las ecuaciones diferenciales ordinarias lineales de movimiento se resuelven para identificar un coeficiente de amortiguación adecuado (c) y una relación de amortiguación (ζ) tal que (ζ) sea mayor que 1. En la operación 1316, los amortiguadores 104 se seleccionan o diseñan de acuerdo con el coeficiente de amortiguación (c) determinado en la operación 1314, y la rutina 1300 termina.
- La Figura 14 muestra una rutina 1400 para mitigar la vibración en un estabilizador 102 horizontal de una aeronave 202 que utiliza amortiguadores 105 pasivos de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en este documento. La rutina 1400 comienza en la operación 1402, donde se reciben las fuerzas de vibración en los amortiguadores 105 pasivos de un sistema 100 de amortiguación de vibraciones. Las operaciones 1404 y 1406 se realizan en paralelo. En la operación 1404, los elementos elásticos de un amortiguador viscoelástico se comprimen. Como se discutió anteriormente, dependiendo de la configuración de los amortiguadores 105 pasivos, puede haber un solo elemento elástico, como un resorte 114, elementos elásticos múltiples y/o resortes 114 dispuestos de forma concéntrica. En algunas realizaciones, tal como con la disposición 900 concéntrica, la compresión del resorte puede ser secuencial, con un primer resorte comprimido a un desplazamiento predeterminado antes de que se acople el segundo resorte.
- En la operación 1406, los pistones 110 amortiguadores asociados con los amortiguadores 108 viscosos se mueven a partir de las fuerzas de vibración aplicadas. Este movimiento presiona el fluido 112 viscoso a través de los orificios 113 en los pistones 110 amortiguador, los cuales operan para resistir o desacelerar el movimiento de los pistones 110 amortiguador. De las operaciones 1404 y 1406, la rutina 1400 continúa con la operación 1408, donde los pistones 110 amortiguadores regresan en una dirección de sus posiciones iniciales a través de la fuerza ejercida por los elementos elásticos comprimidos. Este movimiento oscilatorio resistente de los amortiguadores 105 pasivos mitiga de manera efectiva las fuerzas de vibración aplicadas al estabilizador 102 horizontal.
- La Figura 15 muestra una rutina 1500 para mitigar la vibración en un estabilizador 102 horizontal de una aeronave 202 que utiliza amortiguadores 1002 activos de acuerdo con diversas realizaciones presentadas en este documento. Debe apreciarse que las operaciones lógicas descritas en este documento pueden implementarse (1) como una secuencia de actos implementados por ordenador o módulos de programa que se ejecutan en un sistema informático y/o (2) como circuitos lógicos de máquinas interconectadas o módulos de circuito dentro del sistema informático. La implementación es una cuestión de elección que depende del rendimiento y otros parámetros operativos del sistema informático. En consecuencia, las operaciones lógicas descritas en este documento se denominan de manera diversa como operaciones, dispositivos estructurales, actos o módulos. Estas operaciones, dispositivos estructurales, actos y módulos pueden implementarse en software, firmware, hardware, lógica digital para fines especiales y cualquier combinación de los mismos. También debe apreciarse que se pueden realizar más o menos operaciones de las que se muestran en las figuras y se describen en este documento. Estas operaciones también pueden realizarse en paralelo, o en un orden diferente a los descritos en este documento.
- La rutina 1500 comienza en la operación 1502, donde las fuerzas de vibración se reciben en los amortiguadores 1002 activos. En la operación 1504, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones recibe la entrada 1010 del sensor a partir de los sensores 1008 si se miden los estados de vibración en tiempo real. Si los sensores 1008 no se usan para medir los estados de vibración en tiempo real, entonces el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones recibe los parámetros 1102 a partir de los diversos sistemas de la aeronave en la aeronave 202. Como se comentó anteriormente, de acuerdo con una realización, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones recibe ambos del sensor 1010 de entrada y parámetros 1102 de la aeronave.
- A partir de la operación 1504, la rutina 1500 continúa hasta la operación 1506, donde se determina el estado de vibración, en función de las mediciones en tiempo real de los sensores 1008 o se estima de acuerdo con los parámetros 1102 de la aeronave recibidos. En la operación 1508, el ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones determina un comando 1012 del actuador o un comando 1212 de presión con base en el estado de vibración, y proporciona la orden apropiada a los amortiguadores 1002 activos o la válvula 1214 de flujo variable. El ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones recibe retroalimentación de los amortiguadores 1002 activos en la operación 1510, y la rutina 1500 termina.
- La Figura 16 muestra una arquitectura 1600 informática ilustrativa de un ordenador 1006 de amortiguación de vibraciones descrita anteriormente, capaz de ejecutar los componentes de software descritos en el presente documento mitigando la vibración en un estabilizador 102 horizontal de la manera presentada anteriormente. La arquitectura 1600 del ordenador incluye una unidad 1602 de procesamiento central (CPU), una memoria 1608 del sistema, que incluye una memoria 1614 de acceso aleatorio (RAM) y una memoria 1616 de solo lectura (ROM), y un bus 1604 de sistema que une la memoria a la CPU 1602.
- La CPU 1602 es un procesador programable estándar que realiza operaciones aritméticas y lógicas necesarias para el funcionamiento de la arquitectura 1600 informática. La CPU 1602 puede realizar las operaciones necesarias mediante la transición de un estado físico discreto al siguiente a través de la manipulación de elementos de

5 conmutación que diferencian entre y cambian estos estados. Los elementos de conmutación en general pueden incluir circuitos electrónicos que mantienen uno de dos estados binarios, como flip-flops, y circuitos electrónicos que proporcionan un estado de salida con base en la combinación lógica de los estados de uno o más elementos de conmutación, como las puertas lógicas. Estos elementos básicos de conmutación pueden combinarse para crear circuitos lógicos más complejos, que incluyen registros, sumadores-restadores, unidades lógicas aritméticas, unidades de punto flotante y similares.

10 La arquitectura 1600 informática también incluye un dispositivo 1610 de almacenamiento masivo para almacenar un sistema 1618 operativo o de control, así como módulos de aplicación específicos u otros módulos de programa, como un módulo 1624 de mitigación de vibraciones operativo para proporcionar comandos 1012 del actuador y los comandos 1212 de presión a los amortiguadores 104 de acuerdo con las diversas realizaciones descritas anteriormente. El dispositivo 1610 de almacenamiento masivo está conectado a la CPU 1602 a través de un controlador de almacenamiento masivo (no se muestra) conectado al bus 1604. El dispositivo 1610 de almacenamiento masivo y sus medios asociados legibles por ordenador proporcionan almacenamiento no volátil para la arquitectura 1600 informática.

15 La arquitectura 1600 informática puede almacenar datos en el dispositivo 1610 de almacenamiento masivo al transformar el estado físico del dispositivo de almacenamiento masivo para reflejar la información que se almacena. La transformación específica del estado físico puede depender de diversos factores, en diferentes implementaciones de esta descripción. Los ejemplos de dichos factores pueden incluir, pero no se limitan a, la tecnología utilizada para implementar el dispositivo 1610 de almacenamiento masivo, ya sea que el dispositivo de almacenamiento masivo se caracterice como almacenamiento primario o secundario, y similares. Por ejemplo, la arquitectura 1600 informática puede almacenar información en el dispositivo 1610 de almacenamiento masivo emitiendo instrucciones a través del controlador de almacenamiento para alterar las características magnéticas de una ubicación particular dentro de un dispositivo de disco magnético, las características reflexivas o refractivas de una ubicación particular en un dispositivo de almacenamiento óptico, o las características eléctricas de un condensador, transistor u otro componente discreto en particular en un dispositivo de almacenamiento de estado sólido. Otras transformaciones de los medios físicos son posibles sin apartarse del alcance y el espíritu de la presente descripción, con los ejemplos anteriores proporcionados solo para facilitar esta descripción. La arquitectura 1600 informática puede leer información adicional del dispositivo 1610 de almacenamiento masivo detectando los estados físicos o las características de una o más ubicaciones particulares dentro del dispositivo de almacenamiento masivo.

30 Aunque la descripción de medios legibles por ordenador contenida en este documento se refiere a un dispositivo de almacenamiento masivo, como un disco duro o una unidad de CD-ROM, los expertos en la técnica deberían apreciar que los medios legibles por ordenador pueden ser cualquier medio de almacenamiento informáticos disponible al que puede acceder la arquitectura 1600 informática. A modo de ejemplo, y no como limitación, los medios legibles por ordenador pueden incluir medios volátiles y no volátiles, desmontables y no desmontables implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programas u otros datos. Por ejemplo, los medios legibles por ordenador incluyen, entre otros, RAM, ROM, EPROM, EEPROM, memoria flash u otra tecnología de memoria de estado sólido, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD), HD-DVD, BLU-RAY u otros dispositivos de almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cintas magnéticas, discos magnéticos u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda utilizar para almacenar la información deseada y al que se pueda acceder mediante la arquitectura 1600 informática.

45 De acuerdo con diversas realizaciones, la arquitectura 1600 informática puede operar en un entorno de red usando conexiones lógicas a otros sistemas de aeronaves y ordenadores remotos a través de una red, como la red 1620. La arquitectura 1600 informática puede conectarse a la red 1620 a través de una unidad 1606 de interfaz de red 1606 conectada al bus 1604. Debe apreciarse que la unidad 1606 de interfaz de red también puede utilizarse para conectarse a otros tipos de redes y sistemas informáticos remotos. La arquitectura 800 informática también puede incluir un controlador 1622 de entrada-salida para recibir y procesar la entrada de una serie de otros dispositivos, que incluyen una unidad de pantalla de control, un teclado, ratón, lápiz electrónico o pantalla táctil que puede estar presente en una pantalla 1612 conectada. De manera similar, el controlador 1622 de entrada-salida puede proporcionar salida a la pantalla 1612, una impresora u otro tipo de dispositivo de salida.

50 Con base en lo anterior, se debe apreciar que se proporcionan aquí las tecnologías para mitigar las vibraciones en un estabilizador 102 horizontal. El tema descrito anteriormente se proporciona solo a modo de ilustración y no debe interpretarse como limitante. Se pueden realizar diversas modificaciones y cambios al tema descrito aquí sin seguir las realizaciones de ejemplo y las aplicaciones ilustradas y descritas, y sin apartarse del alcance de la presente divulgación, que se expone en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un estabilizador (102) horizontal de una aeronave que tiene un sistema 100 de amortiguación de vibraciones, comprendiendo el sistema:
- 5 un primer amortiguador (104/105a) acoplado a una porción (116) delantera del estabilizador (102) horizontal, el primer amortiguador (104/105a) configurado para amortiguar una fuerza de vibración en un primer grado de libertad; y
- un segundo amortiguador (104/105b) acoplado al estabilizador (102) horizontal próximo al punto (118) de montaje del estabilizador (102) horizontal, el segundo amortiguador (104/105b) configurado para amortiguar la fuerza de vibración en un segundo grado de libertad.
- 10 2. El estabilizador (102) horizontal de la reivindicación 1, en donde el punto de montaje comprende un punto (118/118a/118b) de pivote.
3. El estabilizador (102) horizontal de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el punto (118) de pivote comprende un primer punto (118a) de pivote alrededor de un eje de cabeceo del estabilizador (102) horizontal, y en donde el sistema de amortiguación de vibraciones además comprende un tercer amortiguador (105c) acoplado al estabilizador (102) horizontal próximo a un segundo punto (118b) de pivote alrededor del eje de cabeceo del
- 15 estabilizador (102) horizontal, el tercer amortiguador (105c) configurado para amortiguar la fuerza de vibración en el segundo grado de libertad.
4. El estabilizador (102) horizontal de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde al menos uno del primer amortiguador (105a) y el segundo amortiguador (105b/105c) comprende un amortiguador pasivo.
- 20 5. El estabilizador (102) horizontal de la reivindicación 4, en donde el amortiguador (105) pasivo comprende un amortiguador (106) viscoelástico.
6. El estabilizador (102) horizontal de la reivindicación 5, en donde el amortiguador (106) viscoelástico comprende dos resortes, un primer resorte (114a) configurado para mitigar las vibraciones de acuerdo con una primera frecuencia, y un segundo resorte (114b) configurado para mitigar las vibraciones de acuerdo con una segunda frecuencia.
- 25 7. El estabilizador (102) horizontal de la reivindicación 6, en donde una de las frecuencias primera y segunda se selecciona con base en la frecuencia de una perturbación en el flujo de aire de salida de un motor de ventilador con conductos.
8. El estabilizador (102) horizontal de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en donde los dos resortes (114a/114b) están dispuestos concéntricamente dentro del amortiguador (106) viscoelástico.
- 30 9. El estabilizador (102) horizontal de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde el primer resorte (114a) se apoya en una pared (906) del amortiguador inferior fija en un primer extremo (902) y una pared (908) del amortiguador superior móvil en un segundo extremo (904), la pared (908) del amortiguador superior móvil conectada a un pistón (110) amortiguador dentro de una cámara (108) de fluido viscoso de manera que la traslación lineal del pistón (110) amortiguador es resistida por un fluido viscoso dentro de la cámara (108) de fluido viscoso a la vez que comprime el primer resorte (114a), y
- 35 en donde el segundo resorte (114b) se coloca dentro del primer resorte (114a) y se apoya en una superficie (910) superior de la cámara (108) de fluido viscoso en un primer extremo (912) de resorte interno y la pared (906) del amortiguador superior móvil en un segundo extremo (914) de resorte interior.
10. El estabilizador (102) horizontal de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en donde los dos resortes (114a) y (114b) están separados entre sí.
- 40 11. Un método para mitigar la vibración en un estabilizador (102) horizontal de una aeronave, comprendiendo el método:
- recibir una vibración en un primer amortiguador (104/105a) acoplado a una porción (116) delantera del estabilizador (102) horizontal y en un segundo amortiguador (104/105b) acoplado al estabilizador (102) horizontal próximo a un punto (118) de pivote;
- 45 amortiguar la vibración en un primer grado de libertad con el primer amortiguador (105a); y
- amortiguar la vibración en un segundo grado de libertad con el segundo amortiguador (105b).
12. El método de la reivindicación 11, en donde al menos uno del primer amortiguador (105a) y el segundo amortiguador (105b) comprende un amortiguador pasivo.
- 50 13. El método de la reivindicación 12, en donde el amortiguador (105) pasivo comprende un amortiguador (106) viscoelástico tal que amortiguar la vibración comprende presionar un fluido viscoso con un pistón (110) para presionar

el fluido viscoso a través de uno o más orificios en el pistón y comprimiendo un resorte (114a/114b) en respuesta a una fuerza de vibración y al liberar la fuerza, devolviendo el pistón (110) hacia una posición de inicio con una fuerza del resorte.

5 14. El método de la reivindicación 13, en donde comprimir el resorte (114a/114b) comprende comprimir un primer resorte (114a) configurado para mitigar una primera fuerza de vibración a una primera frecuencia y comprimir un segundo resorte (114b) configurado para mitigar una segunda fuerza de vibración en una segunda frecuencia.

10 15. El método de la reivindicación 14, en donde comprimir el primer resorte (114a) y comprimir el segundo resorte (114b) comprende aplicar fuerza con una pared (908) del amortiguador superior móvil al primer resorte (114a) y al segundo resorte (114b) dispuestos concéntricamente alrededor de un miembro de amortiguador central, extendiéndose el miembro de amortiguador central a partir de la pared (908) del amortiguador superior móvil en un extremo hasta un pistón (110) amortiguador en una cámara (108) de fluido viscoso en el otro extremo de manera que la fuerza aplicada a la pared del amortiguador superior móvil comprime el primer resorte (114a) y el segundo resorte (114b) a la vez que es resistido por un fluido viscoso dentro de la cámara (108) de fluido viscoso con el pistón (110) amortiguador.

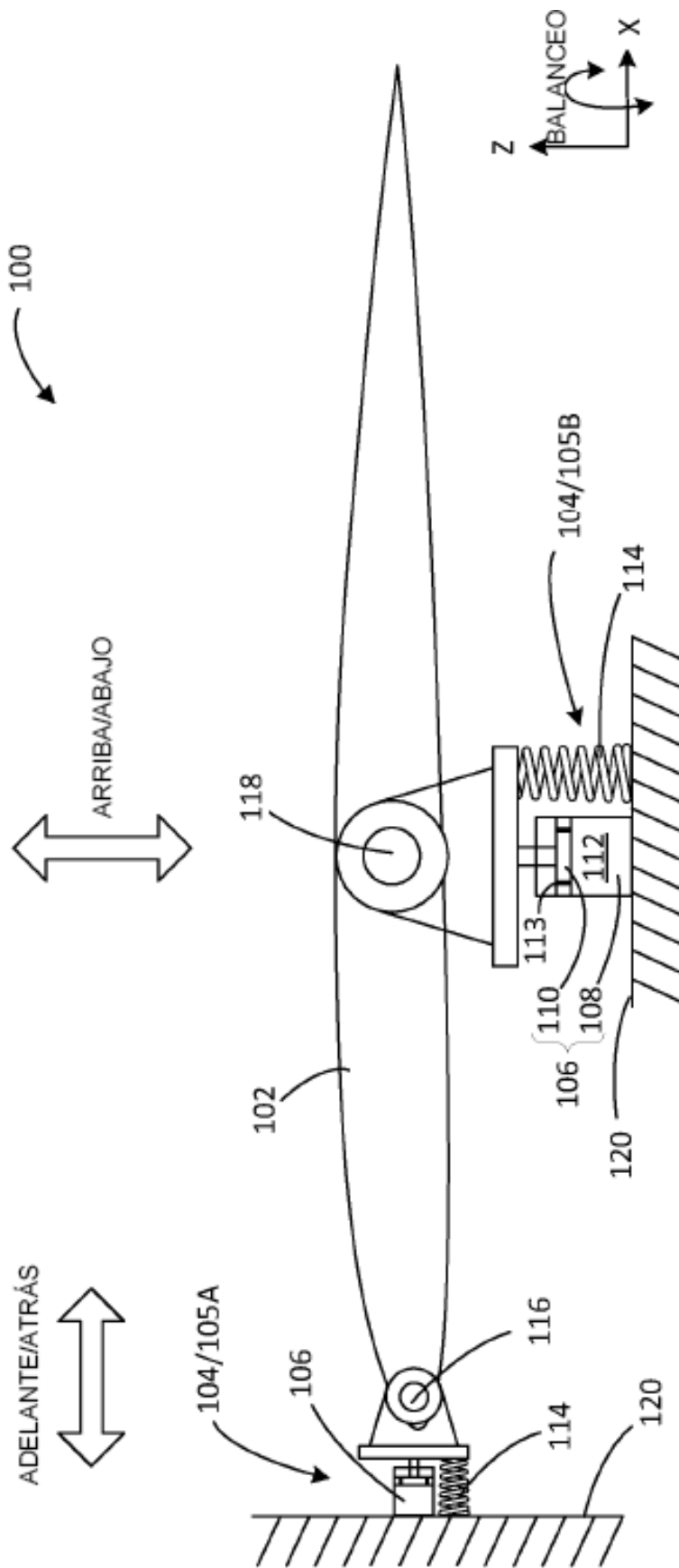


FIG. 1

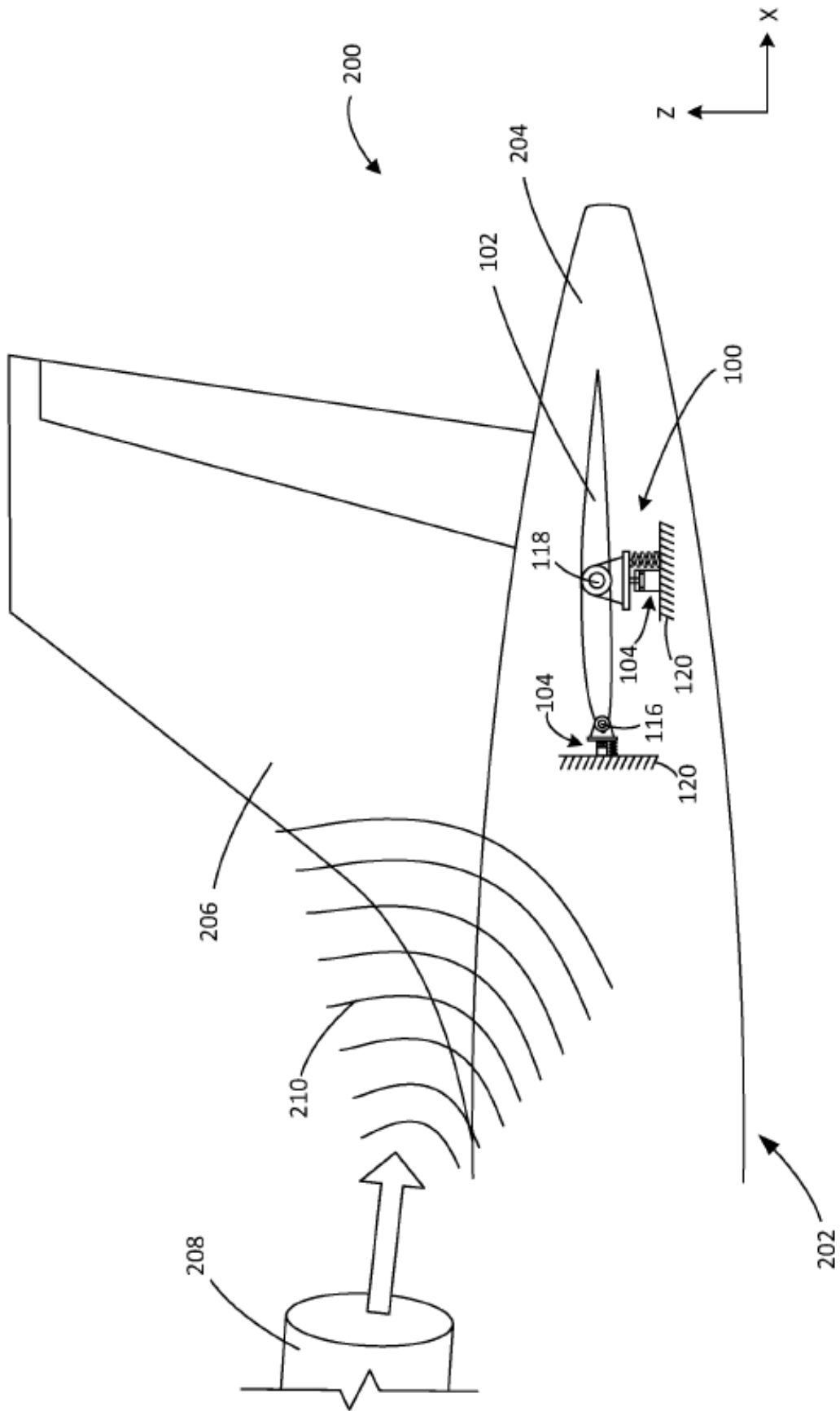


FIG. 2

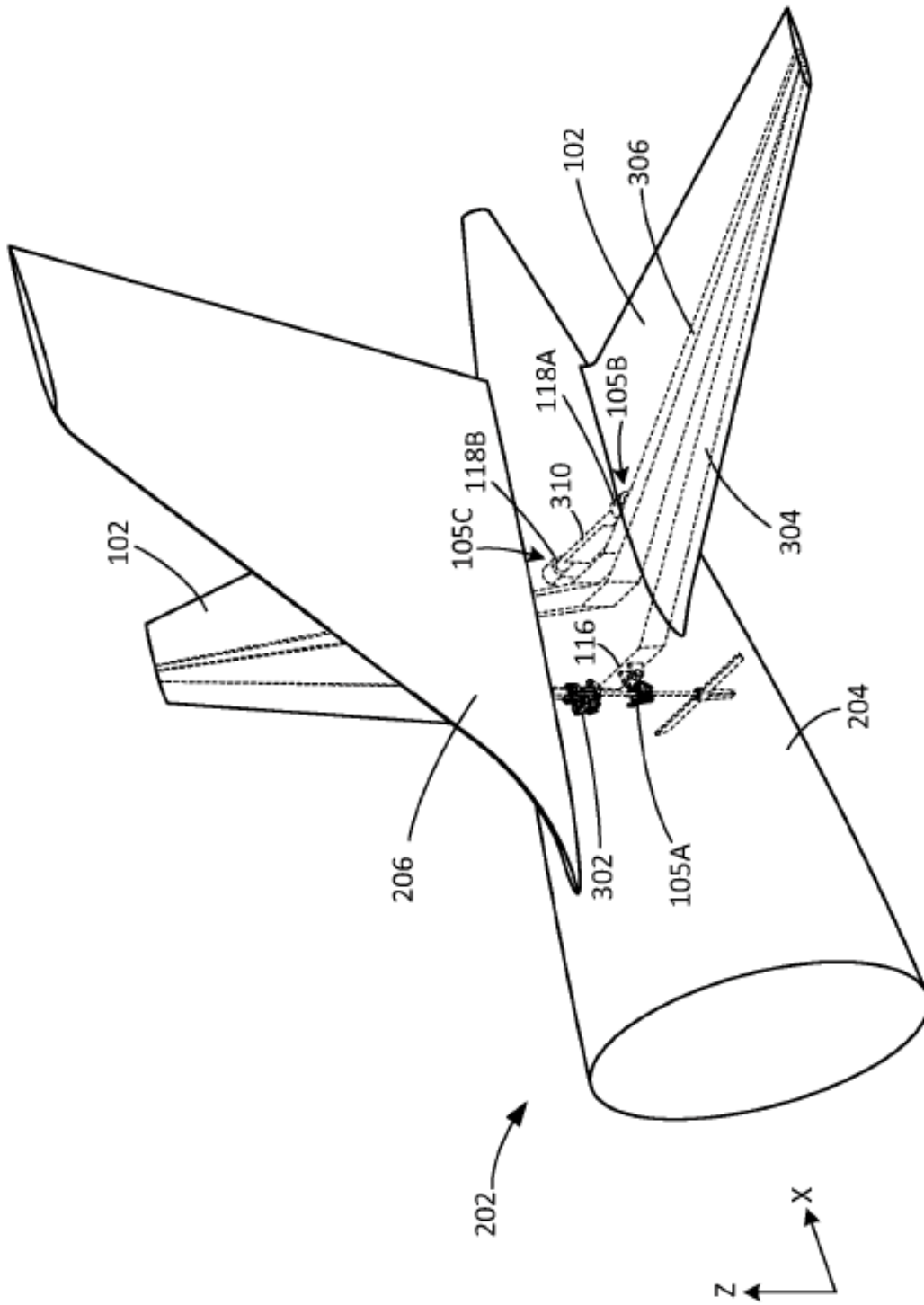


FIG. 3

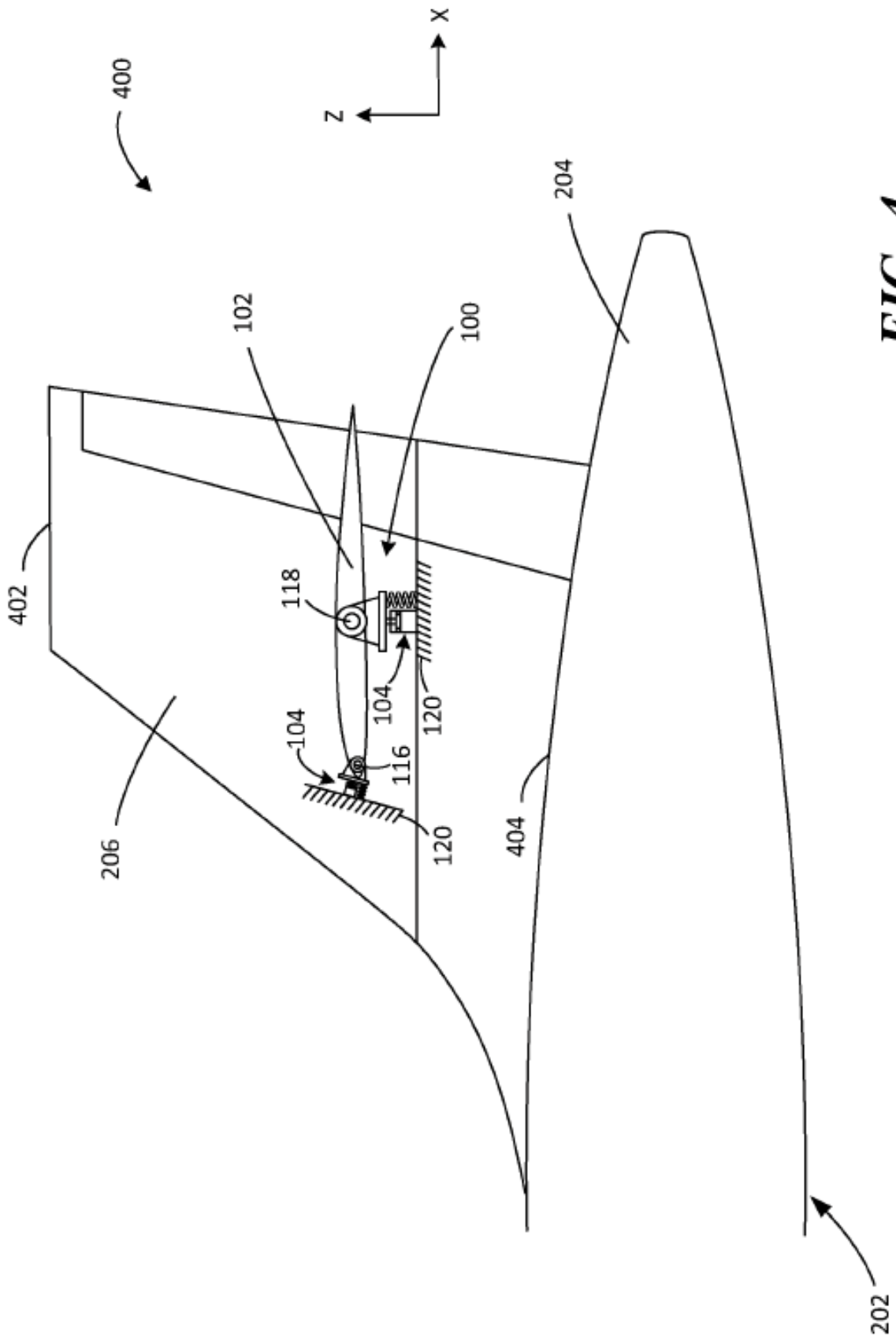


FIG. 4

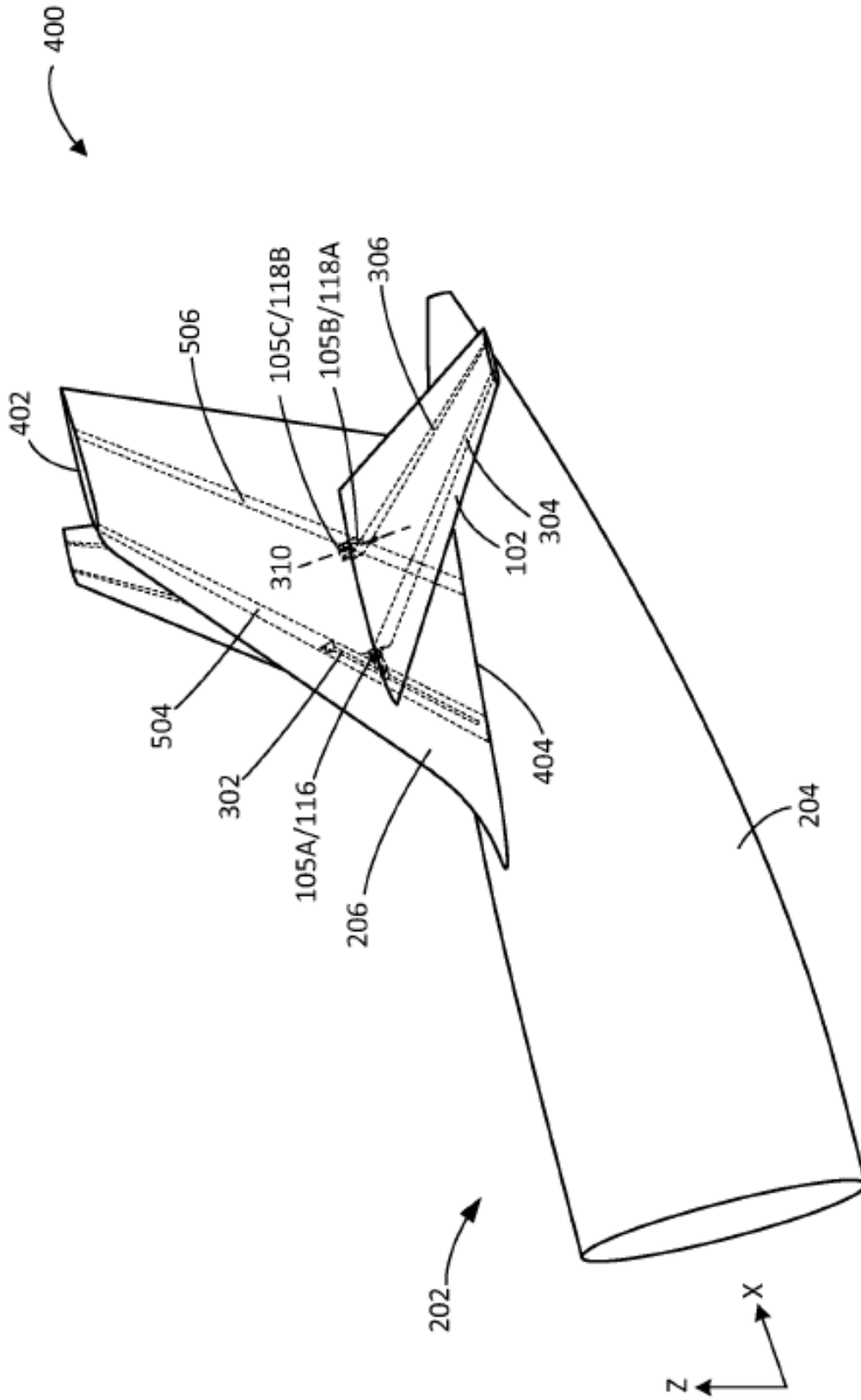
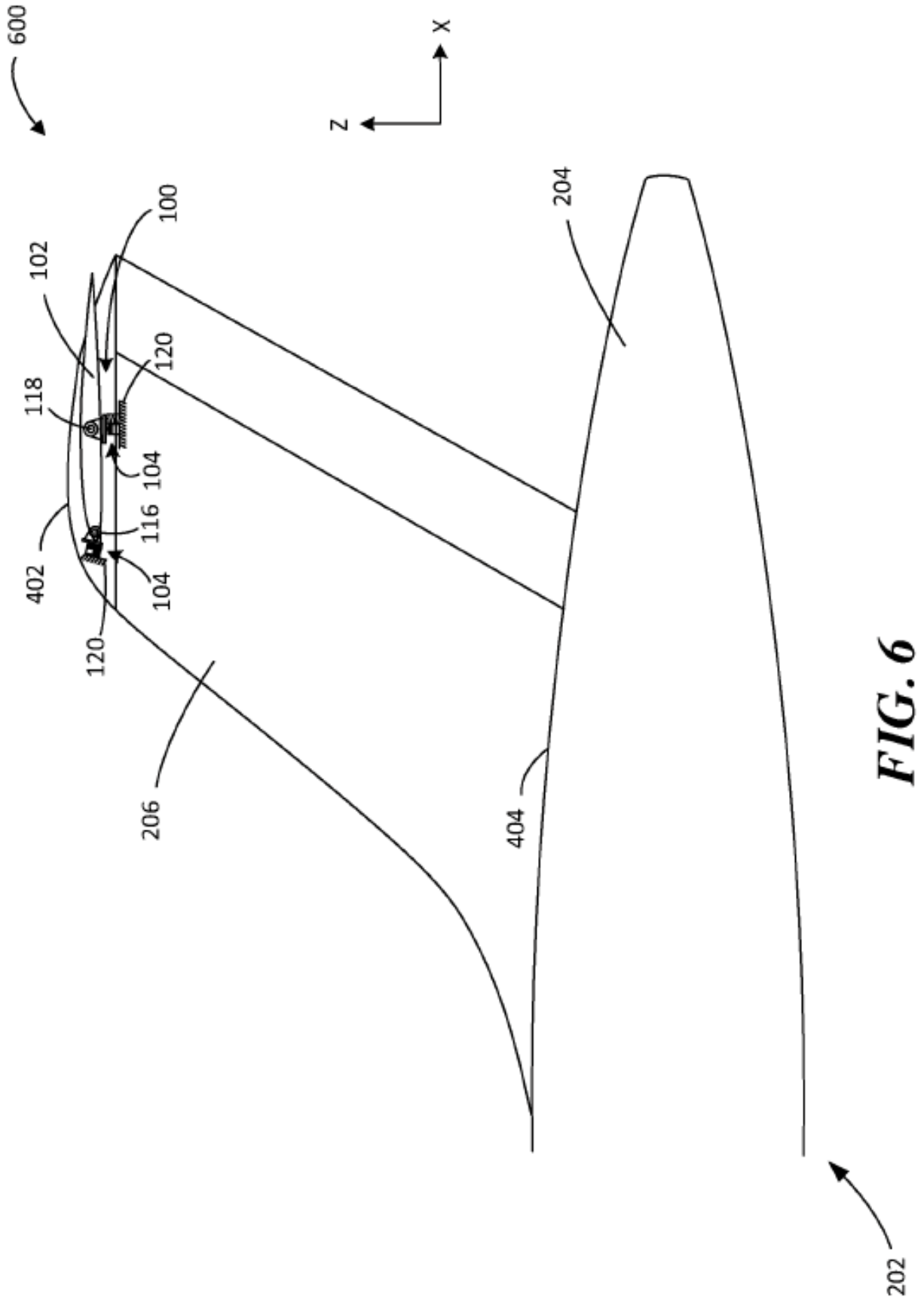


FIG. 5



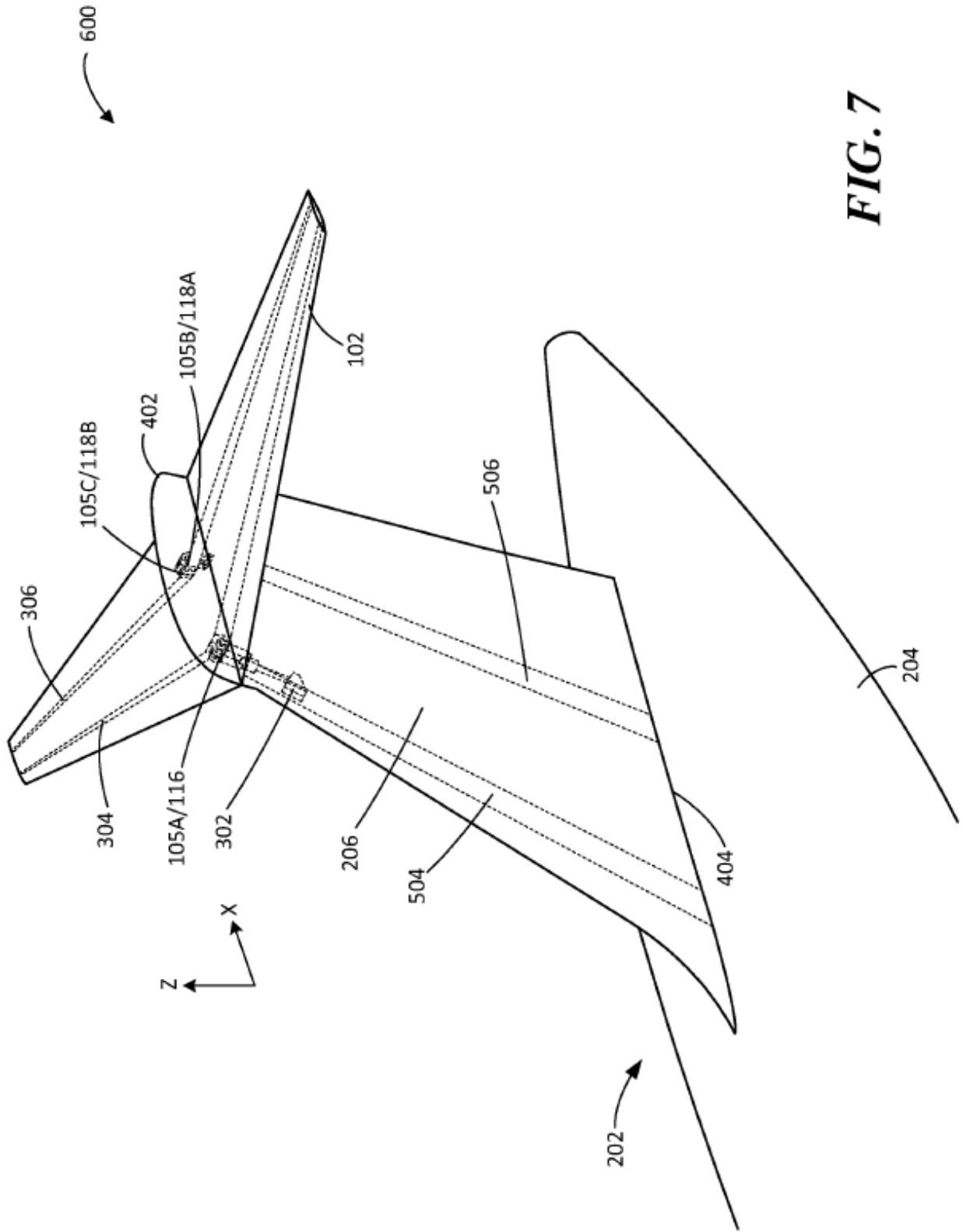


FIG. 7

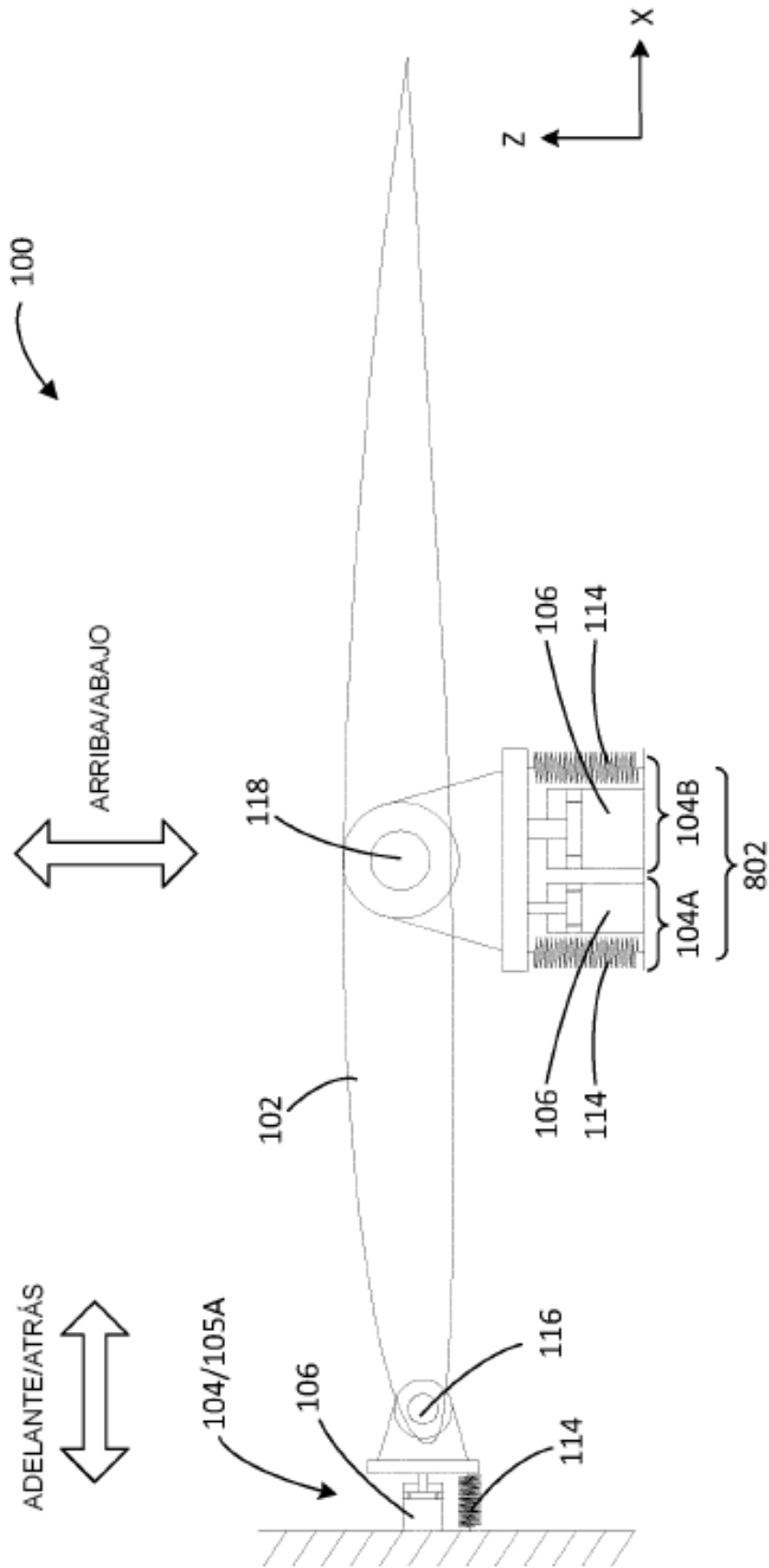


FIG. 8

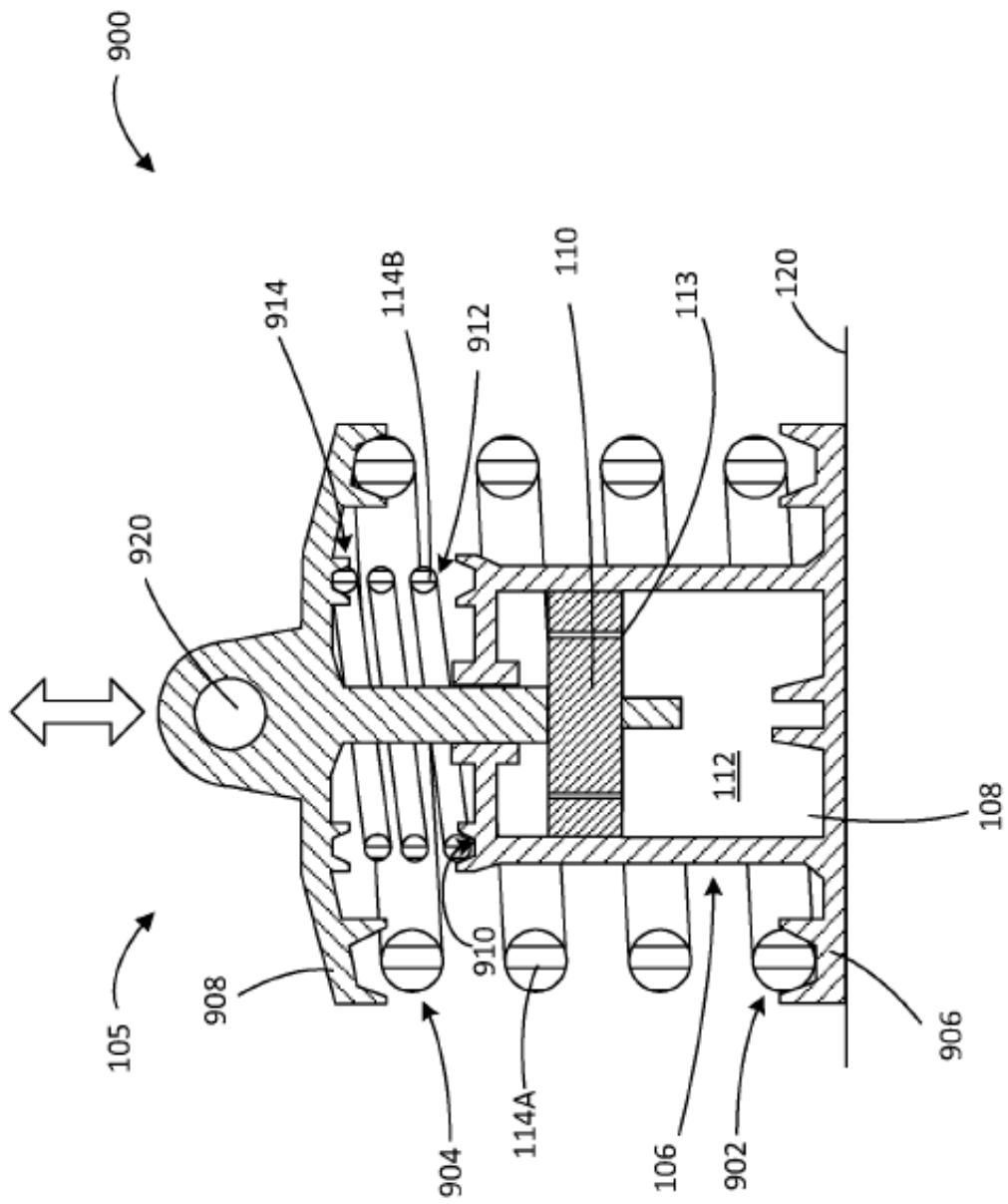


FIG. 9

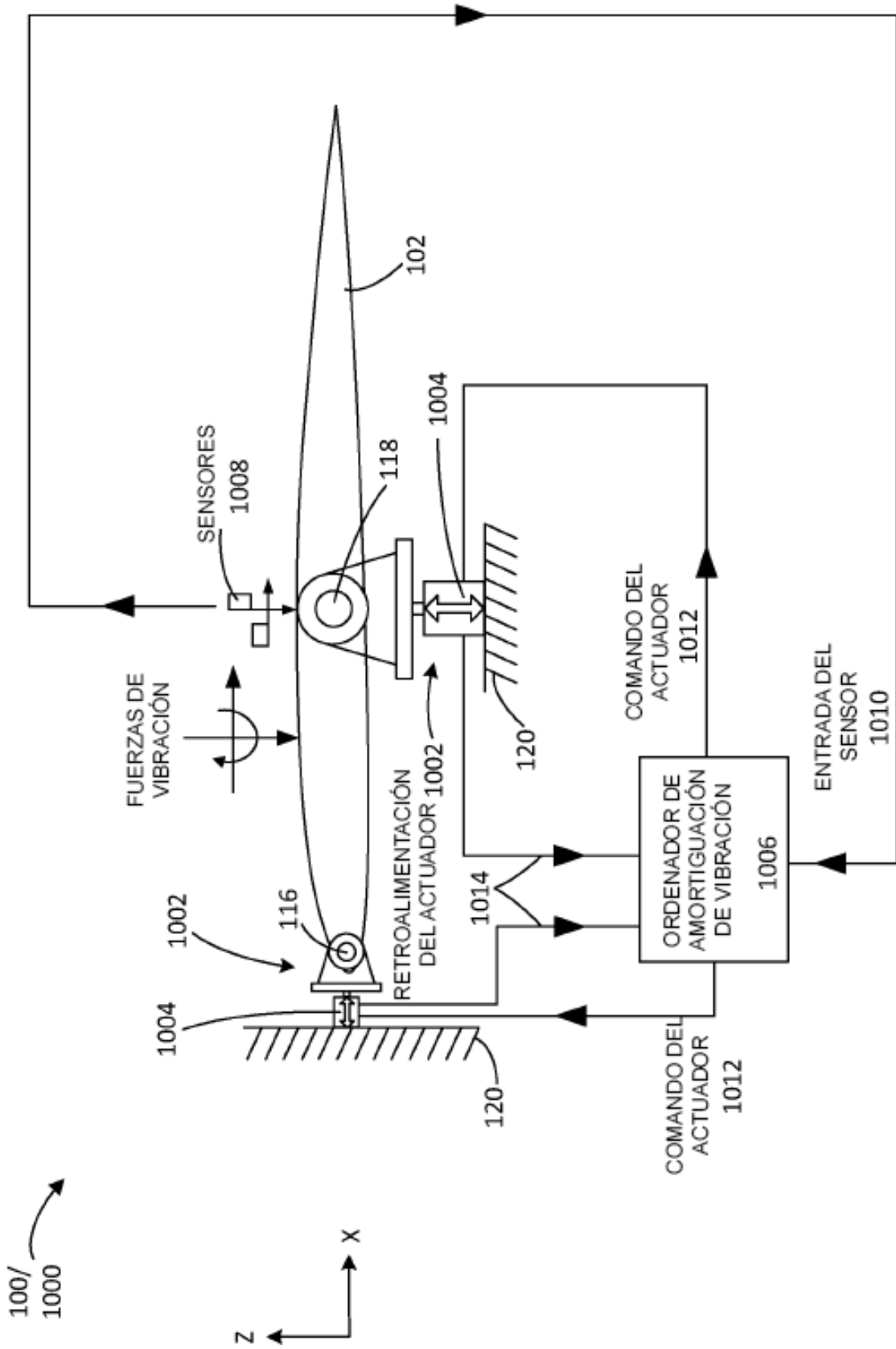
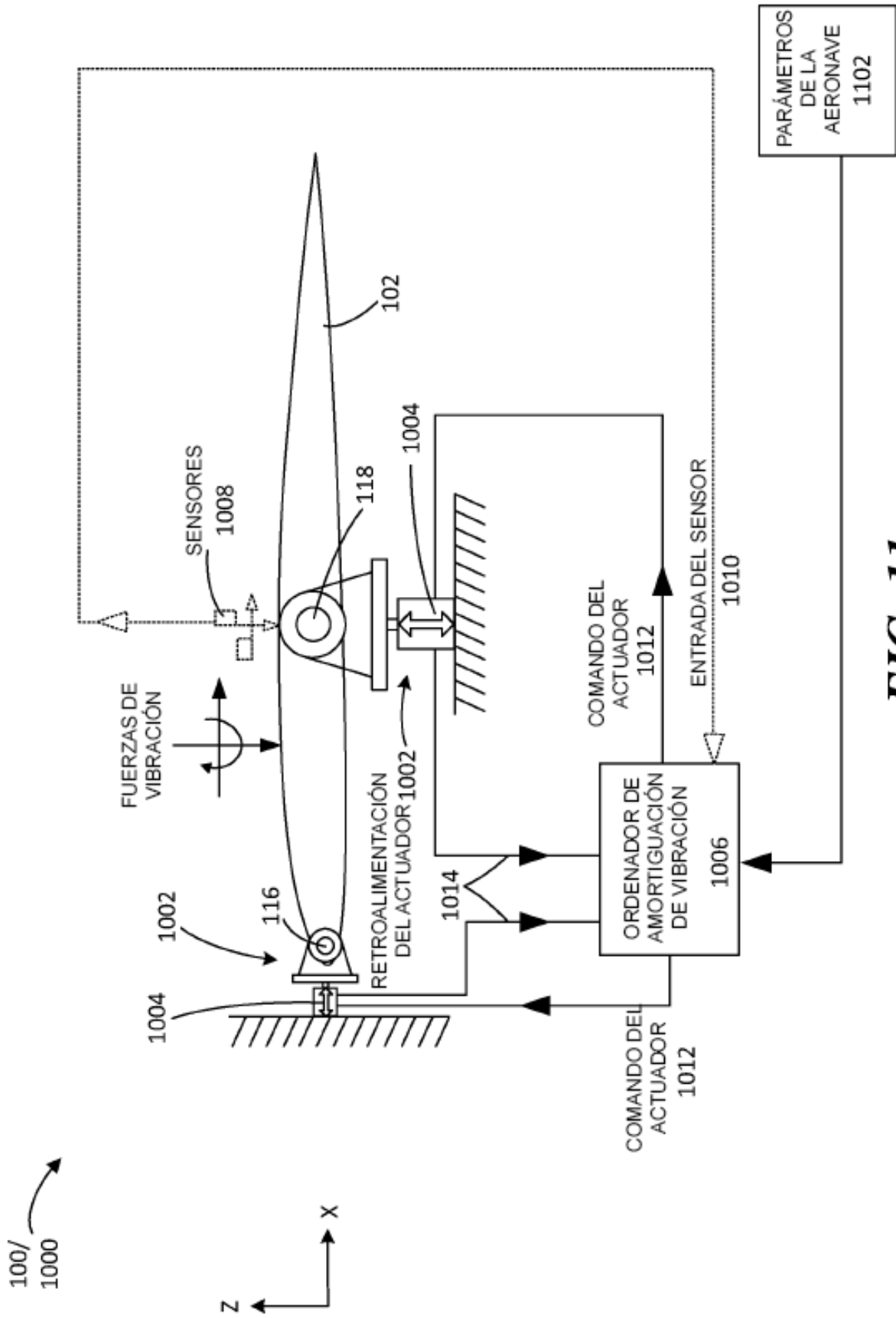


FIG. 10



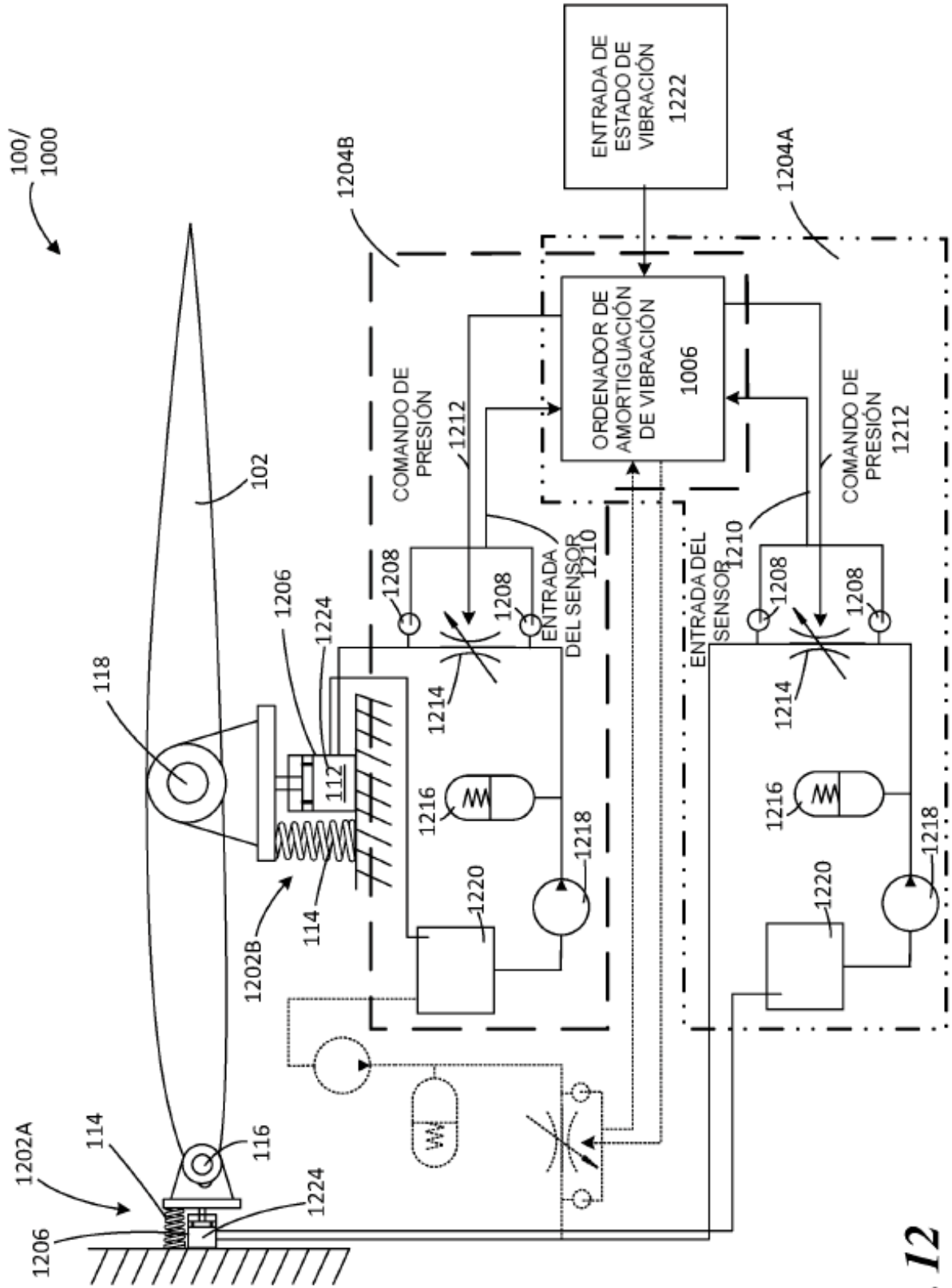


FIG. 12

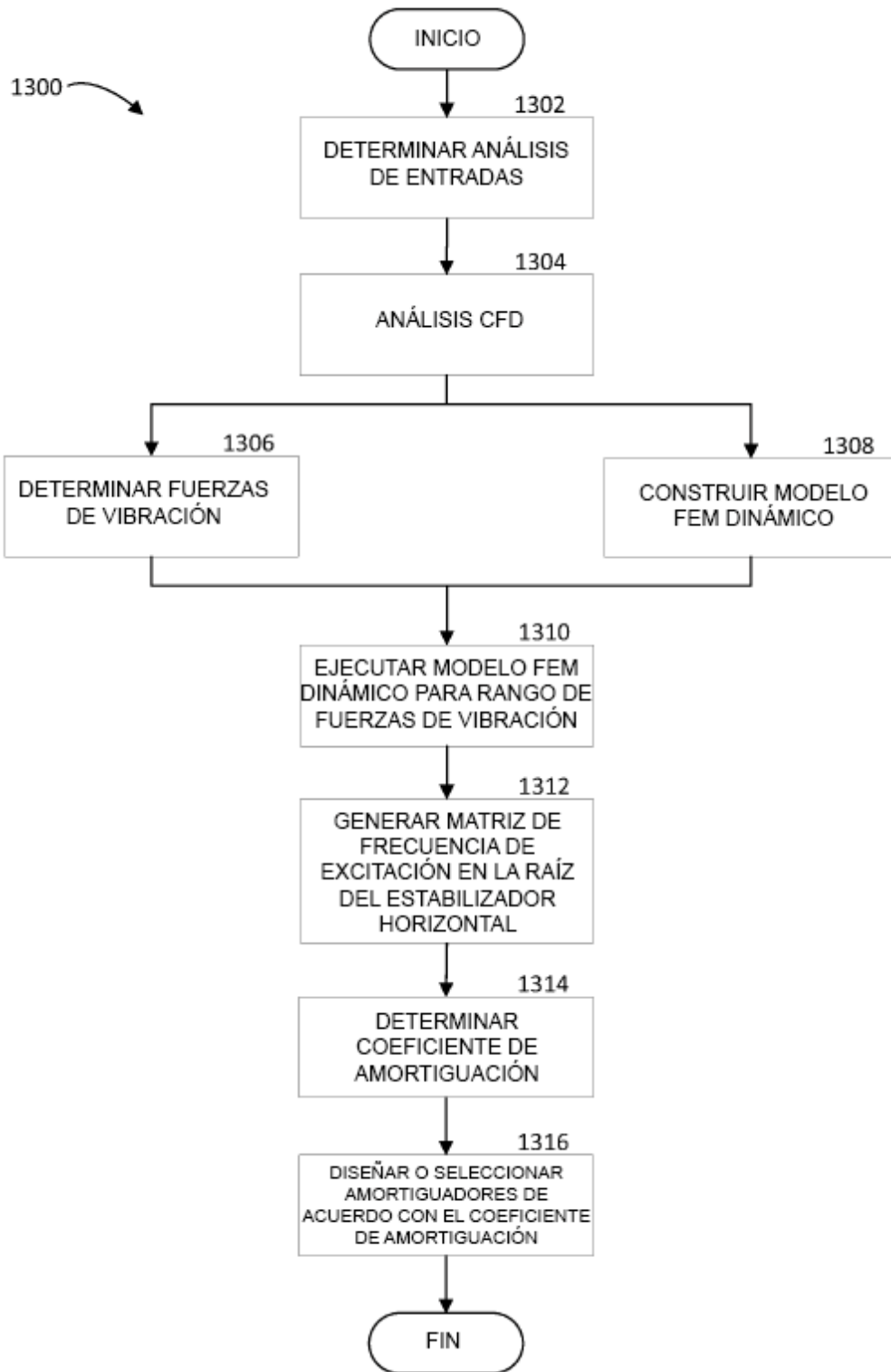


FIG. 13

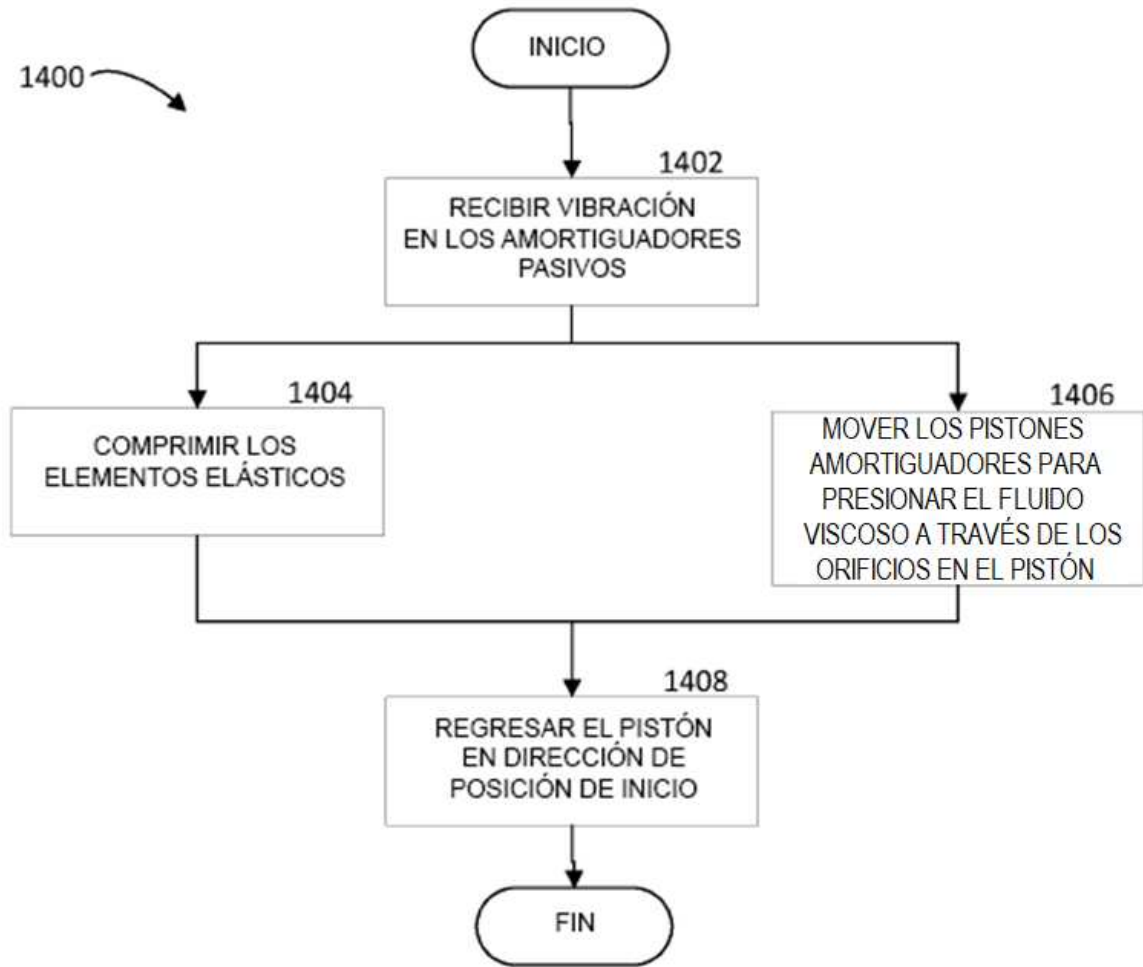


FIG. 14



FIG. 15

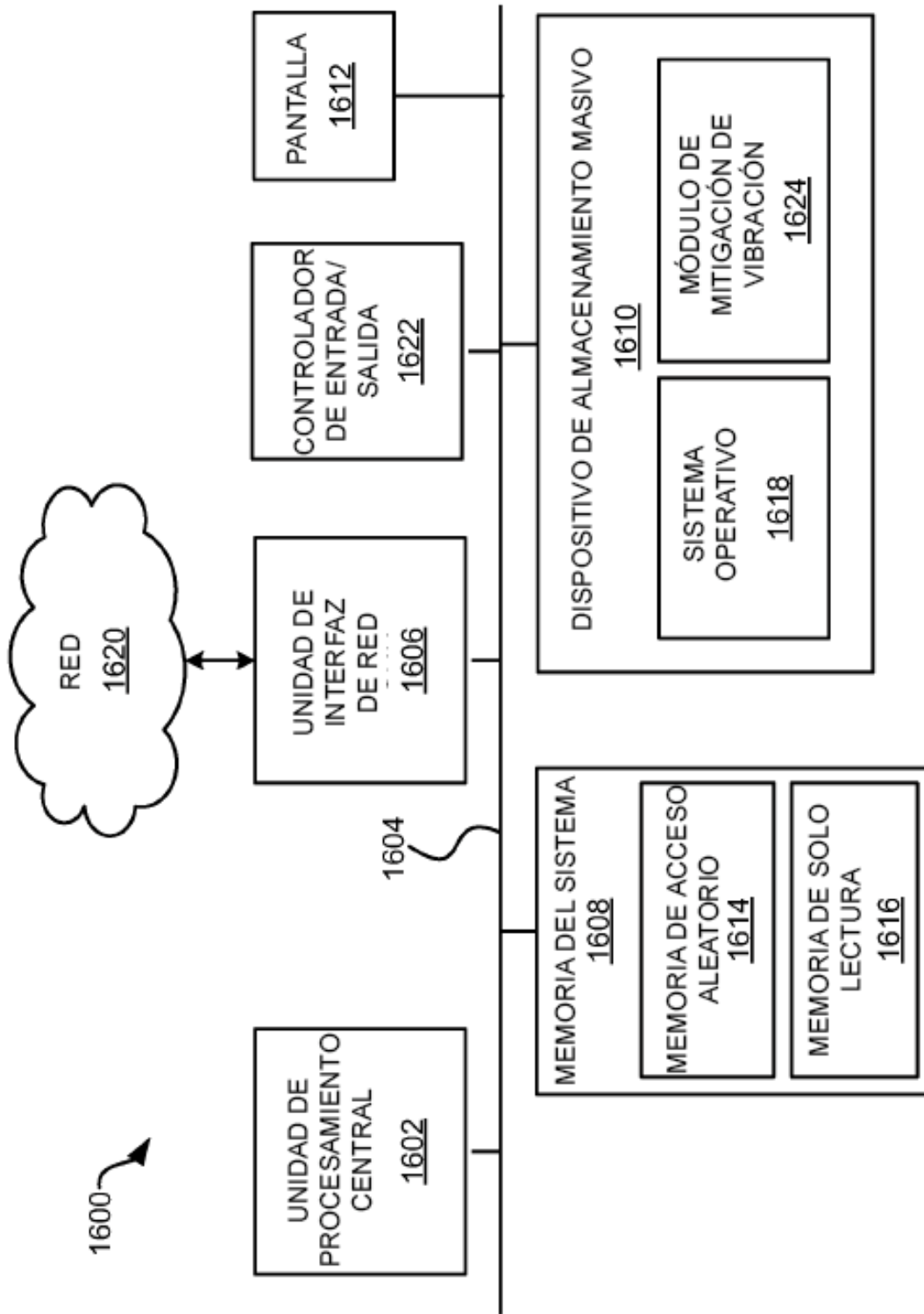


FIG. 16