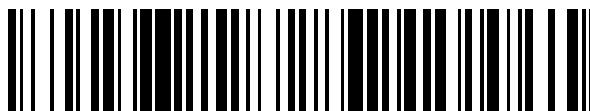


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 093**

51 Int. Cl.:

F16F 15/03

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.09.2018** **E 18194167 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019** **EP 3467339**

54 Título: **Sistemas y amortiguadores magnéticos ajustados para el uso de inductancias en el aislamiento de un amortiguador magnético colgante**

30 Prioridad:

06.10.2017 US 201715727152

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.06.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GRIFFIN, STEVEN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 768 093 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

Sistemas y amortiguadores magnéticos ajustados para el uso de inductancias en el aislamiento de un amortiguador magnético colgante

Campo

- 5 La presente divulgación en general se relaciona con sistemas de aislamiento para aislar dos porciones de un vehículo del movimiento incurrido por una de las porciones, y más particularmente, con un retardador magnético ajustado para amortiguar el movimiento entre componentes.

Antecedentes

- 10 Las vibraciones transmitidas a las cargas útiles en los vehículos pueden producir problemas. Por ejemplo, si el vehículo es un automóvil, las vibraciones producen molestias. Si el vehículo es un vehículo de lanzamiento espacial, las vibraciones pueden poner en peligro la misión. De este modo, los sistemas de aislamiento se usan típicamente para aislar un cuerpo del vehículo de la carga útil para prevenir la transmisión de las vibraciones del cuerpo a la carga útil.

- 15 Los sistemas de aislamiento son bien conocidos en la técnica, que incluyen sistemas pasivos, sistemas semiactivos, y sistemas activos. Los sistemas pasivos utilizan dispositivos aislantes pasivos tales como monturas y absorbentes de choques para aislar un miembro suspendido de las entradas de choque y vibración. Los sistemas pasivos pueden proporcionar un aislamiento adecuado, pero usualmente solo disipan la energía del sistema.

Se han desarrollado sistemas semiactivos que varían los parámetros del sistema de aislamiento con el fin de proporcionar mejor aislamiento. Por ejemplo, un sistema semiactivo puede incorporar amortiguadores controlables para proporcionar una fuerza de amortiguador controlable según sea necesario.

- 20 Los sistemas activos controlan además el movimiento del miembro aislado en el sistema usando potencia externa. Un sistema activo de ejemplo se usa típicamente en automóviles para controlar el movimiento de las ruedas en relación con el chasis o carrocería de vehículo, en vez de usar una suspensión pasiva donde el movimiento está determinado completamente por la superficie de carretera.

- 25 Con los sistemas de aislamiento, la teoría de colgante es una idea que todos los sistemas de aislamiento están diseñados para lograr (ya sea pasivos, semiactivos, o activos), lo cual incluye hacer que el sistema mantenga una postura estable como si estuviera suspendido por un gancho imaginario en el cielo, no afectado por condiciones externas. De este modo, es una meta de los sistemas de aislamiento lograr poca o ninguna amplificación del sistema en resonancia agregando una fuerza para resistir el movimiento del sistema. Esto se puede lograr con sistemas activos implementando un aislador colgante que tenga un enlace de retroalimentación establecido entre el cuerpo del sistema y la fuerza de accionador de tal manera que la fuerza de control activa se pueda hacer proporcional a la velocidad de cuerpo y que no haya amplificación por debajo de ω_n (donde ω_n es una frecuencia natural del sistema donde el sistema tiende a oscilar en la ausencia de una fuerza de amortiguación).

- 30 Para un sistema pasivo, el diseño colgante involucra una compensación entre la amplificación de resonancia y la atenuación de alta frecuencia. Lo que se necesita es una forma de lograr un rendimiento de aislamiento usando aislamiento pasivo que es casi el rendimiento ideal de un colgante sin la necesidad de aislamiento activo y potencia externa.

De acuerdo con la técnica antecedente, se conocen los siguientes documentos.

- 40 El documento JPH01203730, de acuerdo con su resumen, se relaciona con un engranaje de amortiguador compuesto por la combinación de un pistón y un cilindro juntos. El cilindro consiste en un material no magnético, y se llena un fluido magnético en la parte interna, mientras que el pistón tiene un imán permanente. En el cilindro, se establece una bobina generadora de campo magnético de AC después de circunscribirse a él. El engranaje de amortiguador se combina con un elemento de resorte en paralelo y se conecta a un intervalo entre una fuente de excitación y un cuerpo amortiguado. De este modo, se verifica cualquier transferencia de vibración en un punto de resonancia, y la capacidad de aislamiento a la vibración en un área de alta frecuencia es en gran medida mejorable.

- 45 El documento EP 2637151, de acuerdo con su resumen, se relaciona con un aparato, un sistema, y un método para la suspensión de un vehículo. Un generador electromagnético genera una energía eléctrica en respuesta a un movimiento relativo entre una carrocería de vehículo y un ensamblaje de rueda. Un dispositivo de almacenamiento almacena la energía eléctrica generada por el generador electromagnético.

- 50 El documento EP 2637151, de acuerdo con su resumen, se relaciona con un soporte para maquinaria, y para aislar la vibración de la maquinaria que comprende una pluralidad de monturas, comprendiendo cada montura un bloque elastomérico para soportar completamente la carga estática de la maquinaria, y medios de aislamiento activo que comprenden agitadores inerciales dispuestos para mantener esencialmente una rigidez cero de la montura a resonancias estructurales excitadas sobre una banda de frecuencia deseada por encima de dicha frecuencia resonante de montura, y para modificar la transmisión de fuerzas fuera de balance al casco. Un sistema de control

acoplado a los agitadores inerciales incluye un medio para aplicar señales de fuerza de amortiguación, tal como amortiguar las resonancias estructurales, para inhibir el comienzo de vibraciones resonantes.

El documento US 5,570,286 es la técnica anterior más cercana.

Resumen

- 5 En un ejemplo, se describe un retardador magnético ajustado pasivo para amortiguar el movimiento de un primer componente en relación con un segundo componente. El retardador magnético ajustado pasivo comprende una bobina de voz acoplada al primer componente, un imán acoplado al segundo componente y concéntrico con la bobina de voz, y un inductor posicionado en serie con la bobina de voz para permitir la amortiguación dependiente de frecuencia, de tal manera que la amortiguación por debajo de una frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ es más grande que la amortiguación por encima de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$, donde ω_n es una frecuencia natural de movimiento del primer componente en relación con el segundo componente.

- 10 En otro ejemplo, se describe un sistema que incluye un primer componente móvil con respecto a un segundo componente, y un retardador magnético ajustado pasivo posicionado entre el primer componente y el segundo componente. El retardador magnético ajustado pasivo es para amortiguar el movimiento del primer componente en relación con el segundo componente. El retardador magnético ajustado pasivo incluye una bobina de voz acoplada al primer componente, un imán acoplado al segundo componente y concéntrico con la bobina de voz, y un inductor posicionado en serie con la bobina de voz para permitir la amortiguación dependiente de frecuencia, de tal manera que la amortiguación por debajo de una frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ es más grande que la amortiguación por encima de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$, donde ω_n es una frecuencia natural de movimiento del primer componente en relación con el segundo componente.

Los rasgos, funciones, y ventajas que se han discutido se pueden lograr de manera independiente en diversas realizaciones o se pueden combinar en aún otras realizaciones de las cuales se pueden ver detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

Breve descripción de las figuras

- 25 Los rasgos novedosos que se creen característicos de las realizaciones ilustrativas se describen en las reivindicaciones anexas. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas, así como un modo preferido de uso, objetivos adicionales y descripciones de los mismos, se entenderán mejor mediante referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente divulgación cuando se lee en conjunto con las figuras acompañantes.
- 30 La figura 1 es una ilustración de ejemplo de un sistema en el cual se genera y amortigua una fuerza de perturbación, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- La figura 2 es un diagrama de ejemplo que ilustra la transmisibilidad de un aislador pasivo de ejemplo, tal como el sistema que se muestra en la figura 1, para diversos valores de amortiguación ξ , de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 35 La figura 3 ilustra un sistema de ejemplo que usa inductores en el aislamiento de amortiguador colgante magnético, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra la inductancia en el retardador magnético ajustado, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 40 La figura 5 ilustra el sistema de ejemplo con la funcionalidad de ajuste de inductor, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- La figura 6 es un diagrama de ejemplo que ilustra la transmisibilidad del retardador magnético ajustado, para diversos valores de amortiguación ξ , de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- La figura 7 ilustra el sistema de ejemplo con un sistema de aislamiento activo posicionado entre el primer componente y el segundo componente, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 45 La figura 8 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo para amortiguar el movimiento del primer componente en relación con el segundo componente, de acuerdo con una realización de ejemplo.
- La figura 9 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo para usar con el método, de acuerdo con una realización de ejemplo.
- 50 La figura 10 muestra un diagrama de flujo de un método de ejemplo para usar con el método, de acuerdo con una realización de ejemplo.

Descripción detallada

Las realizaciones divulgadas ahora se describirán de aquí en adelante más completamente con referencia a las figuras acompañantes, en las cuales se muestran algunas, pero no todas de las realizaciones divulgadas. De hecho, se pueden describir varias realizaciones diferentes y no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones descritas en este documento. Más bien, estas realizaciones se describen de tal manera que esta divulgación será exhaustiva y completa y transmitirá completamente el alcance de la divulgación a los experimentados en la técnica.

Es una meta de los sistemas de aislamiento activo lograr poca o ninguna amplificación en resonancia. La figura 1 es una ilustración de ejemplo de un sistema 100 en el cual se genera y amortigua una fuerza de perturbación, de acuerdo con una implementación de ejemplo. El sistema 100 incluye una primera masa 102 acoplada a una segunda masa 104 a través de un resorte 106 y un retardador 108. La primera masa 102 produce un desplazamiento x_d de una estructura de soporte (por ejemplo, cuerpo sucio) y la salida de sistema es un desplazamiento x_c de la segunda masa 104 (por ejemplo, cuerpo limpio). El resorte 106 y el retardador 108 operan para amortiguar en alguna medida la perturbación, y una transmisibilidad del sistema 100 (definida en términos de una función entre el desplazamiento del cuerpo sucio o la primera masa 102 y el del cuerpo limpio o segunda masa 104) se puede determinar como x_c/x_d .

La figura 2 es un diagrama de ejemplo que ilustra la transmisibilidad de un aislador pasivo de ejemplo, tal como el sistema 100 que se muestra en la figura 1, para diversos valores de amortiguación ξ , de acuerdo con una implementación de ejemplo. La figura 2 ilustra una curva para un objetivo de un aislamiento activo de ejemplo también en el cual no ocurre amplificación por debajo de 1 Hz, y por encima de 1 Hz, comienza la atenuación.

Como se muestra en la figura 2, todas las curvas para el aislador pasivo de ejemplo son mayores que 1 Hz para $\omega < \sqrt{2}\omega_n$ y se vuelven más pequeñas que 1 Hz para $\omega > \sqrt{2}\omega_n$. De este modo, una frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ separa dominios de amplificación y atenuación del sistema.

Cuando $\xi=0$, una tasa de declinación de alta frecuencia es $1/s^2$, es decir -40 dB/década, mientras que ocurren amplitudes muy grandes cerca de una frecuencia de esquina ω_n (la frecuencia natural del sistema de masa de resorte). La amortiguación luego reduce la amplitud en resonancia, pero también tiende a reducir la efectividad a alta frecuencia a medida que la tasa de declinación de alta frecuencia se vuelve $1/s$ (-20 dB/década).

Un diseño de un aislador pasivo involucra una compensación entre la amplificación de resonancia y la atenuación de alta frecuencia. Un aislador ideal puede tener una amortiguación dependiente de frecuencia, con una amortiguación alta por debajo de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ (donde ω_n es una frecuencia natural de movimiento de componentes)

para reducir el pico de amplificación, y una amortiguación baja por encima de $\sqrt{2}\omega_n$ para mejorar una tasa de declinación. Un objetivo en el diseño de un sistema de aislamiento activo es en general agregar un accionador de fuerza que funcione en paralelo con un resorte y retardador, que operará de una forma tal que no haya amplificación por debajo de ω_n y una tasa de declinación es -40 dB/década a alta frecuencia (por ejemplo, como se muestra por la línea punteada en la figura 2).

Una capacidad de lograr una alta amortiguación en resonancia sin sacrificar la atenuación progresiva $1/s^2$ (en dominio de Laplace o $1/\omega^2$ en dominio de tiempo), como se muestra en la figura 2, se denomina como amortiguación colgante. La amortiguación colgante se refiere a mantener la estabilidad en un sistema como si estuviera suspendido por un gancho imaginario en el cielo, y de este modo si un amortiguador estuviera unido a una referencia inercial que seguía la carga útil alrededor (un colgante), se puede lograr una amortiguación alta en resonancia sin sacrificar atenuación progresiva $1/s^2$. Las técnicas de aislamiento activo a menudo están diseñadas para lograr la amortiguación colgante con la complejidad agregada de un sistema de control de retroalimentación y una necesidad de potencia externa. Dentro de ejemplos descritos en este documento, los sistemas y métodos para lograr el rendimiento de aislamiento que es casi ideal se describen sin la necesidad de un aislamiento activo. La nueva metodología puede hacerse completamente pasiva, y no requiere potencia externa, por ejemplo.

En algunos ejemplos en este documento, los métodos para lograr el rendimiento de aislamiento de vibraciones casi tan bueno como el del aislamiento activo se muestran con uso de una bobina de voz/retardador magnético y un inductor externo. Un aislador pasivo de ejemplo es de este modo capaz de lograr la amortiguación colgante a altas frecuencias sin una necesidad de ninguna fuente de alimentación externa.

La figura 3 ilustra un sistema 110 de ejemplo que usa inductores en el aislamiento de amortiguador colgante magnético, de acuerdo con una implementación de ejemplo. El sistema 110 incluye un primer componente 112 móvil con respecto a un segundo componente 114, y un retardador 116 magnético ajustado pasivo posicionado entre el primer componente 112 y el segundo componente 114. El retardador 116 magnético ajustado pasivo amortigua el movimiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114. Por ejemplo, el primer componente 112 puede ser una base y el segundo componente 114 puede ser una carga útil posicionada en la base. Como un resultado, el movimiento/vibraciones del primer componente 112 se trasladan al segundo componente 114, y el retardador 116 magnético ajustado pasivo opera para atenuar esas vibraciones que pueden trasladarse al segundo componente 114,

por ejemplo. En el resto de la descripción, con la definición "retardador magnético ajustado" siempre se pretende "retardador magnético ajustado pasivo".

En un ejemplo específico, el primer componente 112 incluye un bastidor de un vehículo y el segundo componente 114 incluye un cuerpo unido al bastidor que de otra manera experimentaría las mismas vibraciones como las experimentadas por el primer componente 112 si no fuera por el retardador 116 magnético ajustado posicionado entre el primer componente 112 y el segundo componente 114 que atenúa las vibraciones experimentadas por el primer componente 112 en relación con el segundo componente 114.

El retardador 116 magnético ajustado incluye una bobina 118 de voz acoplada al primer componente 112, un imán 120 acoplado al segundo componente 114 y concéntrico con la bobina 118 de voz, y un inductor 122 posicionado en serie con la bobina 118 de voz para permitir la amortiguación dependiente de frecuencia, de tal manera que la amortiguación por debajo de una frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ es más grande que la amortiguación por encima de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$, y ω_n es una frecuencia natural de movimiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114.

La bobina 118 de voz puede estar físicamente conectada a o fijada al primer componente 112, y el imán 120 puede estar físicamente conectado a o fijado al segundo componente 114. En otros ejemplos, el sistema 110 puede estar invertido en el cual el segundo componente 114 es la base y el primer componente 112 es la carga útil, de tal manera que la bobina 118 de voz está físicamente conectada o fijada al primer componente 112 (carga útil) y el imán 120 está físicamente conectado o fijado al segundo componente 114 (base).

El sistema 110 también incluye un resorte 124 que se extiende entre el primer componente 112 y el segundo componente 114 para controlar el posicionamiento relativo del primer componente 112 al segundo componente 114. El resorte 124 actúa para atenuar además las vibraciones experimentadas por el primer componente 112 en relación con el segundo componente 114.

El retardador 116 magnético ajustado puede incluir además un bastidor 126, y la bobina 118 de voz puede estar soportada en el bastidor 126, el imán 120 es móvil en relación con el bastidor 126 a través de la bobina 118 de voz, y el inductor 122 se puede posicionar en el bastidor 126.

El imán 120 del retardador 116 magnético ajustado proporciona una masa en movimiento para el retardador 116 magnético ajustado que se corresponde concéntricamente dentro de la bobina 118 de voz. La bobina 118 de voz no está alimentada activamente para mover el imán 120 hacia arriba o hacia abajo desde una posición neutral, y de este modo, el retardador 116 magnético ajustado no usa una fuente de alimentación externa. Más bien se usa aislamiento pasivo de tal manera que la energía experimentada por el primer componente 112 se disipa por el retardador 116 magnético ajustado. Por ejemplo, una velocidad del imán 120 (debido al movimiento del segundo componente 114 al cual está fijado el imán) en una cercanía de la bobina 118 de voz produce una fuerza electromotriz posterior en la

bobina 118 de voz. Si se cortocircuita la bobina 118 de voz, un coeficiente de amortiguación efectivo es $\frac{bl^2}{r}$, donde bl es el coeficiente de fuerza de bobina de voz que relaciona la fuerza con la corriente aplicada y r es una resistencia de la bobina 118 de voz y el cable que cortocircuita la bobina 118 de voz.

Como se muestra en la figura 3, cuando se usa la bobina 118 de voz y la combinación de imán 120 en paralelo con el resorte 124, la bobina 118 de voz y la combinación de imán 120 se pueden usar como un retardador que absorbe energía y limita una respuesta en resonancia.

En la figura 2, un sistema de aislamiento pasivo diseñado con un retardador de bobina de voz se comportaría ya sea similar a la línea marcada ξ_1 o ξ_2 con una amplitud en resonancia determinada por el coeficiente de amortiguación, que depende de una resistencia del coeficiente de fuerza de bobina de voz. Mientras que la curva más amortiguada que

corresponde a ξ_2 tiene una amplitud más baja en resonancia, el comportamiento anterior $\sqrt{2}\omega_n$ se degrada con una atenuación progresiva que se acerca a $1/s$. Dado que una meta de un sistema de aislamiento es una atenuación progresiva de $1/s^2$, un amortiguador de alto coeficiente de fuerza de bobina de voz puede no ser capaz de lograr esta meta.

Por ejemplo, en sistemas de bobina de voz/imán existentes, el imán se mueve en relación con la bobina de voz para inducir corriente en la bobina de voz y la corriente se disipa por la resistencia de la bobina de voz que parece amortiguarse en un sistema mecánico externo. Tales sistemas funcionan a bajas frecuencias, pero la operación comienza a degradarse entre 200Hz-500Hz y la atenuación se interrumpe a aproximadamente 500 Hz.

Dentro de los ejemplos descritos en este documento, en vez de cortocircuitar la bobina 118 de voz, el retardador 116 magnético ajustado usa el inductor 122 en serie con la bobina 118 de voz, que actúa para disminuir su rendimiento como un retardador a altas frecuencias. Se selecciona un valor del inductor 122 de una manera determinista para controlar donde el retardador 116 magnético ajustado detiene la atenuación para lograr la amortiguación colgante.

El retardador 116 magnético ajustado tiene una cantidad de inductancia pasiva en la bobina 118 de voz, y una frecuencia de transición donde la amortiguación disminuye significativamente está en los 100 Hz, que es mucho más alta que una frecuencia de aislamiento deseada de la mayoría de los sistemas. La adición de inductancia externa (por ejemplo, el inductor 122) en serie con la bobina 118 de voz y ajustar un valor del inductor 122 permiten lograr una frecuencia de transición mucho más baja. La adición del inductor 122 que es ajustable de este modo puede lograr la amortiguación dependiente de frecuencia, con amortiguación alta por debajo de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ y amortiguación baja por encima de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$. De este modo, en operación, el inductor 122 reduce una amplitud de desplazamiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114 en resonancia.

La figura 3 ilustra un inductor en serie con la bobina 118 de voz, sin embargo, se puede usar más de un inductor. El inductor 122 también puede ser un inductor ajustable o variable, como se describe a continuación.

Además, el sistema 110 en la figura 3 ilustra un retardador 116 magnético ajustado para un aislador de un grado de libertad, aunque pueden incluirse amortiguadores adicionales. Por ejemplo, el sistema 110 puede incluir una pluralidad de retardadores magnéticos ajustados dispuestos en un hexápodo para un aislador de seis grados de libertad.

La figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra la inductancia en el retardador 116 magnético ajustado, de acuerdo con una implementación de ejemplo. La bobina 118 de voz tiene una inductancia 128 inherente, la cual se muestra en serie con la inductancia agregada externamente debido al inductor 122. La bobina 118 de voz y el imán 120 operan para proporcionar una fuerza electromotriz (EMF) posterior para amortiguar el movimiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114, y el inductor 122 es de este modo una inductancia adicional agregada en serie con la bobina 118 de voz para modificar la EMF posterior proporcionada a ciertas frecuencias.

La figura 5 ilustra el sistema 110 de ejemplo con funcionalidad de ajuste de inductor, de acuerdo con una implementación de ejemplo. En la figura 5, un dispositivo 130 informático incluye uno o más procesadores 132 que están acoplados al primer componente 112, el segundo componente 114, el inductor 122 y cables que conectan el inductor 122 a la bobina 118 de voz.

La inductancia del inductor 122 se basa en una frecuencia de cierre del retardador 116 magnético ajustado, de tal manera que, por encima de la frecuencia de cierre, el retardador 116 magnético ajustado no proporciona prácticamente ninguna amortiguación de movimiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114. La bobina 118 de voz tiene la inductancia inherente b_l , y un valor del inductor 122 se puede ajustar para lograr una frecuencia de cierre deseada donde se interrumpe la atenuación. El dispositivo 130 informático recibe retroalimentación de movimiento o desplazamiento del primer componente 112 y el segundo componente 114, y ajusta un valor del inductor 122 en consecuencia.

Los procesadores 132 pueden ser un procesador de propósito general o un procesador de propósito especial (por ejemplo, procesadores de señal digital, circuitos integrados de aplicación específica, etc.). Los procesadores 132 pueden configurarse para ejecutar instrucciones de programa (por ejemplo, instrucciones de programa legibles por ordenador) que se almacenan en el almacenamiento 134 de datos y son ejecutables para proporcionar la funcionalidad de determinar un valor del inductor 122 descrito en este documento. El almacenamiento 134 de datos puede incluir o tomar la forma de uno o más medios de almacenamiento legibles por ordenador que pueden ser leídos o accedidos por los procesadores 132. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador pueden incluir componentes de almacenamiento volátiles y/o no volátiles, tales como almacenamiento óptico, magnético, orgánico, u otro de memoria o disco, que puede integrarse en su conjunto o en parte con los procesadores 132. El almacenamiento 134 de datos se considera un medio legible por ordenador no transitorio.

Para determinar un valor del inductor 122, se puede analizar una transmisibilidad del retardador 116 magnético ajustado, que se da por y/x según se determina por las ecuaciones de movimiento como sigue:

$$m\ddot{y} + k(y - x) = f$$

$$f = bli$$

$$bl(\dot{y} - \dot{x}) + ir + i(l + l_{ext}) = 0$$

donde m es una masa del primer componente 112, y es un desplazamiento del primer componente 112, x es un desplazamiento del segundo componente 114, i es corriente a través del inductor 122, f es una fuerza ejercida por la bobina 118 de voz, r es una resistencia de la bobina 118 de voz y el inductor 122, l es una inductancia interna de la bobina 118 de voz, l_{ext} es una inductancia del inductor 122, b_l es un coeficiente de la fuerza de bobina de voz, y k es una constante de resorte. Resolver estas tres ecuaciones para la transmisibilidad y/x según se desee da como resultado un valor determinado del inductor 122 (por ejemplo, l_{ext}).

La figura 6 es un diagrama de ejemplo que ilustra la transmisibilidad del retardador 116 magnético ajustado, para diversos valores de amortiguación ξ , de acuerdo con una implementación de ejemplo.

En un ejemplo, se puede producir un aislador ligeramente amortiguado con ξ muy pequeño (que coincide con la curva $\xi = 0$ en la figura 2) y exhibe una atenuación progresiva $1/s^2$, como se muestra por la curva 136. En otro ejemplo, se puede producir un retardador en cortocircuito con amortiguación relativamente alta y una atenuación progresiva que se acerca a $1/s$, como se muestra por la curva 138.

- 5 Sin embargo, al ajustar el inductor 122, se puede lograr un retardador con inductancia externa (por ejemplo, valor del inductor 122 (I_{ext})) de aproximadamente sesenta (60) veces la inductancia inherente/interna de la bobina 118 de voz, como se muestra por la curva 140. La curva 140 tiene un aumento muy pequeño en amplitud en resonancia en comparación con la curva 138 (por ejemplo, aumento de aproximadamente 20 %), pero experimenta una disminución de 66 % en la transmisibilidad a diez (10) veces la frecuencia de aislador en comparación con la curva 138. La atenuación progresiva de línea de la curva 140 también coincide estrechamente con la atenuación progresiva $1/s^2$ deseada de la curva 136 con un rendimiento que aumenta en comparación con la curva 138 a medida que aumenta la frecuencia.

- 15 De este modo, el retardador 116 magnético ajustado con inductancia externa (por ejemplo, la curva 140) logra las características de rendimiento deseadas del aislador ligeramente amortiguado (representado por la curva 136) en atenuación progresiva, mientras que también logra las características de rendimiento deseadas del retardador en cortocircuito (representado por la curva 138) en resonancia. En algunos ejemplos, al ajustar el inductor 122, se logra una amortiguación alta por debajo de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ (donde ω_n es una frecuencia natural de movimiento de componentes) para reducir el pico de amplificación como se ve por un aislador tradicional (representado por la curva 136), y se logra una amortiguación baja por encima de $\sqrt{2}\omega_n$ para mejorar una tasa de declinación como se ve por el retardador en cortocircuito (representado por la curva 138).

- 20 Los valores de inductancia del inductor 122 se pueden ajustar hasta que se vea el rendimiento por el retardador 116 magnético ajustado que coincide o se parece estrechamente al que se ve por la curva 140. En un ejemplo, la inductancia del inductor 122 se puede seleccionar para que sea aproximadamente sesenta (60) veces la inductancia inherente de la bobina 118 de voz.

- 25 El uso de una inductancia externa en el retardador 116 magnético ajustado mejora el rendimiento del aislador, y permite que un aislador ajustable logre una amplitud más baja en resonancia y/o un rendimiento de aislador mejorado.

- La figura 7 ilustra el sistema 110 de ejemplo con un sistema 142 de aislamiento activo posicionado entre el primer componente 112 y el segundo componente 114, de acuerdo con una implementación de ejemplo. El sistema 142 de aislamiento activo puede operar en paralelo con el retardador 116 magnético ajustado. En la figura 7, el retardador 116 magnético ajustado puede ser entonces un sistema de amortiguación de respaldo, por ejemplo.

- 30 La figura 8 muestra un diagrama de flujo de un método 200 no reivindicado de ejemplo para amortiguar el movimiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114, de acuerdo con una realización de ejemplo. El método 200 que se muestra en la figura 8 presenta una realización de un método que, por ejemplo, podría usarse con el sistema 110 como se muestra y describe en este documento, por ejemplo. Debe entenderse que para este y otros procesos y métodos divulgados en este documento, los diagramas de flujo muestran la funcionalidad y operación de una posible implementación de realizaciones presentes. En algunos casos, los componentes de los dispositivos y/o sistemas pueden configurarse para realizar las funciones de tal manera que los componentes estén realmente configurados y estructurados (con hardware y/o software) para permitir tal rendimiento. En otros ejemplos, los componentes de los dispositivos y/o sistemas pueden estar dispuestos para adaptarse a, ser capaces de, o adecuados para realizar las funciones, tal como cuando se operan de una manera específica. El método 200 puede incluir una o más operaciones, funciones, o acciones como se ilustra por uno o más de los bloques 202-206. Aunque los bloques se ilustran en un orden secuencial, estos bloques también se pueden realizar en paralelo, y/o en un orden diferente al que se describe en este documento. También, los diversos bloques pueden combinarse en menos bloques, dividirse en bloques adicionales, y/o eliminarse con base en la implementación deseada.

- 45 Debe entenderse que para este y otros procesos y métodos divulgados en este documento, los diagramas de flujo muestran la funcionalidad y operación de una posible implementación de ejemplos presentes. A este respecto, cualquiera de los bloques puede representar un módulo, un segmento, o una porción de código de programa, que incluye una o más instrucciones ejecutables por un procesador para implementar funciones o etapas lógicas específicas en el proceso. El código de programa puede almacenarse en cualquier tipo de medio legible por ordenador o almacenamiento de datos, por ejemplo, tal como un dispositivo de almacenamiento que incluya un disco o disco duro. Adicionalmente, el código del programa puede codificarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador en un formato legible por máquina, o en otros medios o artículos no transitorios de fabricación. El medio legible por ordenador puede incluir memoria o medios legibles por ordenador no transitorios, por ejemplo, tales como medios legibles por ordenador que almacenan datos por períodos cortos de tiempo similares a memoria de registro, caché de procesador y memoria de acceso aleatorio (RAM). El medio legible por ordenador también puede incluir medios no transitorios, tales como almacenamiento secundario o persistente a largo plazo, similar a memoria de solo lectura (ROM), discos ópticos o magnéticos, memoria de solo lectura de disco compacto (CD-ROM), por ejemplo. Los medios legibles por ordenador también pueden ser cualquier otro sistema de almacenamiento volátil o no volátil. El medio legible por ordenador puede considerarse un medio tangible de almacenamiento legible por ordenador, por ejemplo.

Además, los bloques en la figura 8, y dentro de otros procesos y métodos divulgados en este documento, pueden representar circuitería que está cableada para realizar las funciones lógicas específicas en el proceso. Se incluyen implementaciones alternativas dentro del alcance de los ejemplos de la presente divulgación en la que las funciones pueden ejecutarse fuera de orden de lo que se muestra o discute, incluyendo sustancialmente concurrente o en orden inverso, dependiendo de la funcionalidad involucrada, como se entendería por aquellos razonablemente experimentados en la técnica.

En el bloque 202, el método 200 incluye acoplar la bobina 118 de voz al primer componente 112. En el bloque 204, el método 200 incluye acoplar el imán 120 al segundo componente 114 y concéntrico con la bobina 118 de voz. En el bloque 206, el método incluye posicionar el inductor 122 en serie con la bobina 118 de voz para permitir la amortiguación dependiente de frecuencia, de tal manera que la amortiguación por debajo de una frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ es más grande que la amortiguación por encima de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$, donde ω_n es una frecuencia natural de movimiento del primer componente en relación con el segundo componente.

La figura 9 muestra un diagrama de flujo de un método no reivindicado de ejemplo para usar con el método 200, de acuerdo con una realización de ejemplo. En el bloque 208, las funciones incluyen operar la bobina 118 de voz y el imán 120 para proporcionar una fuerza electromotriz (EMF) posterior para amortiguar el movimiento del primer componente 112 en relación con el segundo componente 114, y el inductor 122 es una inductancia adicional agregada en serie con la bobina 118 de voz para modificar la EMF posterior provista a ciertas frecuencias.

La figura 10 muestra un diagrama de flujo de un método no reivindicado de ejemplo para usar con el método 200, de acuerdo con una realización de ejemplo. En el bloque 210, las funciones incluyen determinar un valor de inductancia del inductor 122 con base en una transmisibilidad del retardador 116 magnético ajustado dado por y/x determinado por ecuaciones de movimiento como sigue:

$$m\ddot{y} + k(y - x) = f$$

$$f = bli$$

$$bl(\dot{y} - \dot{x}) + ir + l(l + l_{ext}) = 0$$

donde m es una masa del primer componente 112, y es un desplazamiento del primer componente 112, x es un desplazamiento del segundo componente 114, i es corriente a través del inductor 122, f es una fuerza ejercida por la bobina 118 de voz, r es una resistencia de la bobina 118 de voz y el inductor 122, l es una inductancia interna de la bobina 118 de voz, l_{ext} es una inductancia del inductor 122, bl es un coeficiente de la fuerza de bobina de voz, y k es una constante de resorte.

Por el término "sustancialmente" y "aproximadamente" usado en este documento, se entiende que la característica, parámetro, o valor citado no necesita ser alcanzado exactamente, sino que las desviaciones o variaciones, que incluyen, por ejemplo, tolerancias, error de medición, limitaciones de precisión de medición y otros factores conocidos por los experimentados en la técnica, pueden ocurrir en cantidades que no impiden el efecto que la característica estaba prevista a proporcionar.

Los diferentes ejemplos de los sistemas, dispositivos, y métodos divulgados en este documento incluyen una variedad de componentes, rasgos, y funcionalidades. Debe entenderse que los diversos ejemplos de los sistemas, dispositivos, y métodos divulgados en este documento pueden incluir cualquiera de los componentes, rasgos, y funcionalidades de cualquiera de los otros ejemplos de los sistemas, dispositivos, y métodos divulgados en este documento en cualquier combinación, y todas de tales posibilidades están previstas a estar dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

La descripción de las diferentes disposiciones ventajosas se ha presentado para propósitos de ilustración y descripción, y no está prevista para ser exhaustiva o limitada a los ejemplos en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los experimentados normales en la técnica. Adicionalmente, diferentes ejemplos ventajosos pueden describir diferentes ventajas en comparación con otros ejemplos ventajosos. El ejemplo o ejemplos seleccionados se eligen y describen con el fin de explicar mejor los principios de los ejemplos, la aplicación práctica, y para permitir que otros experimentados normales en la técnica entiendan la divulgación de diversos ejemplos con diversas modificaciones que sean adecuadas para el uso particular contemplado.

REIVINDICACIONES

1. Un retardador (108) magnético ajustado pasivo para amortiguar el movimiento de un primer componente (112) en relación con un segundo componente (114), comprendiendo el retardador magnético ajustado pasivo:
una bobina (118) de voz acoplada al primer componente;
5 un imán (120) acoplado al segundo componente y concéntrico con la bobina de voz; y
un inductor (122) posicionado en serie con la bobina de voz, caracterizado porque el inductor permite la amortiguación dependiente de frecuencia,
de tal manera que la amortiguación por debajo de una frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$ es mayor que la amortiguación por encima de la frecuencia crítica $\sqrt{2}\omega_n$, donde ω_n es una frecuencia natural de movimiento del primer componente en
10 relación con el segundo componente.
2. El retardador (108) magnético ajustado pasivo de la reivindicación 1, en donde la bobina (118) de voz tiene una inductancia inherente y en donde la bobina de voz y el imán (120) operan para proporcionar una fuerza electromotriz (EMF) posterior para amortiguar el movimiento del primer componente (112) en relación con el segundo componente (114), y
15 en donde el inductor (122) es una inductancia adicional agregada en serie con la bobina de voz para modificar la EMF posterior proporcionada a ciertas frecuencias.
3. El retardador (108) magnético ajustado pasivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde una inductancia del inductor (122) se basa en una frecuencia de cierre del retardador magnético ajustado pasivo, en donde por encima de la frecuencia de cierre, el retardador magnético ajustado pasivo no proporciona prácticamente ninguna
20 amortiguación de movimiento del primer componente (112) en relación con el segundo componente (114).
4. El retardador (108) magnético ajustado pasivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde un resorte (106) se extiende entre el primer componente (112) y el segundo componente (114) para controlar el posicionamiento relativo del primer componente al segundo componente.
5. El retardador (108) magnético ajustado pasivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la bobina (118)
25 de voz tiene una inductancia inherente y en donde el inductor (122) tiene una inductancia de aproximadamente 60 veces la inductancia inherente de la bobina de voz.
6. El retardador (108) magnético ajustado pasivo de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además un bastidor (126), en donde:
la bobina (118) de voz está soportada en el bastidor;
30 el imán (120) es móvil en relación con el bastidor a través de la bobina de voz; y
el inductor (122) está posicionado en el bastidor.
7. Un sistema (110), que comprende:
un primer componente (112) móvil con respecto a un segundo componente (114); y
un retardador (108) magnético ajustado pasivo de acuerdo con la reivindicación 1, estando dicho retardador magnético
35 ajustado pasivo posicionado entre el primer componente y el segundo componente, el retardador magnético ajustado pasivo para amortiguar el movimiento del primer componente en relación con el segundo componente.
8. El sistema (110) de la reivindicación 7, que comprende además una pluralidad de retardadores (108) magnéticos ajustados pasivos dispuestos en un hexápodo.
9. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-8, en donde el retardador (108) magnético ajustado pasivo
40 no usa fuente de alimentación externa.
10. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en donde la bobina (118) de voz tiene una inductancia inherente y en donde la bobina de voz y el imán (120) operan para proporcionar una fuerza electromotriz (EMF) posterior para amortiguar el movimiento del primer componente (112) en relación con el segundo componente (114), y
45 en donde el inductor (122) es una inductancia adicional agregada en serie con la bobina de voz para modificar la EMF posterior proporcionada a ciertas frecuencias.

11. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en donde una inductancia del inductor (122) se basa en una frecuencia de cierre del retardador (108) magnético ajustado pasivo, en donde por encima de la frecuencia de cierre, el retardador magnético ajustado pasivo no proporciona prácticamente ninguna amortiguación de movimiento del primer componente (112) en relación con el segundo componente (114).
- 5 12. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-11, en donde un resorte (106) se extiende entre el primer componente (112) y el segundo componente (114) para controlar el posicionamiento relativo del primer componente al segundo componente.
- 10 13. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-12, en donde la bobina (118) de voz tiene una inductancia inherente y en donde el inductor (122) tiene una inductancia de aproximadamente 60 veces la inductancia inherente de la bobina de voz.
14. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-13, en donde el retardador (108) magnético ajustado pasivo incluye además un bastidor (126), y en donde:
- la bobina (118) de voz está soportada en el bastidor;
- el imán (120) es móvil en relación con el bastidor a través de la bobina de voz; y
- 15 el inductor (122) está posicionado en el bastidor.
15. El sistema (110) de cualquiera de las reivindicaciones 7-14, que comprende además:
- un sistema de aislamiento activo posicionado entre el primer componente (112) y el segundo componente (114), el sistema de aislamiento activo operado en paralelo con el retardador (108) magnético ajustado pasivo.

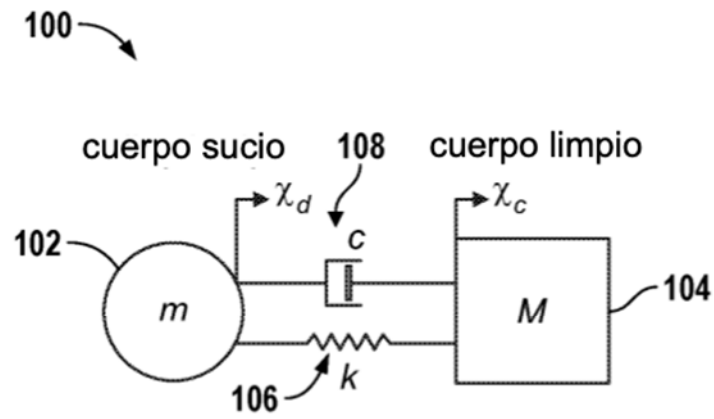


FIG. 1

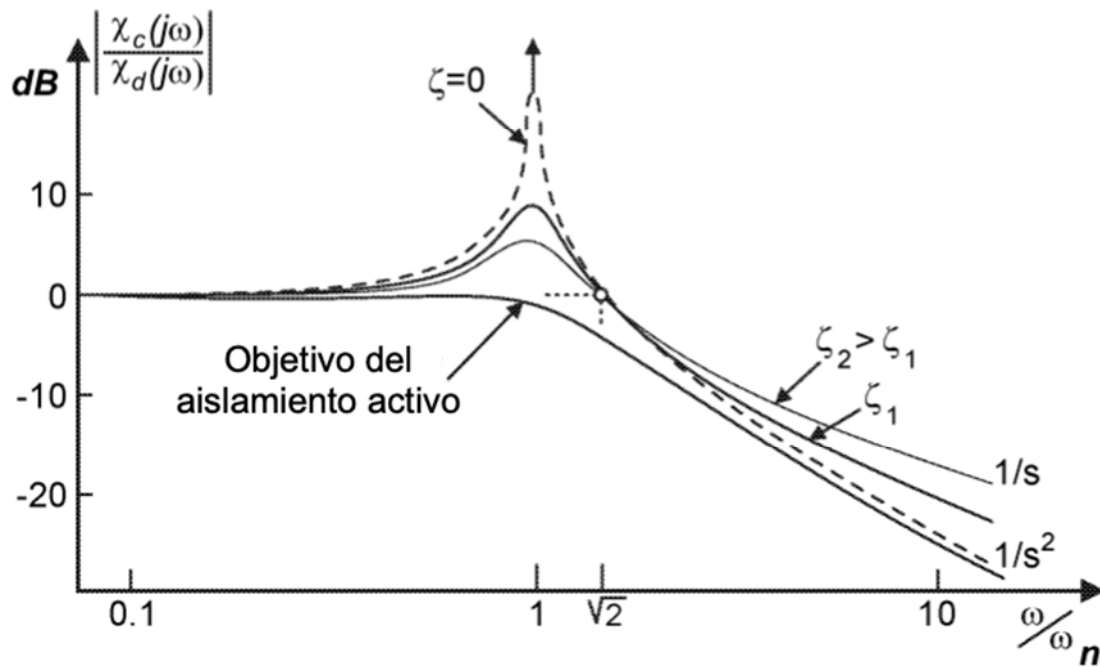


FIG. 2

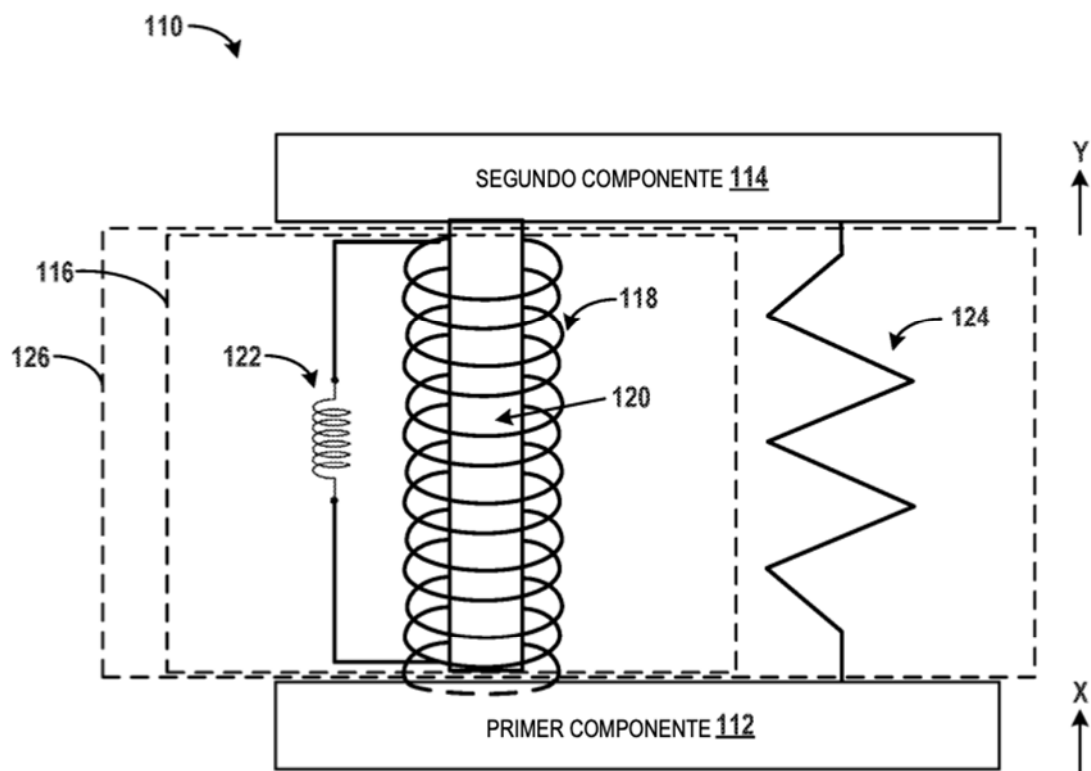


FIG. 3

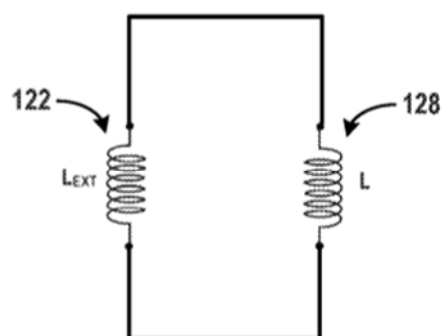


FIG. 4

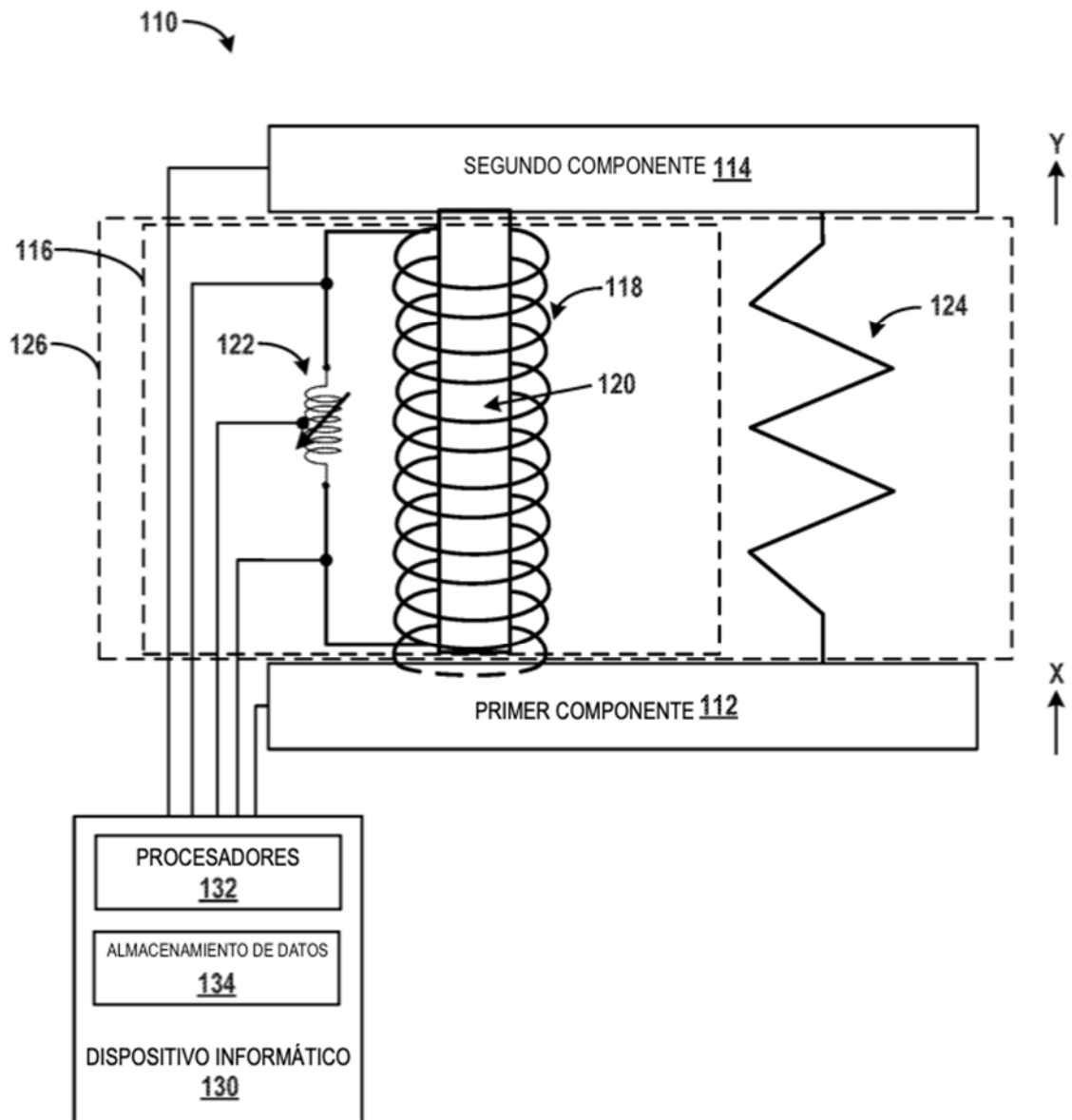


FIG. 5

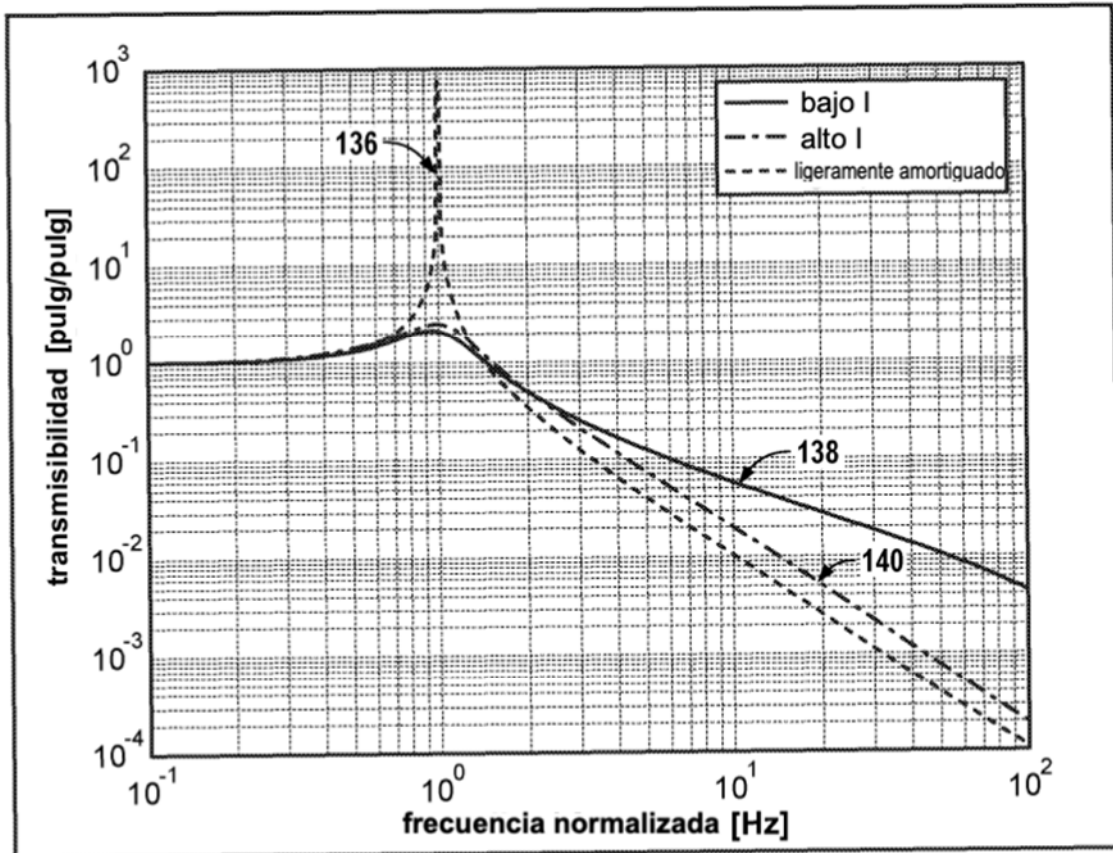


FIG. 6

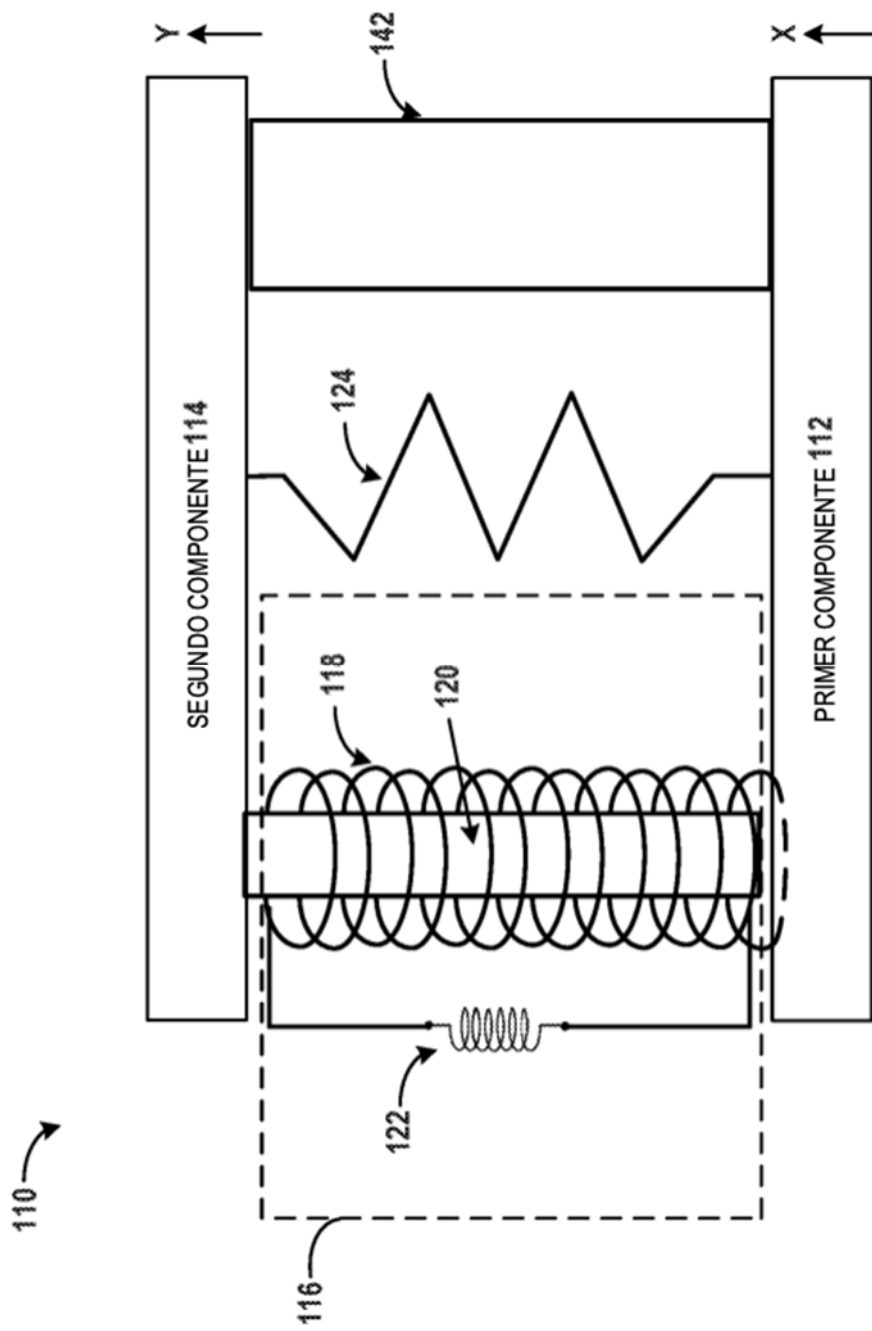


FIG. 7

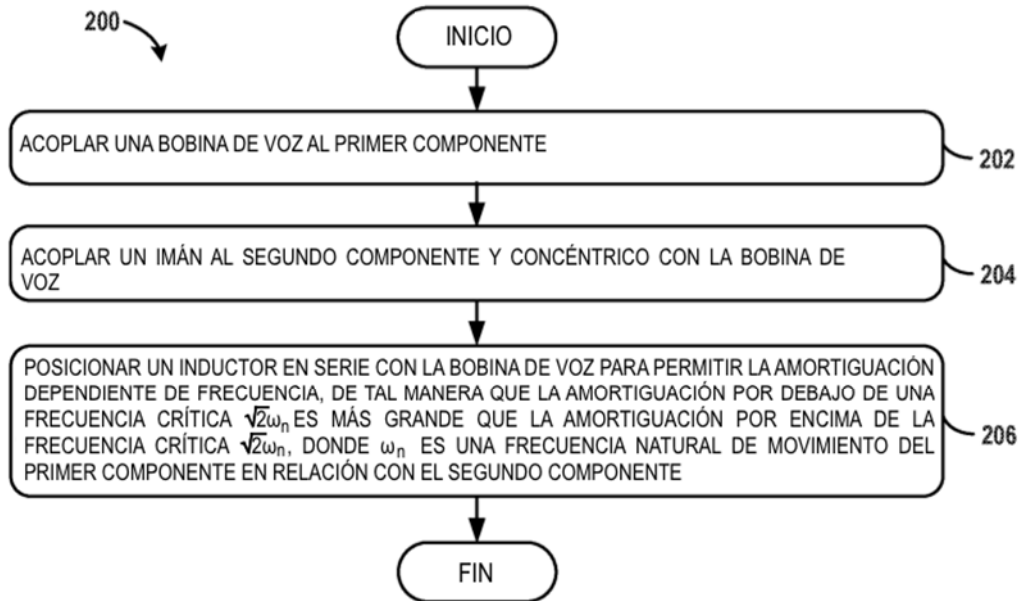


FIG. 8



FIG. 9

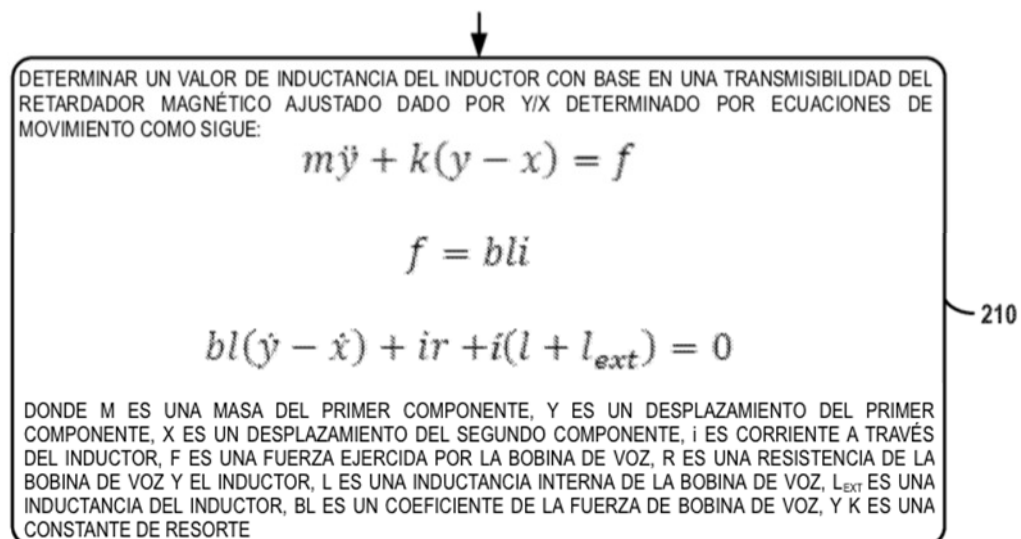


FIG. 10