



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 359 157**

51 Int. Cl.:
F16F 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06757821 .1**

96 Fecha de presentación : **05.07.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **2041449**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2009**

54 Título: **Muelle, conjunto de muelle y un amortiguador, así como un vehículo.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.05.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.05.2011

73 Titular/es: **AB SKF
Hornsgatan 1
415 50 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:
**Paulides, Johannes, Jacobus, Hubertus;
Vandenput, André, Jean, Adolf;
Van Leeuwen, Bernie, G. y
Lomonova, Elena, Andreevna**

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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

Muelle, conjunto de muelle y un amortiguador, así como un vehículo

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la invención

5 La invención se refiere a un muelle, más particularmente a un muelle que tiene una carrera a lo largo de un eje longitudinal y en el que se utilizan imanes permanentes.

La invención se refiere también a un conjunto de un muelle y un amortiguador y a un vehículo que tiene una rueda y una suspensión de rueda en la que está integrado un muelle según la invención.

2. Descripción de la técnica anterior

10 El documento US-5,584,367 describe una unidad magnética utilizada como amortiguador de choques o nivelador de carga para un vehículo y que tiene una pluralidad de grupos de imanes permanentes dispuestos en relación de lado con lado.

15 El documento EP-A-0 391 066 describe un sistema de muelles integrados que comprende un muelle convencional, un muelle magnético y un amortiguador. El muelle magnético tiene una parte interior y una parte exterior provistas cada una de ellas de imanes permanentes, siendo opuestas las direcciones de los campos de las partes interior y exterior de modo que se proporcione una rigidez elástica negativa que, en combinación con el muelle convencional, proporciona un sistema de muelles con una característica elástica no lineal. La rigidez elástica es pequeña alrededor de la posición neutra o alineada y es grande cuando el muelle está más comprimido.

20 En ambos documentos US 5,584,367 y EP 0 391 066 la fuerza de repulsión de dos imanes permanentes contiguos, que están orientados en sentidos contrarios, se utiliza para evocar un efecto de muelle.

25 El documento FR-A-2 586 462 describe un muelle que tiene una primera parte y una segunda parte móviles una con relación a otra a lo largo de un eje longitudinal, estando previsto un intersticio entre la primera parte y la segunda parte, estando la primera parte provista de imanes permanentes, incluyendo la segunda parte un material magnético y estando provista de dos dientes de material magnético que miran cada uno de ellos hacia un imán permanente con una superficie enfrentada cuando la primera parte está en una posición alineada con relación a la segunda parte, extendiéndose el intersticio entre los dos dientes y los imanes permanentes correspondientes.

SUMARIO DE LA INVENCION

30 Un objeto de la invención es proporcionar un muelle que comprenda una combinación de materiales magnéticos duros y blandos con los cuales se pueda proporcionar una respuesta de fuerza elástica grande, más específicamente aumentando o disminuyendo la fuerza con el desplazamiento, mientras que el volumen del muelle es relativamente pequeño.

35 A este fin, la invención según se define en la reivindicación 1 proporciona un muelle que tiene una primera parte y una segunda parte móviles una con relación a otra a lo largo de un eje longitudinal, estando previsto al menos un intersticio entre la primera parte y la segunda parte, estando la primera parte provista de imanes permanentes de un material magnético duro, incluyendo la segunda parte un material magnético blando, teniendo la segunda parte una permeabilidad variable a lo largo de su eje longitudinal para un campo magnético proporcionado por los campos magnéticos de la primera parte, en donde la segunda parte, para proporcionar la permeabilidad variable para el campo magnético, está provista de al menos dos dientes de material magnético blando que miran cada uno de ellos hacia un imán permanente con una superficie enfrentada cuando la primera parte está en una posición alineada con relación a la segunda parte, extendiéndose el al menos un intersticio entre los al menos dos dientes y los imanes permanentes correspondientes, en donde, cuando la primera parte se está moviendo hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte a lo largo de un eje longitudinal, varía el área total de las superficies enfrentadas.

45 Este muelle utiliza la llamada reluctancia o fuerza de retenida para evocar la fuerza elástica, ya que el campo magnético producido por los imanes trata de mantenerse extendiéndose a través de la trayectoria que tiene la máxima permeabilidad. Cuando se mueve la segunda parte con relación a la primera parte, los imanes permanentes que están enfrente de los dientes se mueven con relación a los dientes. En consecuencia, varía el área total de las superficies de los imanes permanentes que miran hacia las superficies de los dientes y, por tanto, varía el área a través de la cual pasa el campo magnético. La fuerza de reluctancia o retenida empuja a las partes primera y segunda hacia una posición en la que se maximiza el área de las superficies enfrentadas.

50 En vista del hecho de que la fuerza de reluctancia o retenida es una fuerza grande, se puede obtener una alta fuerza elástica en un volumen relativamente pequeño. Otro nuevo efecto es que se obtiene un com-

portamiento más o menos lineal de la fuerza elástica, es decir, una rigidez elástica constante, el cual incluso ocurre directamente alrededor de la posición neutra o alineada de la primera parte y la segunda parte una con relación a otra. En muelles mecánicos normales se puede obtener solamente un comportamiento lineal alrededor de un muelle parcialmente comprimido, en el caso de un muelle de compresión, o parcialmente extendido, en el caso de un muelle de tracción. El muelle según la invención proporciona una fuerza en dos direcciones, es decir, la fuerza se dirige de tal manera que la primera parte sea empujada hacia la posición neutra o alineada con relación a la segunda parte. Los muelles mecánicos convencionales tienen una característica elástica que se extiende en el diagrama fuerza/desplazamiento en un cuadrante, mientras que el muelle según la invención tiene una característica elástica que se extiende en el diagrama fuerza/desplazamiento en dos cuadrantes, es decir, en los cuadrantes primero y tercero.

En una realización de la invención el área total de las superficies enfrentadas es máxima cuando la primera parte está en la posición alineada con relación a la segunda parte, y disminuye cuando la primera parte se está moviendo hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte a lo largo de un eje longitudinal.

En tal realización, en la posición alineada la fuerza elástica es cero, al menos cuando no están presentes otros dispositivos generadores de fuerza elástica, tales como muelles convencionales adicionales.

Preferiblemente, los dientes de la segunda parte están interconectados uno con otro por medio de una base de material magnético blando. Además, los imanes permanentes están montados preferiblemente sobre un material magnético blando de base. De esa manera, se crea una trayectoria cerrada que es altamente permeable a un campo magnético, de modo que se obtiene un campo magnético cerrado que se extiende a través de dos dientes contiguos por intermedio de la base de la segunda parte, los imanes permanentes y la base de la primera parte. La fuerza de reluctancia o retenida que se evoca en tal construcción, cuando la primera parte se mueve con relación a la segunda parte a lo largo del eje longitudinal, es muy alta debido a que es alta la velocidad de cambio de permeabilidad con la posición y debido también a que es alta la densidad del campo magnético.

Preferiblemente, la dimensión de un diente en la dirección longitudinal es A, la distancia entre dos lados de dos dientes contiguos, cuyos lados están dirigidos uno hacia otro, es B, y la dimensión de un imán permanente en la dirección longitudinal es C, en donde $A \geq (B \text{ o } C)$. En tal realización, un imán permanente correspondiente a un primer diente no interferirá con un diente contiguo, al menos no lo hará cuando se mantenga la carrera del muelle dentro de los límites establecidos para el muelle.

Se obtiene una relación óptima entre volumen de muelle y longitud de carrera en la realización últimamente descrita cuando $A = B$ y $A \geq C$. Con tal muelle, éste tiene una carrera en la dirección del eje longitudinal, en donde la longitud de la carrera es A. En el centro de la carrera, la primera parte está en la posición alineada con relación a la segunda parte y la fuerza elástica es igual a cero. Cuando la parte móvil (el móvil) de entre la primera parte y la segunda parte se mueve hacia fuera de la posición alineada, la fuerza elástica se dirige a lo largo del eje longitudinal de modo que el móvil sea empujado hacia la posición alineada.

En una realización de la invención la superficie de un diente que mira hacia una superficie enfrentada de un imán permanente correspondiente está configurada con arreglo a una curva para obtener una característica de fuerza elástica deseada a lo largo del eje longitudinal cuando la primera parte se mueve con relación a la segunda parte desde la posición alineada hasta una posición no alineada.

Configurando los dientes se puede influir sobre la característica fuerza/desplazamiento. Realizaciones de este principio son, por ejemplo:

- un muelle en el que los dientes son de forma de bloque macizo de modo que el diente que mira hacia una superficie enfrentada de un imán permanente correspondiente sea recto y paralelo al eje longitudinal; o
- los dientes son de forma de dientes de sierra de modo que el diente que mira hacia una superficie enfrentada de un imán permanente correspondiente defina un diente triangular; o
- el diente que mira hacia una superficie enfrentada de un imán permanente correspondiente está definido por un segmento circular, sea éste convexo o cóncavo con relación al imán permanente.

En una realización de la invención al menos una de las partes primera y segunda está provista de una bobina que puede conectarse a una fuente eléctrica para crear un campo magnético que contrarreste el campo magnético creado por los imanes permanentes o que aumente el campo magnético creado por los imanes permanentes, influyendo con ello sobre la característica fuerza elástica/desplazamiento del muelle.

En general, aunque sin limitarse a ella, la fuente eléctrica será una fuente de corriente continua. La gran virtud de esta realización es que la característica fuerza elástica/desplazamiento puede ser influenciada variando la corriente suministrada a la fuente de corriente continua. Esta variación puede hacerse muy rápi-

damente, es decir, con una frecuencia muy alta y con un tiempo de respuesta muy pequeño. En consecuencia, cuando se utiliza el muelle en, por ejemplo, una suspensión de vehículo, la fuerza elástica generada por el muelle puede variarse en cualquier momento para adaptar la fuerza elástica deseada a las circunstancias reales del momento. El muelle en esta realización puede recibir un comportamiento de muelle activo.

5 Desde un punto de vista de construcción, es preferible que la bobina esté integrada en la parte estacionaria, el estator, de entre la primera parte y la segunda parte.

10 En una elaboración adicional de la realización de muelle activo la fuente está conectada a un controlador para controlar la corriente suministrada por la fuente y, en consecuencia, para controlar la característica fuerza elástica/desplazamiento del muelle. Preferiblemente, el controlador está adaptado para variar continuamente la corriente de la fuente, de modo que la fuerza elástica sea continuamente variable en cualquier posición de carrera y en cualquier momento. La fuerza elástica puede incrementarse controlando la corriente eléctrica para crear un campo magnético que aumente el campo magnético creado por los imanes permanentes, y puede disminuirse controlando la fuente eléctrica para crear un campo magnético con la bobina que contrarreste el campo magnético creado por los imanes permanentes. Tal variación de corriente puede efectuarse en cualquier momento y en cualquier posición relativa de la primera parte con respecto a la segunda parte.

20 A fin de proporcionar un muelle con una cierta envolvente de volumen que pueda ejercer una mayor fuerza elástica, una realización de la invención proporciona un muelle en el que están previstos múltiples intersticios entre la primera parte y la segunda parte, estando limitado cada intersticio por al menos dos dientes y dos imanes permanentes, cada uno de los cuales corresponde a uno de dichos dos dientes.

Una realización práctica podría ser un cilindro interior y un cilindro hueco exterior que sean estacionarios y que lleven los dientes, y un cilindro hueco intermedio que se extienda entre el cilindro interior y el cilindro exterior, llevando los imanes permanentes tanto en su superficie interior como en su superficie exterior.

25 A fin de proporcionar un muelle con una cierta envolvente de volumen que pueda ejercer una mayor fuerza elástica, una realización de la invención proporciona un muelle en el que, visto en la dirección del eje longitudinal, están dispuestos en la segunda parte, en un intersticio, más de dos dientes y están dispuestos en la primera parte un número correspondiente de imanes permanentes.

30 A fin de proporcionar un muelle con una cierta envoltura de volumen que pueda ejercer una mayor fuerza elástica, una realización de la invención proporciona un muelle en el que la segunda parte está provista de un material magnético duro al menos entre dos dientes contiguos y aguas abajo del último diente, visto en la dirección de carrera, teniendo el material magnético duro una orientación tal que se evoque una fuerza de repulsión entre ese material magnético duro y los imanes permanentes de la primera parte cuando esta primera parte se mueva hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte.

35 En esta realización la fuerza de reluctancia o retenida - cuya fuerza de reluctancia se presenta cuando las superficies enfrentadas de los imanes permanentes son movidas alejándolas de las superficies enfrentadas de los dientes por medio del movimiento relativo de la primera parte y la segunda parte a lo largo del eje longitudinal - es combinada por la fuerza de repulsión que se evoca entre el material magnético duro de la segunda parte y los imanes permanentes de la primera parte.

40 En consecuencia, la fuerza elástica viene determinada tanto por la fuerza de reluctancia como por dicha fuerza de repulsión. Esto proporciona un muelle con una más alta característica elástica dentro de una cierta envolvente de volumen.

45 La invención según se define en la reivindicación 19 proporciona también un conjunto de un muelle de una de las reivindicaciones anteriores ensamblado con un dispositivo de amortiguación. El dispositivo de amortiguación puede ser un dispositivo separado del muelle o puede estar integrado en el muelle.

50 La invención según se define en la reivindicación 20 proporciona también un vehículo provisto de al menos una rueda y una suspensión a través de la cual se conecta la rueda a un chasis del vehículo, comprendiendo la suspensión al menos un muelle según la invención. Especialmente cuando el muelle es del tipo activo, es decir que comprende una bobina que es controlada por un controlador para influir sobre la característica elástica del muelle, se puede obtener una suspensión activa con un tiempo de respuesta muy corto, mientras que el muelle es bastante sencillo y robusto desde un punto de vista de construcción.

Características adicionales de la invención se describen en las reivindicaciones subordinadas 2 a 18 y 21.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 La figura 1 muestra una sección transversal esquemática de una primera realización del muelle en la posición alineada o neutra;

La figura 1A muestra una vista similar a la de la figura 1, en la que la primera parte se ha movido hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte;

La figura 2 muestra una sección transversal esquemática de una segunda realización del muelle;

La figura 3 muestra un diagrama fuerza/desplazamiento de una realización del muelle;

5 La figura 4 muestra una sección transversal esquemática de un muelle con tres dientes;

La figura 5 muestra una sección transversal esquemática de un muelle con dos intersticios;

La figura 6 muestra en una sección transversal en perspectiva una realización práctica de la realización mostrada esquemáticamente en la figura 1;

10 La figura 7 muestra en una sección transversal en perspectiva una realización práctica de un muelle con dos intersticios;

La figura 8 muestra una realización en la que los dientes tienen una forma de dientes de sierra;

La figura 9 muestra una realización en la que los dientes tienen una curva de segmento circular;

La figura 10 muestra una realización en la que los dientes se ahúsan en la dirección del eje longitudinal;

15 La figura 11 muestra una sección transversal esquemática de una realización en la que están incluidos unos imanes permanentes en la segunda parte;

La figura 12 muestra esquemáticamente un vehículo con una rueda y una suspensión de rueda; y

La figura 13 muestra esquemáticamente dos ruedas de un vehículo con una barra antibalaneo y una realización del muelle según la invención.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

La realización de la figura 1 muestra un muelle que tiene una primera parte 1 y una segunda parte 2 que pueden moverse una con relación a otra a lo largo de un eje longitudinal L. En esta realización la primera parte 1 es un móvil y la segunda parte 2 es un estator. El móvil va guiado en una guía que puede ser proporcionada por cojinetes de una manera conocida. El cojinete puede ser de diversos tipos, tales como cojinetes de bolas, cojinetes de rodillos, cojinetes magnéticos, cojinetes de fluido, cojinetes de deslizamiento o similares. Entre la primera parte 1 y la segunda parte 2 está presente un intersticio 3. La primera parte 1 está provista de imanes permanentes 4, 4' de un material magnético duro. En esta realización los imanes permanentes 4, 4' están montados sobre una base 6 de material magnético blando. La segunda parte 2 incluye un material magnético blando y de preferencia está enteramente hecha de éste. La forma de la segunda parte 2 es tal que tiene una permeabilidad variable a lo largo de su eje longitudinal para el campo magnético (indicado por la línea de trazos PMF) proporcionado por los imanes permanentes 4, 4' de la primera parte 1. Para proporcionar la permeabilidad variable frente al campo magnético, la segunda parte 2 está provista de al menos dos dientes 5, 5' de material magnético blando que miran cada uno de ellos hacia un imán permanente 4, 4' con una superficie enfrentada 5a, 5a' cuando la primera parte 1 está en una posición alineada con relación a la segunda parte 2. Las superficies enfrentadas 5a, 5a' de cada diente 5, 5' están dirigidas hacia una superficie enfrentada o polo 4a, 4a' de los imanes permanentes correspondientes 4, 4'. Los imanes permanentes contiguos 4, 4' tienen preferiblemente una dirección magnética opuesta. En la figura 1 la dirección magnética de cada imán 4, 4' está indicada por una flecha en el imán 4, 4'. El polo Norte del imán 4, 4' está indicado por N y el polo Sur está indicado por S. El intersticio 3 se extiende entre los dos dientes 5, 5' y los imanes permanentes correspondientes 4, 4'. Cuando la primera parte 1 se está moviendo desde la posición alineada (mostrada en la figura 1) hacia una posición no alineada (mostrada en la figura 1A) con relación a la segunda parte 2 a lo largo del eje longitudinal L, varía el área total de las superficies enfrentadas. En la realización mostrada en la figura 1 el área total de las superficies enfrentadas es máxima cuando la primera parte 1 está en la posición alineada con relación a la segunda parte 2, y disminuye cuando la primera parte 1 se está moviendo hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte 2 a lo largo del eje longitudinal L.

Debido a la fuerza de reluctancia o retenida, la primera parte 1 es empujada hacia la posición alineada, proporcionando así una fuerza elástica en una dirección paralela al eje longitudinal L. Para una cierta envolvente de volumen del muelle, la solución propuesta utilizando fuerza de reluctancia o retenida proporciona una característica de fuerza elástica relativamente alta. El muelle tiene el rasgo distintivo especial de que incorpora tanto una característica de muelle de compresión como una característica de muelle de tracción. En otras palabras, en una característica fuerza/desplazamiento (véase la figura 3) el muelle actúa en el primer cuadrante y el tercer cuadrante, con lo que la linealidad de la característica fuerza elástica/desplazamiento alrededor de la posición alineada es muy buena. La característica fuerza elástica/desplazamiento puede ajustarse a la medida de una característica deseada. Esto se elucidará cuando se haga referencia a las figuras 8 a 10.

La dimensión de un diente 5, 5' en la dirección longitudinal está indicada por A. La distancia entre dos lados de dos diente contiguos 5, 5', cuyos lados están dirigidos uno hacia otro, está indicada por B. Las dimensiones de los imanes permanentes 4, 4' en la dirección longitudinal es C. A fin de obtener una buena característica elástica se prefiere que $A \geq (B \text{ o } C)$. En esas circunstancias, se impide interferencia entre un imán permanente con un diente que no corresponda a ese imán permanente.

Se prefiere aun más que $A = B$ y $A \geq C$. Para tal realización el muelle tiene una carrera en la dirección del eje longitudinal, siendo la longitud de la carrera igual a A.

Cuando, por ejemplo, $A > C$, los movimientos alrededor de la posición alineada darán entonces como resultado la evocación de fuerzas de reluctancia y, en consecuencia, fuerzas elásticas. Esto puede ser deseable para algunas aplicaciones, por ejemplo cuando se desee una cierta holgura alrededor de una posición neutra.

En la figura 6 se muestra una realización práctica de la realización de la figura 1, en la que la segunda parte 2 es una parte hueca sustancialmente cilíndrica que tiene los dientes 5, 5' en su superficie interior. La primera parte 1 es una parte sustancialmente cilíndrica que lleva los imanes permanentes 4, 4' en su superficie exterior. Deberá hacerse notar que la realización de principio mostrada esquemáticamente en la figura 1 podría crearse también en una realización práctica cuando la primera parte 1 y la segunda parte 2 sean sustancialmente planas y paralelas una a otra. Además, son factibles realizaciones no cilíndricas, por ejemplo realizaciones en la que las partes primera y segunda 1, 2 tengan una sección transversal sustancialmente rectangular o triangular perpendicularmente al eje longitudinal. Deberá hacerse notar que, al contrario de las realizaciones mostradas en las figuras 1 a 6, la primera parte que lleva los imanes permanentes 4, 4' puede ser también estacionaria, mientras que la segunda parte que lleva los dientes 5, 5' es móvil. Tal realización se muestra, por ejemplo, en la figura 7.

La figura 2 muestra esquemáticamente una segunda realización en la que se ha añadido una bobina 7 a la segunda parte 2. La bobina está conectada a una fuente eléctrica variable 8 que es controlada por un controlador 19. La bobina 7, de la cual solamente se muestra una parte de los devanados en la sección transversal de la figura 2, produce un campo magnético de bobina CMF cuando circula una corriente a través de la bobina. El campo magnético de la bobina puede tener la misma dirección que el campo magnético PMF producido por los imanes permanentes 4, 4'. En esas circunstancias, se incrementa la fuerza elástica con relación a las circunstancias pasivas (sin corriente a través de los devanados de la bobina). Por otra parte, el campo magnético de la bobina puede tener la dirección opuesta a la del campo magnético PMF producido por los imanes permanente 4, 4'. En esas circunstancias, se disminuye la fuerza magnética con relación a las circunstancias pasivas. La dirección del campo magnético CMF de la bobina viene determinada por la dirección de la corriente a través de los devanados de la bobina. La densidad del campo magnético de la bobina viene determinada por el nivel de corriente en la bobina.

El controlador 19 está adaptado para controlar y variar continuamente, cuando se desee, el nivel de corriente y la dirección de la corriente en la bobina 7 y controla con ello la fuerza elástica del muelle.

En lugar de una sola característica p en el diagrama fuerza/desplazamiento (véase la figura 3), que se obtendría para un muelle pasivo (es decir, no provisto de una bobina), un área completa de fuerza elástica en el primer cuadrante y en el tercer cuadrante del diagrama está cubierta por un solo muelle. Los límites del área están indicados por dos líneas act^+ y act^- . En cualquier momento y en cualquier posición de desplazamiento, la fuerza elástica ejercida por el muelle puede ser ajustada instantáneamente variando la corriente en la bobina 7. Esto puede efectuarse a una velocidad muy alta sin virtualmente tiempo de respuesta. Así, se obtiene un muelle activo.

Desde un punto de vista de construcción, es preferible que la bobina esté integrada en la parte estacionaria, el estator 2, de entre las partes primera y segunda 1, 2, respectivamente. Sin embargo, la invención cubre también realizaciones en las que la bobina está integrada en la parte móvil, el móvil 1, de entre las partes primera y segunda.

A fin de aumentar la fuerza elástica que puede ser ejercida por el muelle, son factibles realizaciones como en la figura 4, en las que, visto en la dirección del eje longitudinal, están dispuestos, en un intersticio, más de dos dientes 5, 5', 5'' en la segunda parte 2 y está dispuesto un número correspondiente de imanes permanentes 4, 4', 4'' en la primera parte 1. La realización de la figura 4 muestra tres dientes 5, 5', 5''. Será evidente que son posibles también mayores números de dientes.

Otra forma de aumentar la fuerza elástica que puede ser ejercida por el muelle se muestra en las figuras 5 y 7. En esta realizaciones están presentes múltiples intersticios 3, 3'.

En la realización de la figura 5 están presentes dos segundas partes estacionarias 2, 2' y está presente una primera parte móvil 1. El primer intersticio 3 está limitado por dos imanes permanente 4, 4' y dos dientes 5, 5'. El segundo intersticio 3' está limitado por dos imanes permanentes 4'', 4''' y dos dientes 5'', 5'''. La fuerza elástica se ha duplicado, mientras que la longitud de la construcción sigue siendo la misma.

En la realización de la figura 7 están presentes dos primeras partes estacionarias 1, 1' y está presente una segunda parte móvil 2. Una primera parte cilíndrica exterior sustancialmente hueca 1 lleva imanes permanentes 4, 4' en su superficie interior. Una primera parte interior sustancialmente cilíndrica 1' lleva imanes permanentes 4'', 4''' en su superficie exterior. Una segunda parte intermedia 2 tiene una configuración cilíndrica sustancialmente hueca y lleva dientes 5, 5', 5'', 5''' tanto en su superficie interior como en su superficie exterior.

La característica fuerza/desplazamiento p puede establecerse a medida según se ha mencionado anteriormente. Esto puede hacerse configurando la curva de las superficies enfrentadas 5a, 5a' de los dientes 5, 5'. Las realizaciones de las figuras 1 a 7 tienen dientes de forma de bloque macizo de modo que la curva de las caras enfrentadas 5a, 5a' es recta y paralela al eje longitudinal L. En tal realización la característica de fuerza elástica es sustancialmente lineal, al menos alrededor de la posición alineada. Más lejos de la posición alineada, la rigidez elástica disminuirá.

En la realización de la figura 8 los dientes 5b, 5b' están configurados como dientes de sierra de modo que la curva define un diente triangular. Con esta forma de dientes de sierra la rigidez de la fuerza elástica disminuirá más rápidamente con un desplazamiento hacia fuera de la posición alineada que con los dientes de forma de bloque macizo.

En la realización de la figura 9 la curva de las superficies enfrentadas 5a, 5a' de los dientes 5, 5' está definida por un segmento circular. Los dientes 5, 5' son cóncavos con relación a los imanes permanentes 4, 4'. En esta realización la característica fuerza/desplazamiento del muelle puede establecerse a medida. Cuando los segmentos circulares definen dientes convexos 5, 5' con relación a los imanes permanentes 4, 4', se obtiene un comportamiento que es similar al de la realización de la figura 8 con los dientes configurados en forma de dientes de sierra.

Confeccionando a medida los dientes se puede mimetizar una característica fuerza/desplazamiento de un muelle pretensado, es decir que un pequeño movimiento directamente alrededor de la posición alineada de la primera parte con relación a la segunda parte evoca directamente una fuerza elástica. En el diagrama fuerza/desplazamiento esto da como resultado una característica fuerza/desplazamiento que no pasa por el punto de cruce de los ejes, sino que se inicia en el eje de fuerza por encima o por debajo del eje de desplazamiento.

En la realización de la figura 10 los dientes 5a, 5a' y los imanes permanentes 4, 4' se ahúsan con relación al eje longitudinal L. En consecuencia, cuando la primera parte 1 se desplaza hacia abajo con relación a la segunda parte 2 en la dirección longitudinal, se incrementa la anchura del intersticio 3, lo que produce una característica fuerza elástica/desplazamiento, establecida a medida, diferente de la de las realizaciones con los dientes de forma de bloque macizo, en las que la anchura del intersticio no cambia cuando el móvil se mueve con relación al estator. En la realización de la figura 10 la rigidez elástica disminuirá más rápidamente cuando el móvil se aleje de la posición alineada que con realizaciones que tengan dientes de forma de bloque macizo.

Por supuesto, es alternativa o adicionalmente posible configurar la curva de las superficies enfrentadas 4a, 4a' de los imanes permanentes 4, 4' de modo que se establezca a medida la característica de fuerza elástica del muelle.

Con el fin de incrementar la fuerza elástica ejercida sin incrementar la envoltura espacio/volumen del muelle se propone la realización de la figura 11. En esa realización la segunda parte 2 está provista de material magnético duro 9, 9' al menos entre dos dientes contiguos 5, 5' y aguas abajo del último diente 5', visto en la dirección de la carrera. La dirección magnética del material magnético duro 9, 9' es tal que se evoca una fuerza de repulsión entre ese material magnético duro 9, 9' y los imanes permanentes 4, 4' de la primera parte 1 cuando esta primera parte 1 se mueve hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte 2. En este muelle la fuerza elástica es una combinación de la fuerza de reluctancia - cuya fuerza de reluctancia es evocada por el área variable de las superficies enfrentadas de los dientes 5, 5' y los imanes permanentes 4, 4' - y la fuerza de repulsión entre el material magnético duro en la segunda parte 2 y los imanes permanentes 4, 4' en la primera parte 1. Debido a esta combinación de fuerzas se proporciona una rigidez elástica muy alta dentro de una envoltura de volumen relativamente pequeña.

La figura 12 muestra esquemáticamente un vehículo V con una rueda W y una suspensión de rueda T. La suspensión de rueda está provista de un muelle S del tipo según la invención. Más particularmente, la suspensión está provista de un conjunto 11 que comprende un muelle S del tipo según la invención y un amortiguador 12. Aunque se representa por separado, el amortiguador 12 puede integrarse en el muelle S. Cuando el muelle S es del tipo activo según se ha descrito anteriormente, se puede adaptar la característica elástica a las circunstancias de conducción del vehículo V. Por ejemplo, se puede contrarrestar el balanceo en curvas, se puede contrarrestar el buqueamiento del vehículo durante el frenado y se puede adaptar la característica fuerza elástica/desplazamiento al tipo de carretera, a la velocidad y/o a la forma de conducción, es decir, deportiva o relajada y confortable. Todas estas variaciones pueden efectuarse de manera instantánea sin virtualmente ningún tiempo de respuesta por medio del controlador 9, que controla el nivel de corriente y la dirección de la corriente en las bobinas 7 del muelle S.

La figura 13 muestra esquemáticamente una realización de un vehículo V provisto de una primera y una segunda rueda W1, W2 y una barra antibalanceo 16. El vehículo comprende un muelle 13 de la barra antibalanceo que es una realización de un muelle de acuerdo con la invención y que está conectado en serie con la barra antibalanceo 16 entre la primera y la segunda ruedas W1, W2. Adicionalmente, se pueden disponer, para la suspensión de cada rueda W1, W2, un amortiguador 14 y un muelle convencional 15 o un muelle adicional de acuerdo con una realización de la invención. Especialmente cuando el muelle 13 de la barra antibalanceo es del tipo activo, el comportamiento de balanceo del vehículo V puede adaptarse según se desee, por ejemplo en dependencia del tipo de carretera, la velocidad y/o la forma de conducción, es decir, deportiva o relajada y confortable. Todas estas variaciones pueden efectuarse de manera instantánea sin virtualmente ningún tiempo de respuesta.

Es evidente que la invención no se limita a las realizaciones descritas anteriormente, sino que viene definida por las características técnicas expuestas en las reivindicaciones independientes, revelándose características adicionales en las reivindicaciones subordinadas. Son factibles también combinaciones de las diversas realizaciones; por ejemplo, un muelle de múltiples intersticios, que tenga más de dos dientes en cada intersticio y que tenga bobinas entre los dientes contiguos para crear un campo magnético de bobina, está también dentro del alcance de la presente invención que se define con las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Muelle (S) que tiene una primera parte (1) y una segunda parte (2) móviles una con relación a otra a lo largo de un eje longitudinal (L), estando previsto al menos un intersticio (3) entre la primera parte y la segunda parte, estando la primera parte provista de imanes permanentes (4, 4') de un material magnético duro, incluyendo la segunda parte un material magnético blando, teniendo la segunda parte una permeabilidad variable a lo largo del eje longitudinal de la misma para un campo magnético proporcionado por los imanes permanentes de la primera parte, en donde la segunda parte, para proporcionar la permeabilidad variable para el campo magnético, está provista de al menos dos dientes (5, 5') de material magnético blando que miran cada uno de ellos hacia un imán permanente (4, 4') con una superficie enfrentada cuando la primera parte está en una posición alineada con relación a la segunda parte, extendiéndose el al menos un intersticio entre los al menos dos dientes y los imanes permanentes correspondientes, en donde, cuando la primera parte se está moviendo hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte a lo largo de un eje longitudinal, varía el área total de las superficies enfrentadas.
- 10 2.- Muelle según la reivindicación 1, en el que el área total de las superficies enfrentadas es máxima cuando la primera parte está en la posición alineada con relación a la segunda parte (2), y disminuye cuando la primera parte (1) se está moviendo hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte a lo largo de un eje longitudinal (L).
- 15 3.- Muelle según la reivindicación 1 ó 2, en el que los dientes (5, 5') de la segunda parte (2) están interconectados entre ellos por material magnético blando.
- 20 4.- Muelle según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dichos imanes permanentes (4, 4') de un material magnético duro están montados sobre una base (6) de material magnético blando.
- 25 5.- Muelle según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la dimensión de un diente (5, 5') en la dirección longitudinal es A, la distancia entre dos lados de dos dientes contiguos (5, 5'), cuyos lados están dirigidos uno hacia otro, es B, y la dimensión de un imán permanente (4, 4') en la dirección longitudinal es C, en donde $A \geq (B \text{ o } C)$.
- 6.- Muelle según la reivindicación 5, en el que $A = B$ y $A \geq C$.
- 7.- Muelle según la reivindicación 6, en el que el muelle tiene una carrera en la dirección del eje longitudinal (L), siendo la longitud de la carrera igual a A.
- 30 8.- Muelle según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la superficie de un diente que mira hacia una superficie enfrentada de un imán permanente correspondiente está configurada de acuerdo con una curva para obtener una característica de fuerza elástica deseada a lo largo del eje longitudinal (L) cuando la primera parte (1) se mueve con relación a la segunda parte (2) desde la posición alineada hasta una posición no alineada.
- 35 9.- Muelle según la reivindicación 8, en el que los dientes (5, 5') están configurados como bloques macizos de modo que la curva sea recta y paralela al eje longitudinal.
- 10.- Muelle según la reivindicación 8, en el que los dientes (5b, 5b') están configurados como dientes de sierra de modo que la curva defina un diente triangular.
- 11.- Muelle según la reivindicación 8, en el que la curva está definida por un segmento circular.
- 40 12.- Muelle según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una de las partes primera (1) y segunda (2) está provista de una bobina (7) que puede conectarse a una fuente eléctrica variable (8) para crear un campo magnético que contrarreste el campo magnético creado por los imanes permanentes (4, 4') o que aumente al campo magnético creado por los imanes permanentes, influyendo con ellos sobre la característica de fuerza elástica del muelle.
- 45 13.- Muelle según la reivindicación 12, en el que la bobina (7) está integrada en la parte estacionaria, el estator, de entre la primera parte (1) y la segunda parte (2).
- 14.- Muelle según la reivindicación 12 ó 13, en el que la fuente (8) está conectada a un controlador (19) para controlar la corriente suministrada por la fuente y, en consecuencia, para controlar la característica de fuerza elástica del muelle.
- 50 15.- Muelle según la reivindicación 14, en el que el controlador (19) está adaptado para variar continuamente la corriente de la fuente de modo que la fuerza elástica sea variable continuamente en cualquier posición de la carrera y en cualquier momento.
- 16.- Muelle según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que están previstos múltiples intersticios (3, 3') entre la primera parte (1) y la segunda parte (2), estando limitado cada intersticio por al menos dos dientes y dos imanes permanentes que corresponden cada uno de ellos a uno de dichos dos dientes.

17.- Muelle según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en un intersticio, visto en la dirección del eje longitudinal, están dispuestos más de dos dientes (5, 5', 5'') en la segunda parte (2) y está dispuesto un número correspondiente de imanes permanentes (4, 4', 4'') en la primera parte (1).

5 18.- Muelle según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la segunda parte (2) está provista de material magnético duro (9, 9') al menos entre dos dientes contiguos (5, 5') y aguas debajo del último diente, visto en la dirección de la carrera, siendo tal la dirección magnética de dicho material magnético duro que se evoque una fuerza de repulsión entre ese material magnético duro y los imanes permanentes de la primera parte cuando esta primera parte (1) se mueva hacia fuera de la posición alineada con relación a la segunda parte.

10 19.- Conjunto (11) de un muelle de una de las reivindicaciones anteriores con un dispositivo de amortiguación (12).

20.- Vehículo (V) provisto de al menos una rueda (W) y una suspensión (T) a través de la cual la rueda se conecta a un chasis del vehículo, comprendiendo la suspensión al menos un muelle (S) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

15 21.- Vehículo (V) provisto de al menos una primera rueda (W1) y una segunda (W2) y una barra antibalanceo (16), comprendiendo el vehículo un muelle de la barra antibalanceo que es un muelle (S) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, que está conectado en serie con la barra del muelle antibalanceo entre la primera y la segunda ruedas.

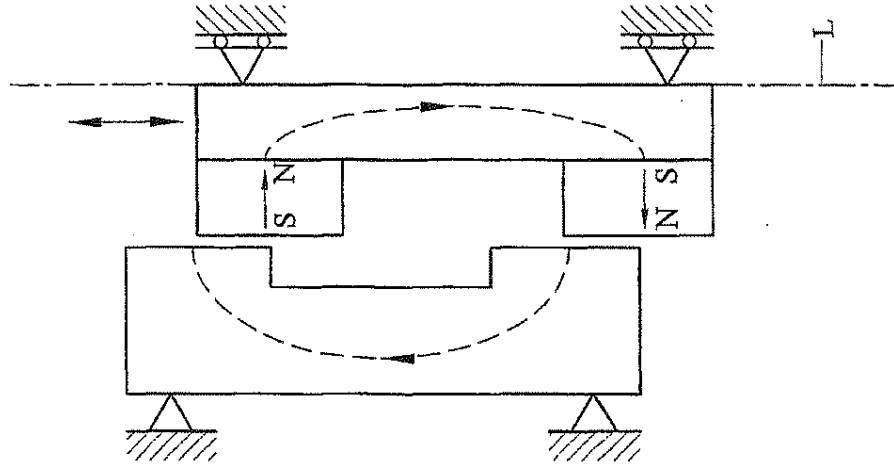


Fig. 1A

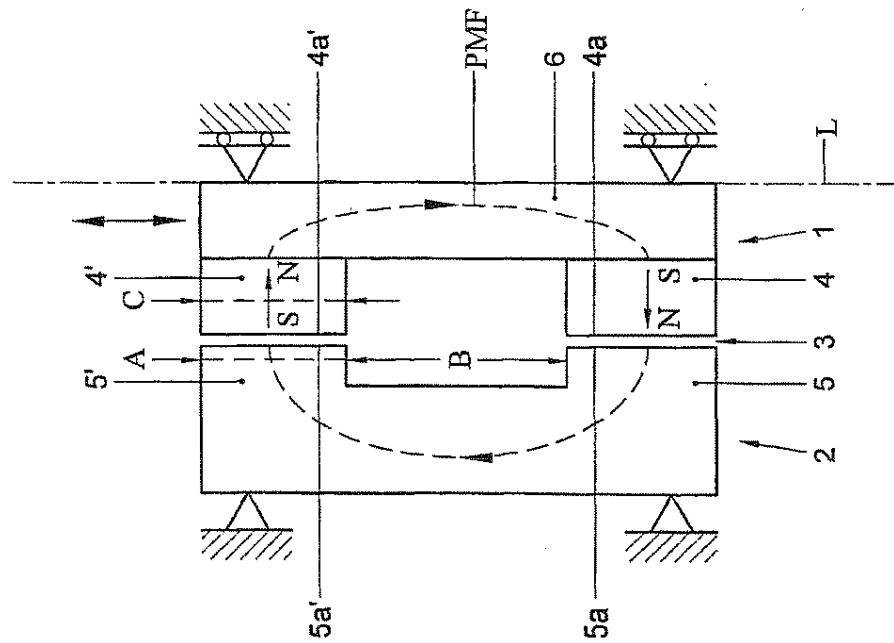


Fig. 1

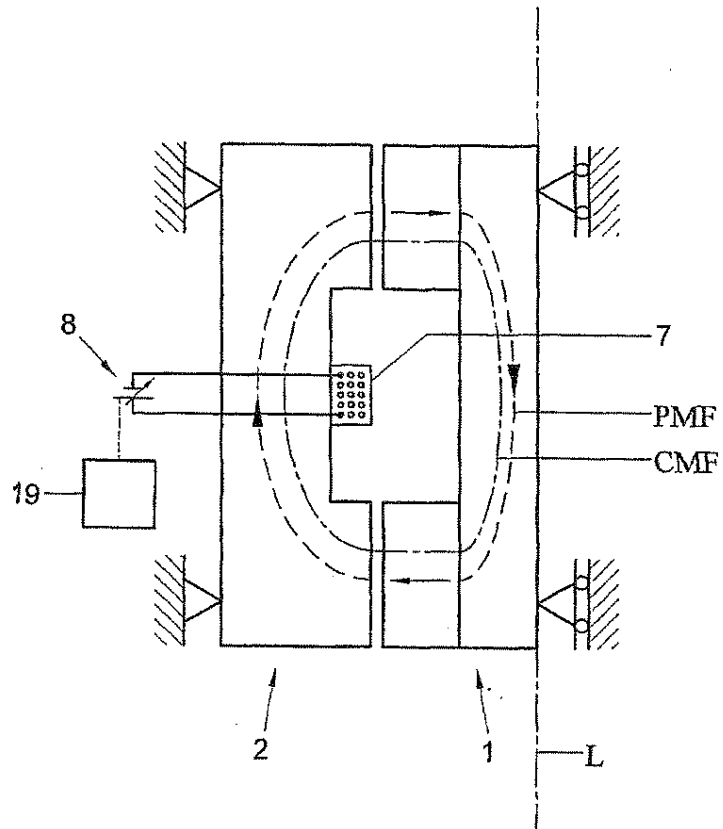


Fig. 2

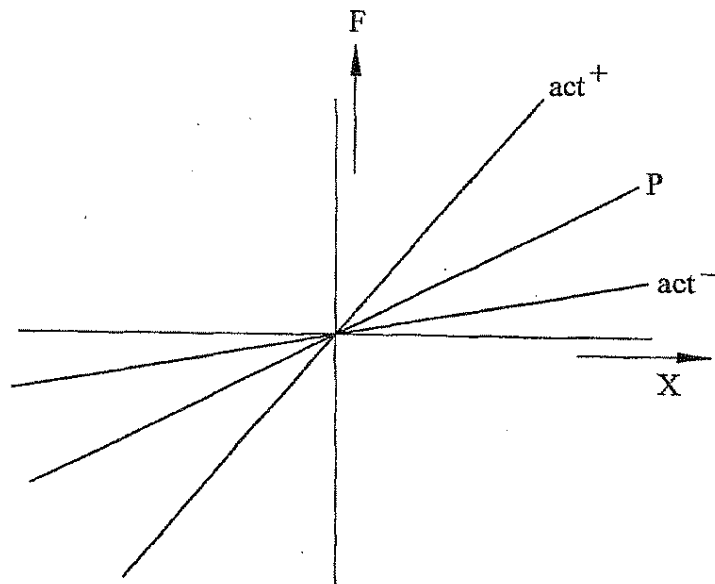


Fig. 3

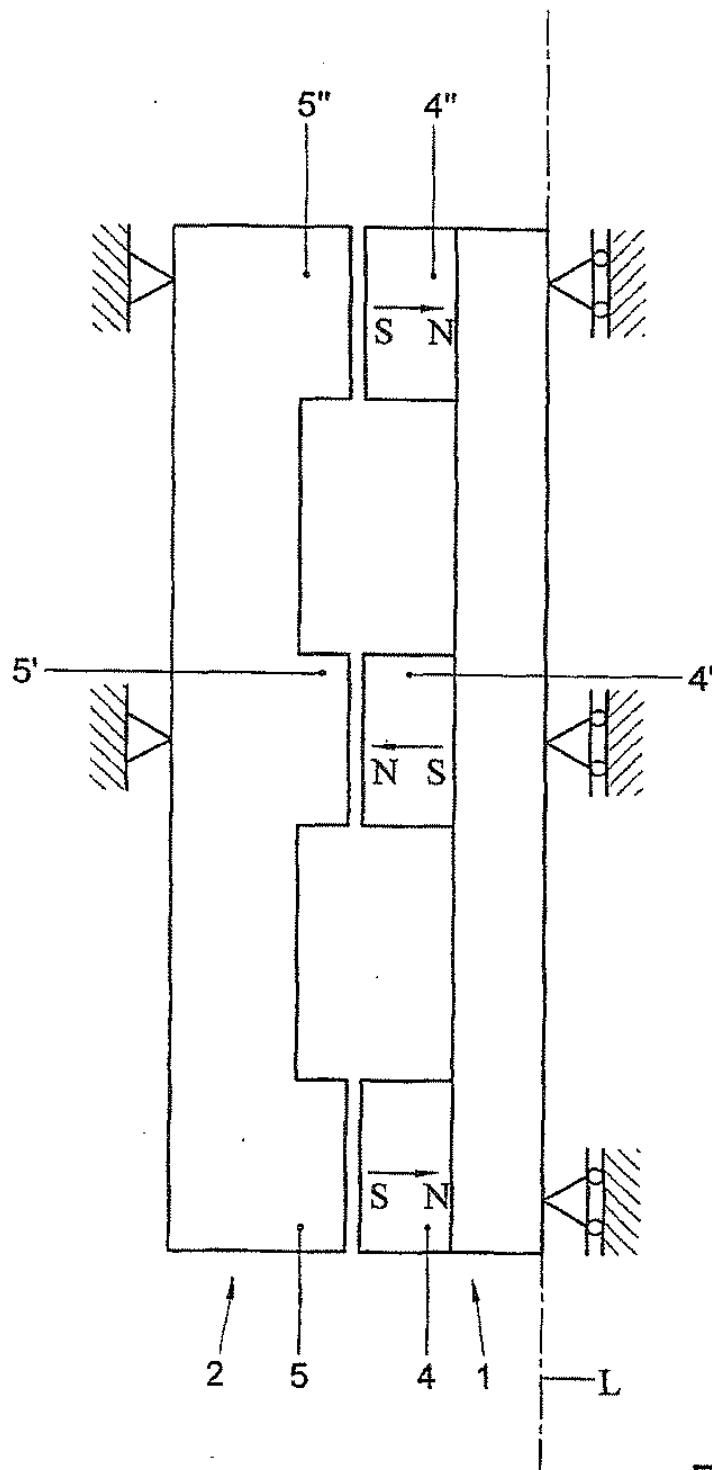


Fig. 4

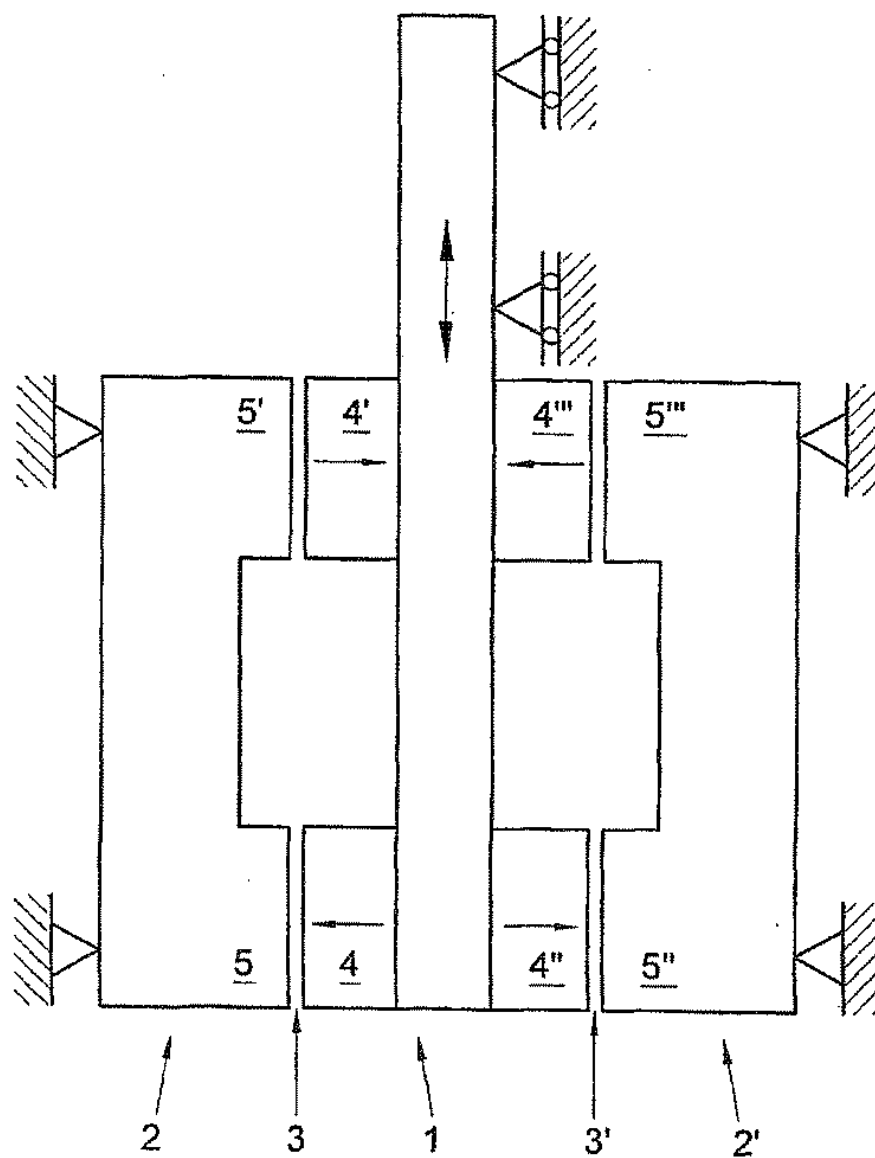


Fig. 5

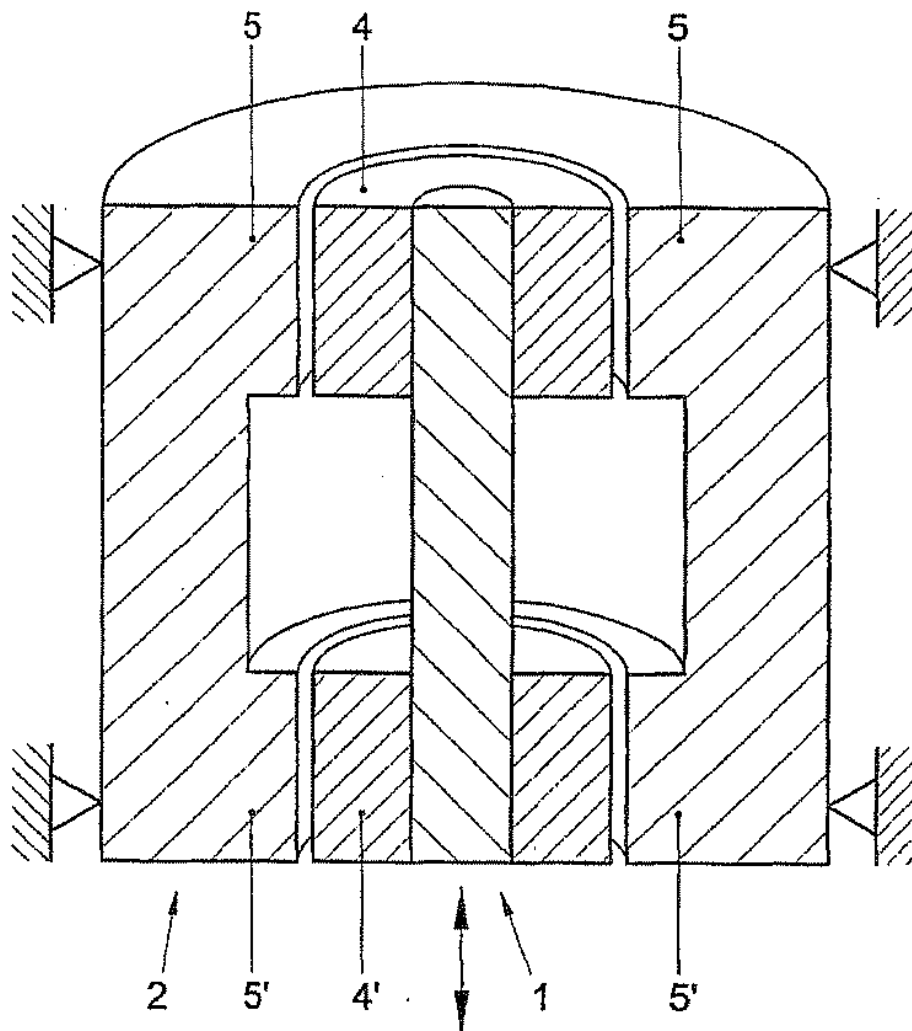


Fig. 6

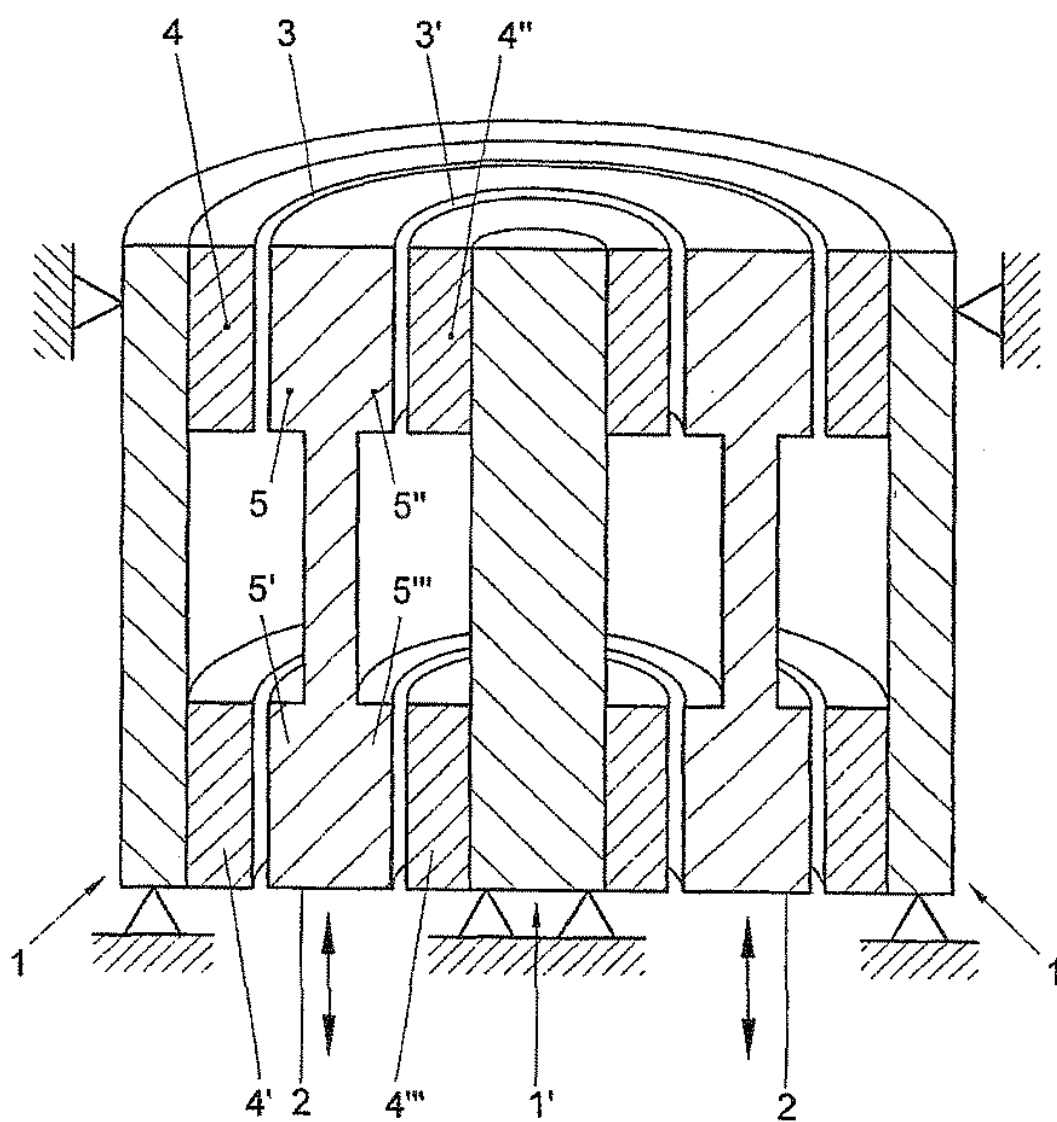


Fig. 7

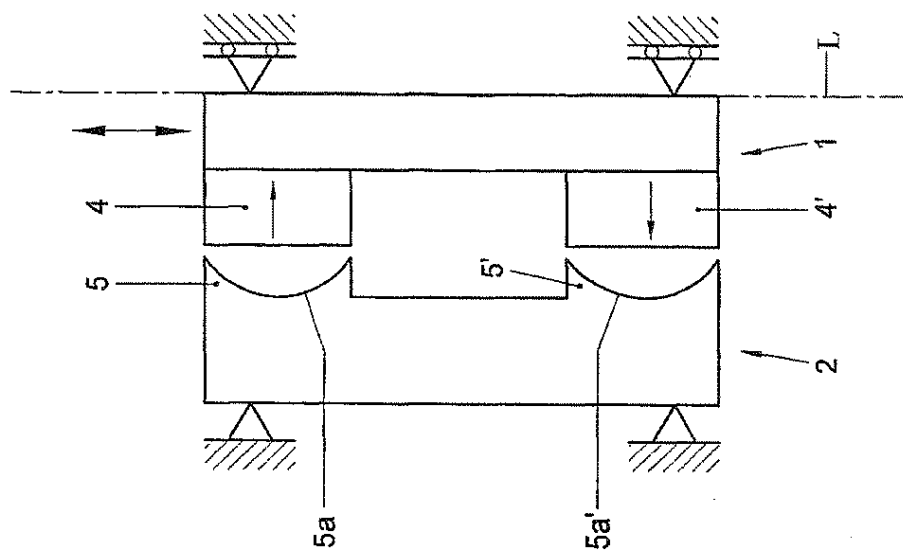


Fig. 9

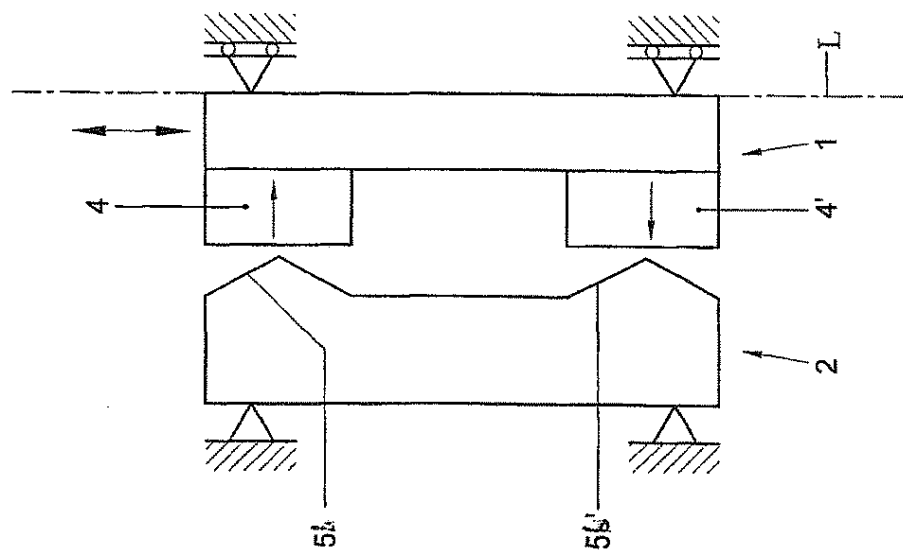


Fig. 8

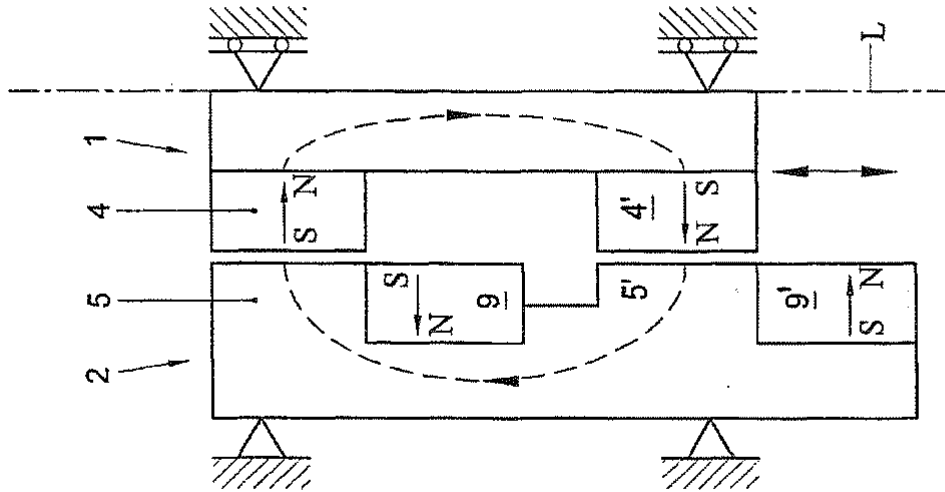


Fig. 10

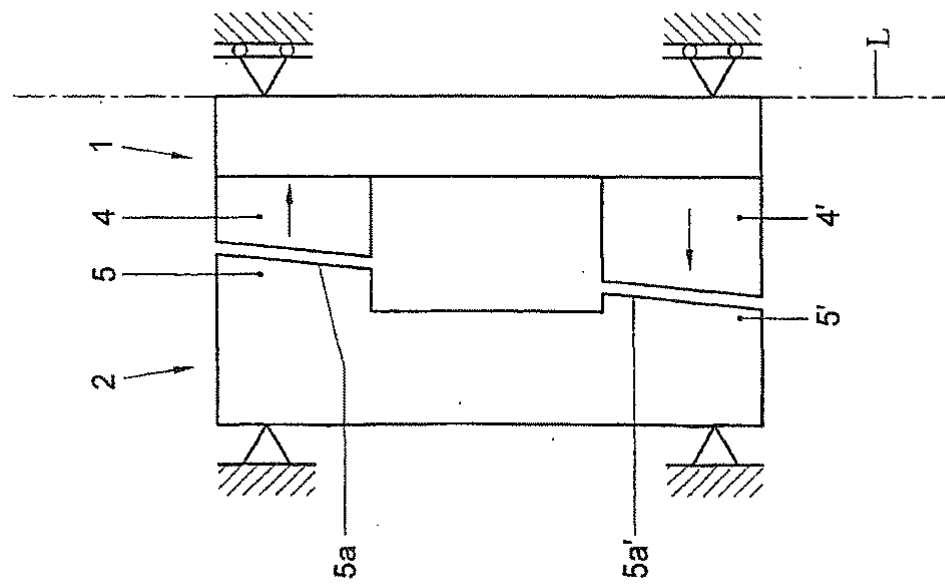


Fig. 11

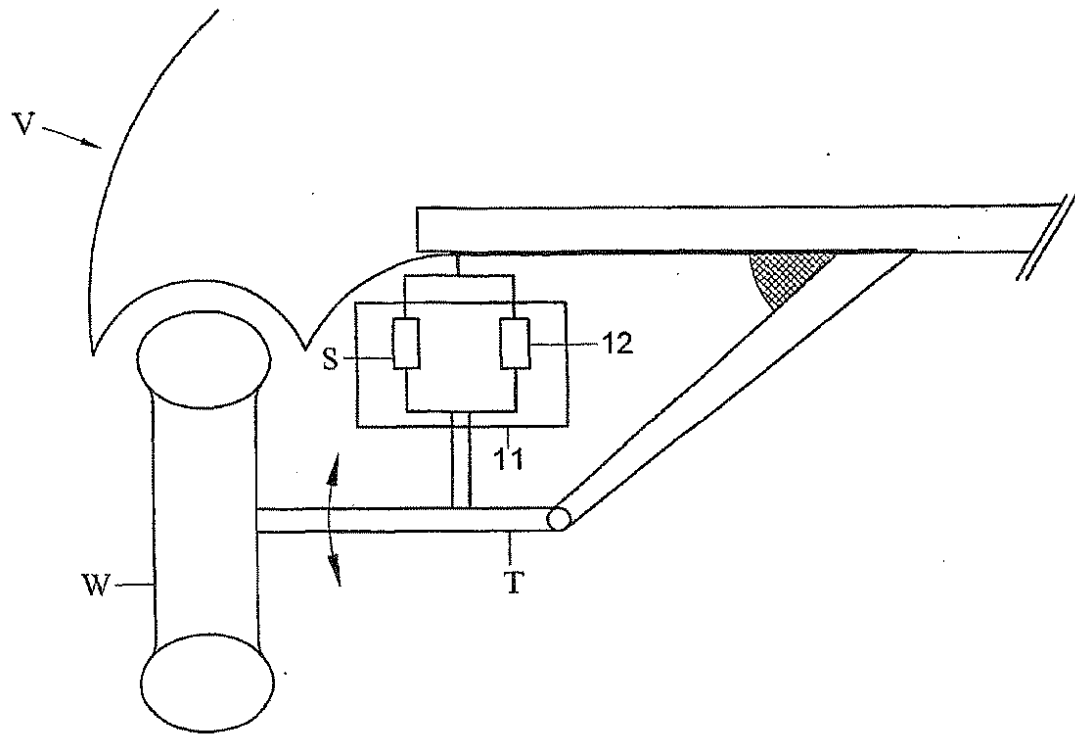


Fig. 12

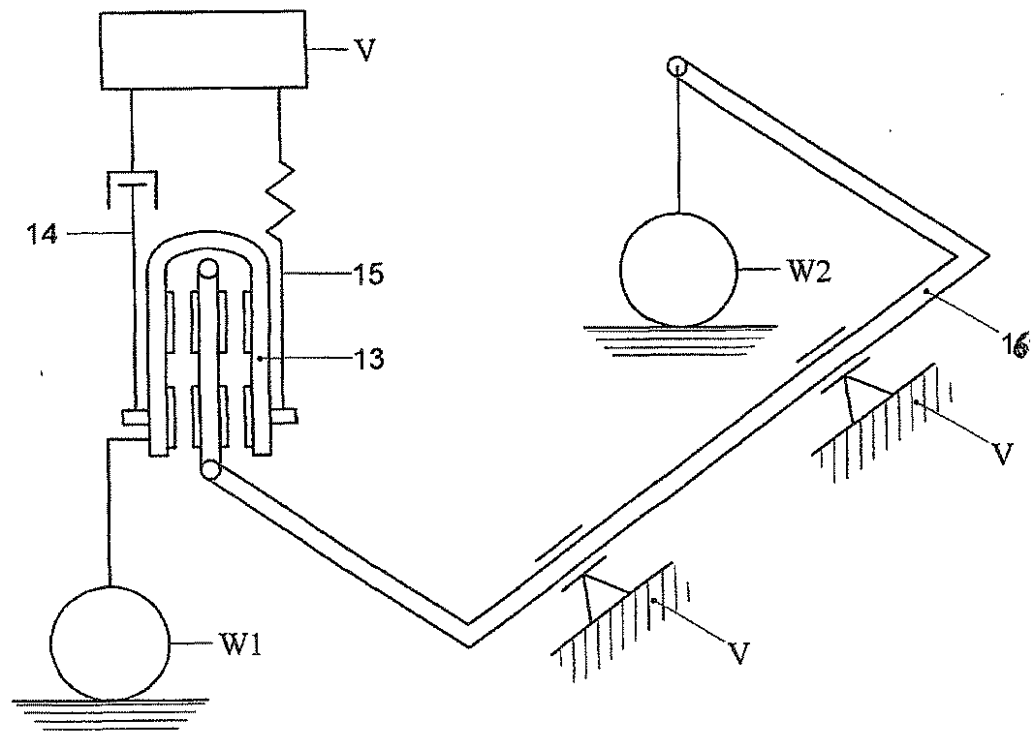


Fig. 13