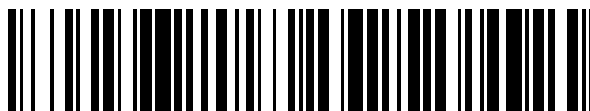


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 424**

51 Int. Cl.:

H02K 33/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2012 PCT/IB2012/002719**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2013 WO13088235**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2012 E 12820887 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2792057**

54 Título: **Actuador electromagnético**

30 Prioridad:

16.12.2011 FR 1103883

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

03.10.2017

73 Titular/es:

**F.Q.N.K. (100.0%)
6 rue Gilles Gahinet
35520 Melesse, FR**

72 Inventor/es:

BARBET, FRÉDÉRIC

74 Agente/Representante:

AZNÁREZ URBIETA, Pablo

ES 2 635 424 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Actuador electromagnético

5 La invención está relacionada con el campo de los actuadores. Más concretamente se refiere a un actuador electromagnético.

Son conocidos actuadores electromagnéticos donde un elemento móvil está adaptado para deslizarse por el interior de un bastidor ferromagnético. Generando un campo electromagnético en el bastidor mediante la introducción de corriente en
10 bobinas dispuestas en cada módulo del bastidor se generan fuerzas de Laplace sobre un imán solidario a dicho elemento móvil y se controla así su desplazamiento lineal. El documento US 4195277A describe un accionador electromagnético según el preámbulo de la reivindicación 1. La presente invención tiene el objetivo de proporcionar una alternativa a las construcciones conocidas de los actuadores
15 electromagnéticos, proponiendo un actuador según la reivindicación 1.

De este modo, el actuador según la invención permite a la vez un bastidor simple y un imán único adaptado para desplazarse por completo en el interior del bastidor, sin pasar más allá de los dos entrehierros formados por interrupciones del circuito realizadas en el eje de desplazamiento en un solo bucle simple del circuito
20 magnético. De esta forma se obtiene un actuador con un rendimiento energético óptimo debido a la simplicidad y la compactabilidad del trayecto del flujo, de modo que el flujo magnético que circula en el bastidor pierde poca energía antes de llegar a los entrehierros y debido a la utilización de un solo imán polarizado movido por dos campos magnéticos en sentidos opuestos resultantes de un mismo flujo
25 magnético.

En una forma de realización preferente de la invención, el bastidor incluye dos módulos en U dispuestos uno frente al otro alrededor del elemento móvil. Cada módulo incluye una pared longitudinal prolongada en sus extremos mediante dos paredes transversales, donde las superficies extremas de las paredes
30 transversales están situadas en un mismo extremo longitudinal del bastidor orientadas frente a frente dos a dos, conformándose así un paso de entrehierro entre dos paredes transversales. Así se realiza de forma simple un bastidor que permite disponer los entrehierros a lo largo del eje de desplazamiento tal como se ha descrito más arriba, de forma que rodean al imán permanente y permiten su
35 desplazamiento lineal y al mismo tiempo se asegura que éste se mantiene

constantemente acoplado a los entrehierros. Además, se dispone de un bastidor abierto que permite su fácil montaje con respecto al elemento móvil y que permite conectar fácilmente elementos funcionales al elemento móvil.

De acuerdo con una característica preferente de la invención, un sensor de posición
5 es solidario al bastidor para detectar el desplazamiento del elemento móvil. Ventajosamente, esta detección podrá emplearse para ajustar el flujo magnético generado en el bastidor. La disposición de este sensor se puede prever bien en un extremo del elemento móvil, a la salida del actuador, bien dentro del módulo. Una vez más, la forma abierta del bastidor permite posicionar fácilmente el sensor en el
10 interior del módulo en una posición que permite la medida del desplazamiento.

Según la invención, el flujo magnético es generado por varias bobinas dispuestas en cada caso alrededor de una pared del bastidor y alimentadas eléctricamente, de modo que cada bobina genera un flujo magnético similar que circula en un bucle simple en el bastidor.

15 Así, se puede seleccionar el número de bobinas que se desea alimentar, sin que por ello se modifique el trayecto del flujo magnético creado por esta alimentación. Es posible sumar los flujos y concentrarlos en un mismo recorrido, en bucle simple, lo que aumenta el rendimiento del actuador.

Según una característica preferente de la invención, las posiciones extremas del
20 elemento móvil están determinadas por medios de tope axial mecánicos, con el fin de definir posiciones estables de reposo del elemento móvil cuando las bobinas no están alimentadas eléctricamente. Dado que los campos magnéticos creados en los entrehierros, entre los que está dispuesto el imán, tienen sentidos opuestos, las fuerzas de repulsión de uno de los campos sobre el imán y las fuerzas de atracción
25 del otro campo sobre este mismo imán se suman para empujar el imán móvil hacia dicha posición extrema del elemento móvil, contra los medios de tope axial. De este modo, el imán se bloquea en una posición determinada, en la que los extremos del imán quedan alojados respectivamente en su entrehierro asociado con el fin de dejar el imán listo para desplazarse en el otro sentido si se invierte la corriente en
30 las bobinas.

Según características particularmente ventajosas de la invención, el elemento móvil puede incluir una pieza magnética añadida sobre el mismo a cierta distancia del imán permanente, con el fin de que esta pieza magnética se extienda fuera del bastidor sea cual sea la posición del elemento móvil, de una posición extrema a la
35 otra. En una forma de realización particular, la pieza magnética añadida tiene una

dimensión transversal superior a la de los entrehierros, con el fin de conformar además un medio de tope axial mecánico del elemento móvil.

Según una característica ventajosa de la invención, el actuador comprende medios para que las posiciones de reposo sean asimétricas y dar más prioridad a una posición de reposo que a otra. Se pueden prever medios mecánicos, por ejemplo con muelles, para posicionar el elemento móvil, o de nuevo medios magnéticos que pueden estar formados ventajosamente por una pieza magnética tal como la arriba mencionada. Se ha de entender que, evidentemente, estos medios se pueden asociar, en particular para asegurar la seguridad de operación del actuador.

10 En el marco de una aplicación específica del accionador a un motor de combustión, el elemento móvil se conecta a un vástago de válvula. Ventajosamente, la posición de reposo prioritaria del actuador tal como se ha descrito más arriba se asigna a la posición cerrada de la válvula. Así, en caso de un fallo de la alimentación eléctrica se puede evitar que la válvula quede en posición abierta, con el riesgo de que, por ejemplo, el pistón la golpee.

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de un modo más preciso de la descripción dada más abajo, descripción que está ilustrada por las siguientes figuras:

Figura 1: es una representación despiezada en perspectiva de un actuador electromagnético según una primera forma de realización de la invención, con cuatro bobinas montadas sobre dos módulos de un bastidor ferromagnético entre los que se desliza un elemento móvil que porta un imán único en una jaula;

Figuras 2 y 3: vistas en sección en plano horizontal del accionador de la figura 1, donde no se muestra la jaula para mayor claridad de la figura y donde se puede ver tanto la circulación en el armazón del flujo magnético creado por las bobinas cuando éstas son alimentadas eléctricamente, en un sentido o en el otro, como las fuerzas de atracción y de repulsión ejercidas sobre el imán;

Figuras 4 y 5: representaciones del actuador en una vista similar a la de las figuras 2 y 3, en una posición de reposo respectivamente proximal y distal, cuando las bobinas ya no están alimentadas eléctricamente; y

Figuras 6 y 7: representaciones de un actuador según una segunda forma de realización de la invención, en una vista similar a la de las figuras 2

y 3, con uno y dos elementos magnéticos, respectivamente, añadidos sobre la pieza móvil.

A continuación se describe un actuador lineal electromagnético 1 de la invención en su aplicación en el arrastre de un vástago de válvula 2 en un motor de
5 combustión. Se debe entender que, sin salir del contexto de la invención, el actuador se podrá conectar a un elemento diferente de una válvula presentando las mismas ventajas de funcionamiento.

La válvula y el elemento móvil están adaptados para desplazarse aquí siguiendo un eje X-X', visible en las figuras.

10 Aquí, el desplazamiento del elemento móvil gobierna el desplazamiento de la válvula entre una posición cerrada, en la que la cabeza de válvula hermetiza la cámara de combustión del motor, y una posición abierta, en la que se libera la cabeza de válvula para permitir la comunicación máxima entre un conducto de admisión o de escape y la cámara de combustión.

15 Como se ilustra en la figura 1, un accionador 1 comprende un bastidor 4 que porta bobinas electromagnéticas 6, así como un elemento móvil 8 adaptado para desplazarse linealmente por el interior del bastidor siguiendo el eje de desplazamiento X-X' por el efecto de un flujo magnético 10 generado en el bastidor.

El bastidor está formado por dos módulos 12 en forma de U que están dispuestos
20 uno frente a otro con el fin de formar un circuito magnético que comprende dos entrehierros 14, 16. En adelante se designará como entrehierro proximal 14 el entrehierro que está orientado hacia la válvula o cualquier otro elemento a accionar y se designará como entrehierro distal 16 el entrehierro que está en dirección opuesta a dicha válvula.

25 Cada módulo en forma de U incluye una pared longitudinal 18 que se extiende siguiendo el eje X-X' y que se prolonga transversalmente en cada uno de sus extremos mediante una pared transversal 20.

El bastidor se monta poniendo los módulos uno frente a otro alrededor del elemento móvil. Dado que el bastidor está abierto, también es posible montar el bastidor
30 fijando los módulos en su posición y después insertar el elemento móvil en el interior entre los módulos. Una vez en posición, el bastidor comprende dos paredes longitudinales paralelas y los dos módulos están orientados uno hacia el otro, de modo que las paredes transversales están enfrentadas dos a dos, dejando un paso que forma un entrehierro en cada extremo longitudinal del bastidor.

Ventajosamente se prevé una cubierta (no mostrada en las figuras) que recubre el actuador para proteger las partes de las bobinas situadas en el exterior del bastidor e impedir así la dispersión del flujo electromagnético en el exterior del bastidor cuando las bobinas son alimentadas eléctricamente.

- 5 El bastidor 4 está hecho de un material ferromagnético. Soporta cuatro bobinas electromagnéticas 6 montadas respectivamente alrededor de una parte del circuito magnético para crear un flujo magnético en el bastidor. Las bobinas están formadas por un arrollamiento de espiras electromagnéticas 22. Tal como se ilustra, las bobinas están dispuestas en cada caso alrededor de una pared transversal y cada
10 una de las bobinas se apoya en parte contra una de las paredes longitudinales del bastidor, lo que permite al mismo tiempo asegurar la colocación por tope de las bobinas y facilitar su refrigeración.

El eje de las bobinas es esencialmente paralelo a las paredes transversales y perpendicular al eje de desplazamiento X-X'. La disposición de las bobinas
15 alrededor de las paredes transversales permite proporcionar un actuador de control afinado en la dirección transversal.

Las bobinas comprenden medios de alimentación eléctrica (no mostrados) que están conectados a un circuito de control (no mostrado). Se entenderá que, para el control eléctrico de las bobinas, se pueden utilizar uno o varios circuitos de control.
20 Ventajosamente, o bien se puede prever un circuito de control propio para cada bobina, o bien se puede prever un solo circuito de control para controlar el conjunto de las bobinas en serie y/o en paralelo en un actuador de menor coste, por ejemplo. En este último caso se observa que son posibles diversas disposiciones de conexión sin salir del contexto de la invención y que el montaje de las bobinas en
25 paralelo y/o en serie no modifica el principio de funcionamiento del actuador de bucle simple de flujo, sino que permite dimensionar la cantidad de corriente suministrada.

La forma del bastidor, es decir, en este caso la forma de los módulos que lo constituyen, hace que, cuando las bobinas son alimentadas eléctricamente, el flujo
30 magnético 10 (visible en las figuras 2 y 3) se genera de modo que sigue un recorrido en bucle simple que pasa sucesivamente por todas las paredes de un módulo 12, del entrehierro proximal 14 al entrehierro distal 16, después sucesivamente por todas las paredes del otro módulo, esta vez del entrehierro distal al entrehierro proximal, para volver a continuación a su punto de partida, generando campos
35 magnéticos en los entrehierros cuando pasa de un módulo al otro, siendo estos campos magnéticos transversales al eje de desplazamiento X-X'. Tal como se

ilustra en las figuras 2 y 3, se observa un campo magnético B_1 establecido en el entrehierro distal 16 y un campo magnético B_2 establecido en el entrehierro proximal 14.

Ventajosamente, sea cual sea la posición de partida del flujo, es decir, sea cual sea la posición de la bobina alimentada eléctricamente, el recorrido en bucle simple del flujo sigue siendo igual y la dirección transversal de los campos magnéticos también sigue siendo igual. El sentido del flujo y de los campos magnéticos en los entrehierros depende del signo de la corriente de alimentación de las bobinas. Con un mismo signo de corriente se puede constatar que el recorrido de flujo es el mismo, independientemente de que se parta de una u otra de las bobinas. Como resultado, con un mismo signo de corriente de alimentación el recorrido de este flujo se mantiene igual, independientemente de que se trate de cuatro bobinas alimentadas simultáneamente o de que se trate de una única bobina alimentada.

Por consiguiente, se puede elegir alimentar únicamente una sola bobina en un modo de menor intensidad y alimentar más o menos bobinas, según la rapidez de respuesta deseada del actuador.

El hecho de tener un recorrido de flujo idéntico sea cual sea la bobina alimentada permite proporcionar una seguridad operativa para que el dispositivo pueda funcionar con una única bobina, dimensionando cada bobina con este fin. Así, se puede funcionar con una bobina durante un fallo eventual de las otras bobinas y hasta la sustitución de éstas.

El elemento móvil está adaptado para desplazarse linealmente por el efecto de los campos magnéticos arriba descritos entre una posición extrema distal (visible en la figura 5), que corresponde a la posición de válvula cerrada en la presente aplicación del actuador, y una posición extrema proximal (visible en la figura 4), que corresponde a la posición de válvula abierta. El desplazamiento del elemento móvil y del vástago de válvula asociado puede estar guiado por medios guía axiales no mostrados aquí.

El elemento móvil 8 incluye un imán permanente 24 alojado en una jaula 26 que rodea el imán y en un extremo de la cual se atornilla el vástago de válvula 2 para hacer que la válvula sea solidaria en el desplazamiento axial del elemento móvil. En el extremo opuesto se prevé (tal como se puede ver en la figura 4) el montaje de un sensor de posición 28, por ejemplo por efecto Hall, adaptado para cooperar con un cárter, no mostrado aquí, que cubre el extremo del elemento móvil que sobresale del bastidor. Alternativamente, el sensor de posición se podrá integrar en los módulos entre las bobinas para evitar ocupar un espacio con un cárter

suplementario. En este caso se deberá encontrar en una zona neutra donde solo se ve la variación del campo del imán. La disposición del actuador la invención, en el que el flujo magnético circula en bucle simple, únicamente sobre la periferia del bastidor, permite generar esta zona neutra entre las bobinas, en los huecos de los
 5 módulos en U.

La jaula, visible en la figura 1, tiene la forma general de un paralelepípedo, cuya dimensión transversal es ligeramente inferior al espesor transversal del entrehierro, es decir, a la distancia entre las paredes transversales enfrentadas de los módulos del bastidor, con el fin de permitir el desplazamiento lineal del elemento móvil sin
 10 rozamiento contra las paredes transversales. Se podrá prever la realización de la jaula por sobremoldeo sobre el imán permanente, entendiéndose que es conveniente, tal como se describirá más abajo, que el imán permanente 24 termine sobre los flancos transversales de la jaula 30. La jaula está hecha de un material no conductor magnético, por ejemplo de aluminio.

15 El imán permanente está polarizado siguiendo una dirección transversal esencialmente paralela a los campos magnéticos B_1 y B_2 existentes respectivamente en los entrehierros. Este imán tiene un espesor igual al espesor de la jaula para que, en esta dirección transversal, no esté cubierto por la jaula y para que termine por los dos lados frente a cada una de las paredes transversales
 20 que forman el entrehierro.

El imán permanente tiene una dimensión longitudinal, según el eje de desplazamiento X-X', esencialmente igual a la distancia entre el centro del entrehierro distal 16 y el centro del entrehierro proximal 14. Así, cuando el imán permanente está colocado en el bastidor, se puede asegurar, en concreto a través
 25 de los medios de tope axial, que cada uno de los extremos del imán está siempre en su lugar dentro del entrehierro asociado y que los campos magnéticos generan a la vez una fuerza de repulsión F_r y una fuerza de atracción F_a sobre el imán.

Por tanto, en la posición extrema distal, ilustrada en la figura 5, se asegura a través de los medios de tope axial que el extremo distal del imán 36 no llega más allá del
 30 entrehierro distal 16 en el exterior del bastidor y que el extremo proximal del imán 34 no llega más allá del entrehierro proximal 14 en el interior de los módulos en U. Incluso se podrá prever en un montaje asegurado donde, en la posición extrema, los extremos de los imanes no están a nivel con las paredes de los módulos, sino ligeramente retirados, en los entrehierros. Y se entiende que se prevén medios
 35 equivalentes para asegurar una buena disposición del imán en la posición extrema proximal.

El imán permanente, y a continuación el vástago de válvula, es apto para desplazarse linealmente según el eje de desplazamiento X-X' por el efecto de los campos magnéticos B_1 y B_2 . Se entiende que el imán permanente está sometido a una fuerza electromagnética de Laplace en una dirección que es transversal al eje X-X' y que conviene elegir el sentido que se desea dar a esta fuerza electromagnética para determinar el sentido de desplazamiento del imán permanente, teniendo en cuenta a la vez el sentido del campo magnético generado por el imán y el sentido de los campos magnéticos creados por las bobinas en los entrehierros. Aquí, el sentido del imán permanente es fijo y es el sentido de la corriente circulante en las bobinas el que es variable. Tal como se ilustra en las figuras 2 a 6, en esta forma de realización se elige un imán permanente que está polarizado de izquierda a derecha. Los circuitos de control asociados a las bobinas son los que permiten cambiar el sentido de las corrientes en las bobinas y, por consiguiente, el sentido de los campos magnéticos en los entrehierros, y los que así permiten cambiar la orientación de las fuerzas de repulsión y de las fuerzas de atracción ejercidas sobre el imán permanente.

A continuación se describirá la utilización del actuador.

Cuando se alimentan las bobinas con corriente eléctrica, en el entrehierro distal se crea un campo magnético B_1 y en el entrehierro proximal un campo magnético B_2 . Tal como se ha descrito anteriormente, dado que según la invención se forma un único bucle simple de flujo, los dos campos magnéticos tienen sentidos opuestos. De acuerdo con la descripción y tal como se ilustra en la figura 2, los circuitos de control generan un sentido de corriente tal que el campo magnético B_1 en el entrehierro distal tiene el mismo sentido que el del imán permanente y el campo magnético B_2 en el entrehierro proximal tiene el sentido opuesto al del imán permanente. Entonces, el imán permanente es atraído hacia el campo del mismo sentido, tal como está esquematizado en la figura mediante la representación de las fuerzas de atracción F_a , mientras que el campo magnético de sentido opuesto a la polarización del imán repele el imán, tal como está esquematizado en la figura mediante la representación de las fuerzas de repulsión F_r .

De este modo, el elemento móvil 8 y el vástago de válvula 2 son desplazados linealmente a lo largo del eje X-X' siguiendo el movimiento del imán permanente 24. Se entiende que aquí el desplazamiento axial del elemento móvil hacia el entrehierro proximal 14 provoca la abertura de la válvula, mientras que su desplazamiento hacia el entrehierro distal 16 provoca su cierre.

La forma del actuador, donde el elemento móvil está adaptado para desplazarse entre los dos entrehierros atravesados por un mismo flujo magnético en sentido contrario, asegura que esta fuerza de repulsión con respecto a un campo magnético y esta fuerza de atracción con respecto al otro campo magnético se sumen en un mismo sentido para participar en el desplazamiento rápido y reactivo del elemento móvil, lo que asegura un buen rendimiento del actuador.

El sentido del desplazamiento lineal del elemento móvil se controla en función del sentido de la corriente. Se entiende que invirtiendo la corriente en las bobinas se invierte el esfuerzo y, por tanto, el sentido de desplazamiento del elemento móvil.

10 En caso de que cada bobina tenga su propio circuito de control, se podrá jugar con el sentido de la corriente enviada a cada una de las bobinas con el fin de jugar con la intensidad del flujo magnético y, con ello, con la rapidez de desplazamiento del elemento móvil.

En función de la intensidad de la corriente eléctrica en las bobinas, las fuerzas de repulsión y de atracción son más o menos grandes y el desplazamiento axial del elemento móvil según el eje de desplazamiento X-X', en un sentido o en otro, tiene mayor o menor magnitud.

Se genera así el desplazamiento en traslación del elemento móvil desde la introducción de la corriente en las bobinas. Más concretamente, se gestiona por una parte el sentido de desplazamiento del imán permanente y por otra parte la velocidad de este desplazamiento, controlando por una parte el sentido y por otra parte la intensidad de la corriente introducida en las bobinas.

Para un valor determinado de la intensidad de la corriente que alimenta las bobinas, el elemento móvil alcanza una posición axial de equilibrio determinada entre la posición extrema distal y la posición extrema proximal. Por tanto, el actuador según la invención permite un levantamiento variable de la válvula regulando la intensidad de alimentación de las bobinas con el fin de controlar el desplazamiento variable del imán permanente entre dos posiciones extremas.

Según la invención existen dos posiciones extremas, respectivamente al nivel del entrehierro distal y del entrehierro proximal, a las que se llega dependiendo del sentido que se le dé a la corriente de alimentación de las bobinas.

Resulta particularmente ventajoso poder mantener estas posiciones extremas en reposo, es decir, cuando se corta la corriente electrónica y ésta ya no circula por las bobinas.

En las figuras 4 y 5 se muestran estas posiciones en reposo del elemento móvil. En ausencia de corriente eléctrica en las bobinas, por consiguiente en ausencia de campo magnético en los entrehierros, el imán permanente tiende a desplazarse a lo largo del eje X-X' para centrarse en dirección axial en el entrehierro distal o proximal, dependiendo de la posición que ocupaba el imán en el momento de eliminar la corriente. Si el imán estaba cerca del entrehierro distal, tiende a alojarse en el entrehierro distal, mientras que si el imán estaba cerca del entrehierro proximal, tiende a alojarse en el entrehierro proximal.

En efecto, el flujo magnético creado por el imán tiende a formar un bucle cerrado. El circuito formado por el bastidor electromagnético permite que este flujo magnético, cuando el imán está alojado en uno de los entrehierros, forme un bucle que circula por el bastidor electromagnético más que por el aire con el fin de minimizar la dispersión del flujo magnético.

La posición de reposo del elemento móvil está determinada magnéticamente por la atracción del imán en el entrehierro y mecánicamente por los elementos de tope axial, por ejemplo por el tope de la válvula que reposa en su posición cerrada contra su asiento en la culata. Se entenderá que los diferentes elementos de tope axial previstos, ya sea en contacto con el vástago de culata, ya sea en contacto con la jaula del elemento móvil, no se han representado.

En esta posición de reposo, el imán permanente tiende a centrarse en el entrehierro más cercano y los medios de tope axial permiten que no llegue a dicha posición axial, sino que permanezca en la posición extrema, sin ir más allá del este entrehierro, con el fin de que este extremo opuesto del imán permanezca al mismo tiempo acoplado en el otro entrehierro.

La posición se vuelve estable por el campo magnético adicional B_3 (visible en las figuras 4 y 5) que se crea en el entrehierro en el que no está alojado el imán. Se entiende que este campo adicional es de sentido inverso al de la polarización del imán debido a la forma en U de los módulos que forman el bastidor y a la circulación en bucle cerrado del campo creado por el imán, y que así genera una fuerza de repulsión que se suma al esfuerzo del imán por centrarse en el entrehierro, de manera que esta suma de fuerzas empuja el imán móvil contra los medios de tope axial.

De este modo, según la invención se pueden obtener dos posiciones de reposo simétricas particularmente estables.

A continuación se describe una segunda forma de realización, mostrada en la figura 6, donde el bastidor y las bobinas no cambian con respecto a la forma de realización

anteriormente descrita y donde el elemento móvil 108 comprende, como anteriormente, un imán permanente 124 alojado preferiblemente en una jaula (no mostrada aquí, pero de forma esencialmente similar a la de la jaula de la figura 1).

Además, en esta segunda forma de realización, están previstas piezas magnéticas añadidas 40 dispuestas sobre el elemento móvil, a un lado y otro, a cierta distancia del imán permanente. Las piezas añadidas pueden estar fijadas sobre la jaula o a una distancia de ésta, o también pueden estar introducidas en la jaula, siempre que se mantengan a una distancia determinada del imán en el eje de desplazamiento.

Sea cual sea su posición en este eje con respecto al imán, es conveniente que cada una de las piezas magnéticas esté posicionada fuera del bastidor, con una pieza magnética proximal y una pieza magnética distal asociadas respectivamente con el entrehierro proximal y el entrehierro distal, mientras que el imán está en el interior de dicho bastidor, entre los entrehierros.

Así, cuando las bobinas son alimentadas eléctricamente, tal como se describe en la primera forma de realización, el imán tiende a posicionarse en uno o el otro de los entrehierros, dependiendo del sentido de la corriente y, por tanto, del flujo magnético. Este desplazamiento lineal del imán tiende a alejar una pieza magnética del entrehierro asociado y tiende a acercar la otra pieza magnética del entrehierro asociado. Uno de los imanes se acerca entonces a las paredes transversales del bastidor, tal como se puede ver en la figura 6, con la pieza magnética proximal cerca de las paredes del bastidor, mientras que el imán se posiciona en el entrehierro distal.

Así, estas piezas magnéticas son particularmente útiles por turnos cuando las bobinas son alimentadas con corriente en un sentido y después en el otro, por un lado porque la atracción alterna de las piezas magnéticas sobre el bastidor añade un esfuerzo suplementario para mantener las posiciones extremas alternas del imán en el entrehierro correspondiente y, por otro lado, porque pueden permitir disminuir la corriente que a suministrar para obtener dicha posición extrema, acompañando el movimiento del elemento móvil.

Por otra parte, estas piezas magnéticas son igualmente útiles cuando las bobinas ya no están alimentadas con corriente, ya que favorecen, por un lado, el desplazamiento del imán hacia una de las posiciones de reposo, es decir, la posición en la que el imán estaba más cerca en el momento de interrumpir la alimentación, tal como se ha descrito anteriormente, y porque, por otro lado, crean un esfuerzo que tiende a empujar el imán permanente a tope cuando éste está en su posición extrema, lo que permite asegurar una posición estable en reposo.

Se entenderá que las piezas magnéticas están dimensionadas para asegurar que serán atraídas por el bastidor, sin por ello perturbar la atracción y la repulsión del imán con respecto a los entrehierros tal como se ha descrito anteriormente en la primera forma de realización.

- 5 Las piezas añadidas permiten además atenuar la dispersión en el aire de la radiación de las bobinas, formando un blindaje del campo magnético del lado del bastidor en el que se extienden. Así, el campo magnético se puede concentrar más intensamente en el circuito magnético y, por extensión, sobre el imán.

En el caso (mostrado en la figura 6) en que las piezas añadidas no están montadas en la jaula, sino directamente sobre vástagos unidos de forma solidaria al imán, por ejemplo, las piezas añadidas pueden servir igualmente de tope axial siempre que tengan una dimensión transversal superior a la del entrehierro correspondiente para apoyarse contra las paredes transversales 120 del bastidor.

En el marco de la aplicación descrita a una válvula de un motor de combustión, resulta particularmente ventajoso dar prioridad a una de las posiciones de reposo con respecto a la otra, de modo que la posición de reposo única corresponda por ejemplo a una posición cerrada de la válvula, con el fin de evitar que uno de los pistones del motor llegue a chocar en su ciclo contra la válvula correspondiente que ha permanecido abierta y sobresaliendo dentro de la cámara de combustión. Tal como se ha descrito anteriormente, es la posición extrema distal la que corresponde aquí a la posición cerrada de la válvula y, en esta forma de realización particular de la invención mostrada en la figura 7, se busca por tanto una posición de reposo prioritaria en la que el imán se aloje siempre en el entrehierro distal, sea cual sea la posición del imán en el momento de interrumpir la alimentación. Se entenderá que la búsqueda de una posición de reposo prioritaria también podrá ser interesante en otras aplicaciones del actuador según la invención.

Por tanto, se prevén medios para que las posiciones de reposo sean asimétricas y dar prioridad a una de ellas con respecto a la otra. Estos medios pueden ser mecánicos o magnéticos y posteriormente se describirán medios magnéticos formados por una pieza magnética añadida tal como se ha mostrado más arriba en la segunda forma de realización. Éstos pueden ser sustituidos o complementados con medios mecánicos, añadiendo la presencia de un muelle de recuperación, por ejemplo.

Tal como se ha visto anteriormente, la pieza añadida está situada de modo que se mantiene a una distancia determinada del imán, de forma que, cuando el imán está

en la posición extrema, atraído por el entrehierro distal, la pieza añadida está más allá del actuador, al otro lado según el eje X-X' del entrehierro proximal.

Sea cual sea la posición del elemento móvil, el hecho de interrumpir la corriente eléctrica de alimentación de las bobinas hace volver automáticamente al elemento móvil a su posición de reposo prioritaria, tendiendo el imán permanente a colocarse de nuevo en el entrehierro distal donde ya no hay campo magnético, empujado hacia este entrehierro distal y no hacia el entrehierro proximal por la atracción de la pieza añadida hacia las paredes transversales que delimitan el entrehierro proximal del bastidor.

10 La utilización de esta pieza magnética también tiene ahí ventajas relativas al esfuerzo suplementario que permite asegurar una posición extrema estable, a la disminución de la corriente a suministrar para obtener dicha posición extrema, a la formación de un blindaje del campo magnético o a la realización de un tope axial.

Se entiende que aquí se da prioridad a una posición de reposo que corresponde a una posición cerrada de la válvula, pero que la simplicidad de diseño del actuador según la invención permite dar prioridad a una posición de reposo con respecto a la otra a voluntad. Bastará con colocar la pieza magnética sobre el elemento móvil más allá del entrehierro distal para favorecer el posicionamiento en reposo del imán permanente en el entrehierro proximal.

20 En el caso en que se añade una sola pieza magnética, se entenderá que ésta podrá estar dispuesta tal como se muestra en la figura 7, entre el imán y el elemento a accionar, aquí una válvula, de manera que el entrehierro proximal separe el imán y la pieza añadida, o, en un funcionamiento en espejo, podrá estar dispuesta de tal modo que sea el entrehierro distal el que separe el imán y la pieza añadida, estando ésta situada siempre fuera del bastidor. Más abajo se describe el funcionamiento de la disposición mostrada en la figura 7 y se entenderá que es igual si la pieza magnética está dispuesta al otro lado del bastidor.

La descripción anterior explica claramente cómo la invención permite alcanzar los objetivos fijados para la misma. En particular, el actuador según la invención tiene un diseño simple y ligero, con módulos en forma de U dispuestos uno frente a otro. Éste ofrece posibilidades múltiples para el montaje: se pueden preparar paralelamente el montaje de las bobinas sobre el bastidor ferromagnético y el montaje de la jaula con el vástago de válvula. El bastidor se monta fácilmente alrededor de la jaula, sin que sea necesario perforar agujeros en las paredes del bastidor para permitir el paso del vástago. De este modo se crea con facilidad la disposición ventajosa de la invención, en la que un imán permanente está adaptado

para desplazarse entre dos entrehierros formados por el bastidor y en los que existen campos de sentidos opuestos, gracias a la forma en bucle del recorrido del flujo por las formas en U de los módulos.

El hecho de que el actuador presente un único bucle de flujo magnético que se
5 mantiene igual sea cual sea la bobina alimentada permite conservar mismo recorrido de flujo sean cuales sean las bobinas alimentadas. Se facilitan operaciones de sustitución de una bobina sin modificar el funcionamiento del actuador. Jugando con el número de bobinas alimentadas se obtiene un campo magnético de intensidad deseada, sin que este número modifique el recorrido del
10 flujo generado. Ventajosamente, este recorrido es simple, formando un bucle, y corto. No hay ninguna pérdida de energía significativa durante el recorrido, de modo que los campos magnéticos existentes en el entrehierro son fuertes. El rendimiento del actuador es muy bueno y prácticamente la totalidad de la energía eléctrica utilizada para la alimentación de las bobinas sirve para desplazar el imán móvil por
15 la repulsión y la atracción de los campos magnéticos.

Además, el hecho de disponer de un solo imán permite limitar los riesgos de montaje de una orientación errónea de las polarizaciones, lo que es particularmente importante en la programación de los actuadores, en concreto en el caso de la aplicación a desplazamientos de válvula, tal como se ha descrito anteriormente,
20 donde se desea dar prioridad a una posición de reposo con respecto a la otra.

Se podrán prever un número y una disposición diferente de las bobinas, por ejemplo con dos bobinas dispuestas en dirección axial alrededor de las paredes longitudinales, si hay más espacio para alojar el actuador, entendiéndose que en esta variante también se forma un bucle simple de flujo con dos entrehierros entre
25 los que se puede desplazar linealmente un imán permanente adaptado para ello.

En una variante no representada, se podrá prever que el actuador presente una forma cilíndrica obtenida a partir del bastidor y el elemento móvil mostrados en la figura 1. El perfil de los dos módulos y del imán permanente se hace girar alrededor de un eje paralelo al eje de desplazamiento y dispuesto en el exterior del bastidor.
30 De este modo se obtiene un actuador cilíndrico con, desde su centro hasta su periferia, un módulo cilíndrico interior, un imán cilíndrico de sección anular y un módulo cilíndrico exterior. En el centro del actuador se puede alojar una bobina, que puede generar un flujo magnético en bucle simple entre los dos módulos coaxiales. El imán permanente permanece situado, conforme a la enseñanza de la
35 invención, en dirección axial entre los dos entrehierros.

En una variante no representada, se podrá prever que el accionador permita un desplazamiento del elemento móvil a lo largo de un eje de desplazamiento curvo. Para ello, el actuador incluye un elemento móvil que tiene un radio de curvatura equivalente a la curvatura del eje de desplazamiento. El bastidor podrá presentar
5 en caso necesario, según el plano en el que está comprendido dicho eje curvo, entrehierros curvados para que el imán en su desplazamiento no choque con las paredes que delimitan estos entrehierros. Como anteriormente, esta variante presenta también aquí la ventaja de un flujo magnético que circula en un único bucle simple y un imán permanente dispuesto en el interior del bastidor entre dos
10 entrehierros dispuestos sobre el circuito magnético que recibe este flujo.

No obstante, la invención no se limita a las formas de realización específicamente descritas aquí y se extiende en particular a todos los medios equivalentes y a cualquier combinación técnicamente operativa de estos medios. En concreto, el actuador se podrá realizar para su integración en un sistema existente utilizando
15 piezas existentes para realizar las funciones de bastidor magnético y de elemento móvil imantado. Por ejemplo, el bastidor se podrá realizar mediante formas apropiadas de la culata de un motor y prever una parte imantada para integrarla en el vástago de válvula con el fin de conformar el elemento móvil.

20

Reivindicaciones

1. Actuator electromagnético, en el que un elemento móvil (8; 108) está adaptado para deslizarse por el interior de un bastidor ferromagnético (4) según un eje de desplazamiento (X-X') determinado entre dos posiciones extremas bajo el efecto de un flujo magnético (10) que circula por dicho bastidor,

5 formando dicho bastidor un circuito magnético en bucle simple interrumpido por dos entrehierros (14, 16) dispuestos cada uno sobre dicho eje de desplazamiento del elemento móvil, de modo que el flujo circula en un único bucle simple por el bastidor y de forma que genera al nivel de los entrehierros dos campos magnéticos (B1, B2) de sentidos opuestos, extendiéndose cada campo magnético transversalmente con respecto a dicho eje de desplazamiento determinado,

10 comprendiendo el elemento móvil un imán permanente (24; 124) polarizado en un sentido determinado,

15 caracterizado por que el imán permanente tiene una dimensión axial, según el eje de desplazamiento, esencialmente igual a la distancia entre el centro de cada uno de los dos entrehierros, siendo la dimensión axial tal que, en cada posición extrema, un extremo del imán (34) se extiende dentro de uno de los entrehierros (14), mientras que el extremo opuesto del imán (36) se extiende dentro del otro entrehierro (16).

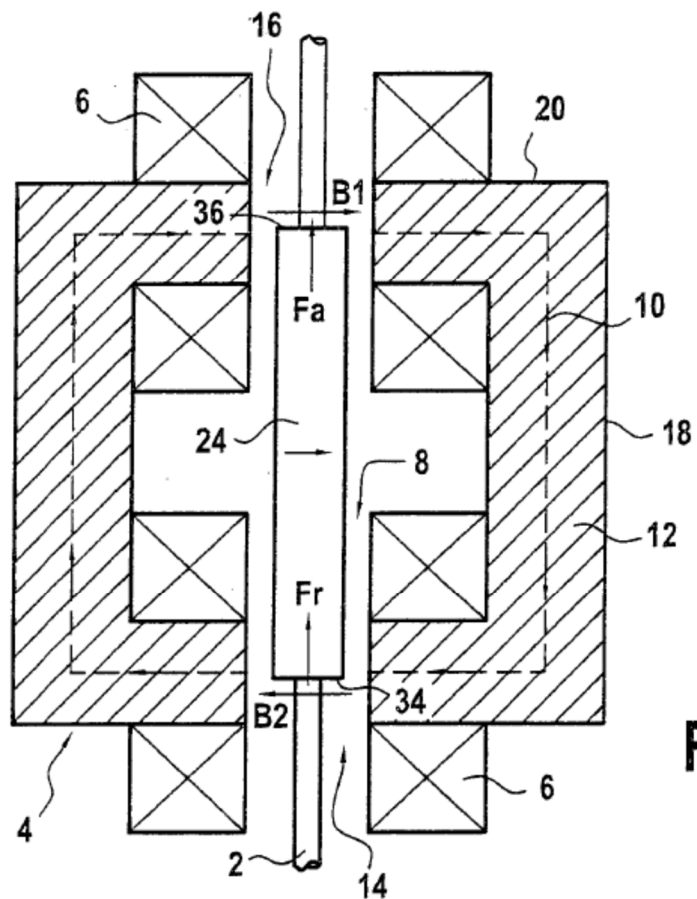
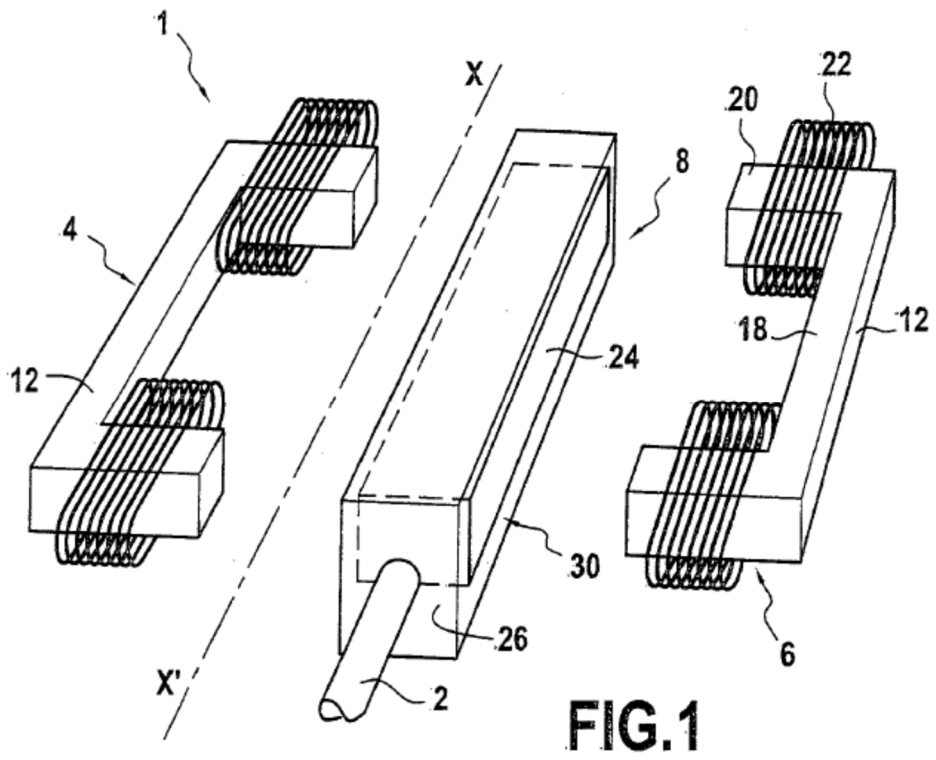
20
2. Actuator según la reivindicación 1, caracterizado por que el bastidor (4) comprende dos módulos en U (12) dispuestos uno frente al otro alrededor del elemento móvil (8; 108), comprendiendo cada módulo una pared longitudinal (18) prolongada en sus extremos por dos paredes transversales (20; 120), con las superficies de extremo de las paredes transversales situadas en un mismo extremo longitudinal del bastidor, orientadas frente a frente dos a dos, a distancia una de la otra, para formar los entrehierros (14, 16).

25
3. Actuator según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que un sensor de posición (28) es solidario con el bastidor (4) para detectar el desplazamiento del elemento móvil (8; 108).

30
4. Actuator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el flujo magnético (10) es generado por varias bobinas (6) situadas respectivamente alrededor de una pared del bastidor (4) y alimentadas

eléctricamente para que cada bobina genere un flujo magnético similar, que circula en bucle simple por el bastidor.

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
5. Actuator según la reivindicación anterior, caracterizado porque dichas posiciones extremas del elemento móvil (8; 108) están determinadas por medios de tope axial mecánicos con el fin de formar posiciones estables de reposo del elemento móvil cuando las bobinas (6) ya no están alimentadas eléctricamente, sumándose fuerzas de repulsión (F_r) de uno de los campos (B_1 , B_2) sobre el imán (24; 124) y fuerzas de atracción (F_a) del otro campo sobre este mismo imán para empujar el imán permanente y el elemento móvil contra dichos medios de tope axial.
 6. Actuator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el elemento móvil comprende una pieza magnética (40) añadida sobre el elemento móvil (108) a distancia del imán permanente (124), de tal modo que dicha pieza magnética se extiende fuera del bastidor (4) sea cual sea la posición del elemento móvil de una posición extrema a la otra.
 7. Actuator según la reivindicación anterior, caracterizado porque dicha pieza magnética (40) añadida tiene una dimensión transversal superior a la de los entrehierros (14, 16), con el fin de formar un medio de tope axial mecánico del elemento móvil (108).
 8. Actuator según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende medios para que las posiciones de reposo sean asimétricas y dar más prioridad a una posición de reposo que a otra.
 9. Actuator según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque el elemento móvil (8; 108) está unido a un vástago de válvula (2) de un motor de combustión, correspondiendo la posición de reposo prioritaria a la posición cerrada de la válvula.



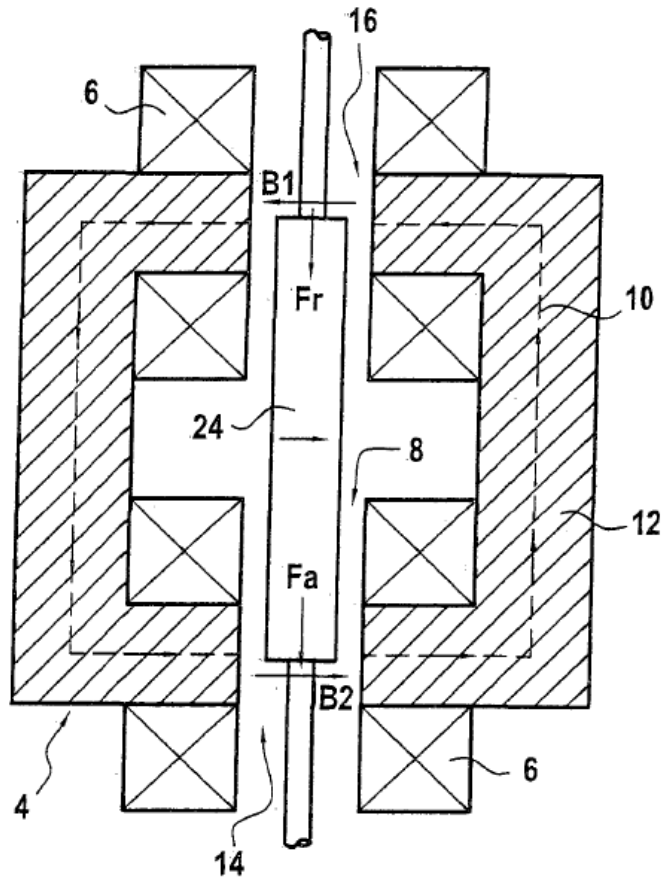


FIG. 3

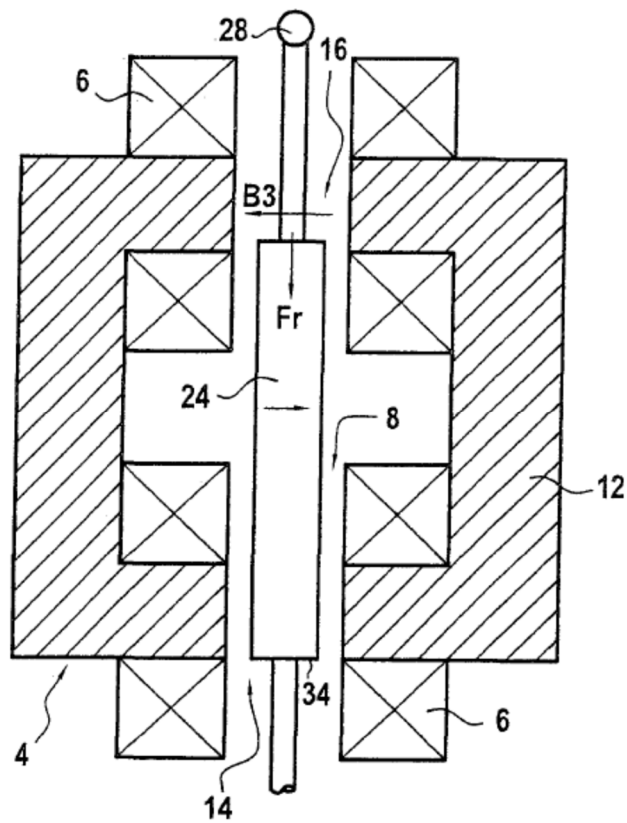


FIG. 4

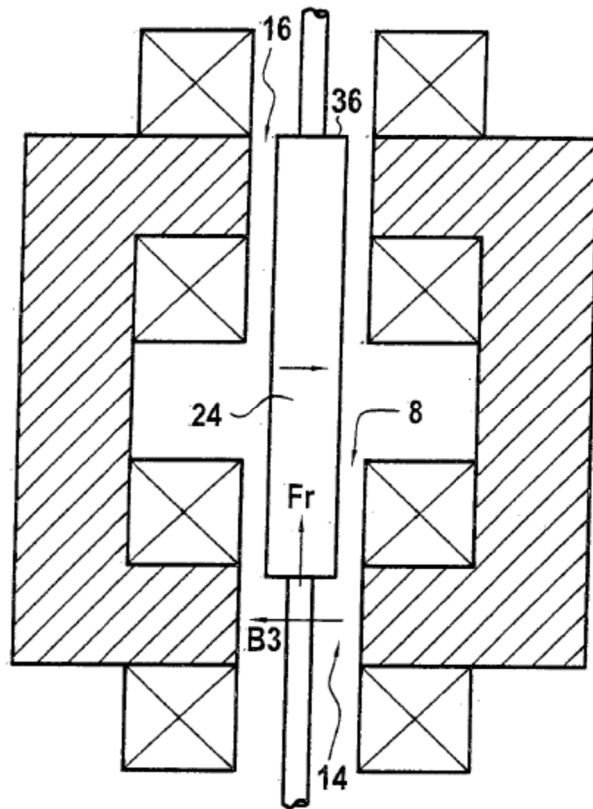


FIG. 5

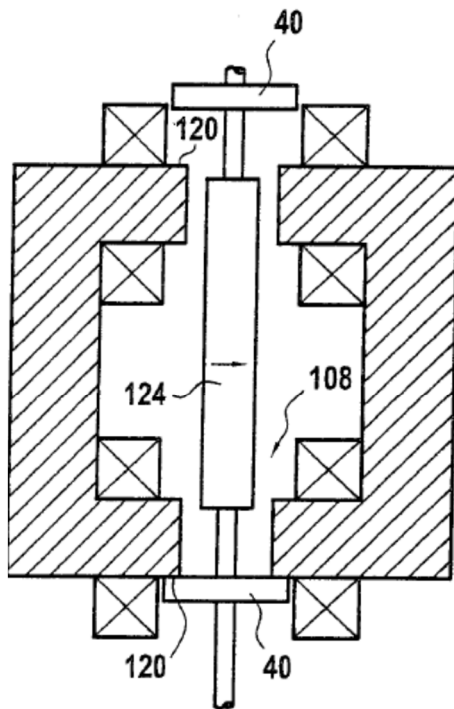


FIG. 6

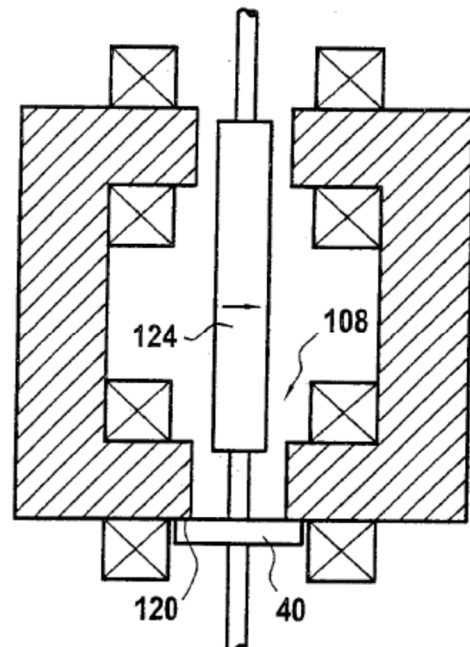


FIG. 7