

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 882 586**

51 Int. Cl.:

F25B 21/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2014** **PCT/IB2014/002621**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2015** **WO15079313**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2014** **E 14830546 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.07.2021** **EP 3074701**

54 Título: **Aparato térmico magnetocalórico**

30 Prioridad:

29.11.2013 FR 1361816

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

02.12.2021

73 Titular/es:

UBIBLUE (100.0%)
23 Boulevard de l'Orangerie
67000 Strasbourg, FR

72 Inventor/es:

MULLER, CHRISTIAN y
BRUMPTER, GUILLAUME

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 882 586 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

Aparato térmico magnetocalórico

5 Campo técnico:

La presente invención se refiere a un aparato térmico magnetocalórico que comprende al menos:

- 10 - tres rotores magnéticos coaxiales, acoplados a un actuador para poder moverse en rotación alrededor de un eje de rotación, de los cuales dos rotores magnéticos tienen una sola cara y un rotor magnético central dispuesto entre los otros dos que es de doble cara, dichos rotores magnéticos que están provistos de polos magnéticos diametralmente opuestos, alineados entre sí, y que delimitan entre ellos espacios de aire situados en dos planos de espacios de aire paralelos,
- 15 - dos soportes de elementos magnetocalóricos dispuestos en dichos planos de espacios de aire,
- elementos magnetocalóricos soportados por dichos dos soportes y conectados de forma fluida entre sí mediante conexiones fluidicas en las que circula al menos un fluido caloportador y que forman al menos un circuito fluido determinado, y
- 20 - medios para mover dicho fluido caloportador en dicho circuito fluido a través de dichos elementos magnetocalóricos en un movimiento alterno de ida y vuelta en función de los ciclos magnéticos creados por dichos rotores magnéticos.

Estado de la técnica

25 La tecnología de refrigeración magnética a temperatura ambiente se conoce desde hace más de treinta años y se conocen sus ventajas en términos de ecología y desarrollo sostenible. También se conocen sus límites en lo que respecta a su producción de calor útil y su eficiencia térmica. En consecuencia, la investigación realizada en este campo tiende a mejorar el rendimiento de los dispositivos térmicos magnetocalóricos, ajustando los diversos parámetros, como la intensidad del campo magnético, el rendimiento del material magnetocalórico, la superficie de intercambio de calor entre el fluido caloportador y los elementos magnetocalóricos, el rendimiento de los intercambiadores de calor, etc.

30 Hoy en día, los desarrollos se basan en la optimización de los dispositivos con el fin de, por un lado, poder fabricarlos en grandes series y, por otro, garantizar una larga vida útil. Además, en el diseño de este tipo de aparatos térmicos magnetocalóricos entra en consideración un elemento adicional, y consiste en su compacidad, imprescindible en muchos campos de aplicación. De hecho, además de que deba tener una eficiencia energética explotable, un aparato térmico magnetocalórico también debe tener un tamaño o volumen relativamente pequeño que permita, por ejemplo, integrarlo en un electrodoméstico, un vehículo, etc. que exista en el mercado o nuevo.

35 Un aparato térmico magnetocalórico se compone de varios elementos esenciales para su funcionamiento. Entre estos elementos esenciales se encuentran los denominados materiales magnetocalóricos, cuya temperatura varía según el campo magnético al que están sometidos. Más particularmente, el material magnetocalórico se calienta casi instantáneamente cuando se coloca en un campo magnético o se somete a un campo magnético intenso, y se enfría de acuerdo con la misma dinámica térmica cuando se retira del campo magnético o se somete a un campo magnético débil. La variación del campo magnético se genera por un sistema o disposición magnética que constituye otro elemento esencial y que se puede realizar, por ejemplo, mediante electroimanes alimentados por una corriente variable, o por un conjunto de imanes permanentes en desplazamiento relativo con respecto a los materiales magnetocalóricos. Cuanto mayor sea la cantidad de material magnetocalórico en un aparato térmico, mayor será la potencia térmica de ese aparato.

40 Para extraer la energía de las fases o ciclos magnéticos, cada uno de los cuales consta de una imantación o magnetización y una desimantación o desmagnetización, se utiliza un fluido caloportador líquido o gaseoso. Este fluido caloportador se hace circular para que entre en contacto térmico con dichos materiales magnetocalóricos de modo que se caliente en contacto con el material magnetocalórico durante la denominada fase de magnetización, y se enfríe en contacto con el material magnetocalórico durante una fase denominada de desmagnetización. Convencionalmente, el fluido caloportador circula en canales rectilíneos o por poros existentes o creados en el material magnetocalórico. Esta circulación corresponde a un flujo hidráulico del fluido, preferiblemente en modo laminar, para obtener una máxima superficie de intercambio, con una mínima pérdida de carga hidráulica.

45 Finalmente, para poder utilizar el aparato térmico magnetocalórico, este último debe estar conectado térmicamente de forma directa o mediante intercambiadores de calor al medio o a la aplicación en la que es necesario intercambiar y/o evacuar la energía térmica producida.

50 Las necesidades actuales en el campo de los dispositivos térmicos magnetocalóricos se centran en la simplicidad de diseño y montaje, así como en la reducción del tamaño de estos aparatos.

65

Para este fin, el solicitante ha desarrollado un aparato térmico magnetocalórico como se muestra esquemáticamente en las figuras 1, 2 y 3, con referencia a la publicación WO 2013/076571. La figura 1 representa un circuito fluido en un instante t que conecta los elementos magnetocalóricos M1, M2, M7, M8 y M3, M4, M5, M6, montados respectivamente sobre dos soportes SUP1 y SUP2. Los elementos magnetocalóricos M3, M4, M8, M7 sometidos a un campo magnético están representados por un rectángulo rayado y los elementos magnetocalóricos M1, M2, M6, M5 fuera del campo magnético están representados simplemente por un rectángulo. El interés de conectar dos elementos magnetocalóricos M1 y M2, M3 y M4, M5 y M6, M7 y M8 que se encuentran en el mismo estado magnético –es decir, ambos sometidos a un campo magnético o no– entre un intercambiador de calor EC1 o EC2 y un actuador de fluido A1 o A2, permite incrementar el gradiente de temperatura obtenido en estado estacionario entre los extremos caliente C y frío F del aparato térmico magnetocalórico. En este aparato, el campo magnético se obtiene mediante dos unidades magnéticas, cada una de las cuales comprende dos rotores magnéticos giratorios sobre los que se montan imanes permanentes AP (véase figura 2). En total, el aparato tiene por tanto cuatro rotores magnéticos. Los imanes permanentes de cada unidad magnética forman dos polos P1, P2 dispuestos esencialmente a 180° entre sí, es decir, diametralmente opuestos con respecto al eje de rotación X de dichas unidades magnéticas. Las dos unidades magnéticas están desplazadas sobre el mismo eje de rotación X, en un ángulo de 90° grados, como se muestra en la figura 2. Lógicamente, el aparato que hace circular el fluido caloportador en el circuito de fluido que conecta los elementos magnetocalóricos de los dos soportes SUP1 y SUP2 está dispuesto entre las dos unidades magnéticas. Su presencia tiene el principal inconveniente de incrementar el volumen del aparato térmico magnetocalórico (a lo largo del eje longitudinal X, véase en particular la figura 2). Este aparato comprende en particular una leva de control CC montada en rotación sobre el eje de rotación X dispuesta para mover los pistones de los actuadores A1, A2.

La figura 3 es una vista que muestra los soportes SUP1 y SUP2 de los elementos magnetocalóricos, vistos a lo largo de los planos A y B de la figura 2, y conectados de forma fluida entre sí mediante tuberías que forman un circuito de fluido. Se puede observar que la implementación del circuito fluido es compleja y engorrosa y que la longitud de tuberías requerida también es muy larga. En particular, se puede ver que cuatro tubos identificados por una delgada línea discontinua discurren cada uno por la media circunferencia de los soportes SUP1, SUP2. Estos cuatro tubos corresponden a la conexión fluida de elementos magnetocalóricos de un mismo soporte SUP1, SUP2 que se encuentran en el mismo estado magnético (M8 y M7, M1 y M2; M4 y M3, M6 y M5). La consecuencia directa de estos largos tramos de tubería es una caída de presión que da lugar a una disminución en la eficiencia del aparato y una pérdida de rendimiento, porque el fluido caloportador contenido en las conexiones fluidas no se aprovecha completamente debido a un alto volumen muerto, y es más probable que cause pérdida de calor al aumentar las superficies de intercambio con el medio ambiente.

Para reducir el tamaño de este aparato térmico magnetocalórico, el solicitante ha desarrollado un generador magnético que comprende tres rotores magnéticos en lugar de cuatro, coaxiales y paralelos, que delimitan dos espacios de aire paralelos entre ellos. Esta disposición tiene la ventaja de reducir el volumen y el peso del aparato térmico, en comparación con el descrito con referencia a las figuras 1 a 3. Un ejemplo de dicho sistema magnético se describe en la publicación FR 2 987 433 (véase en particular la figura 6) y en la solicitud de patente francesa FR 12/57323 (véase en particular la figura 12) presentada por el solicitante. Sin embargo, el circuito de distribución de fluido caloportador descrito en el aparato de las figuras 1 a 3 no es compatible con un sistema magnético con tres rotores magnéticos. De hecho, en dicha configuración, los elementos magnetocalóricos dispuestos esencialmente opuestos entre sí, en los dos soportes situados en los espacios de aire, se encuentran todos en el mismo estado magnético, ya que los polos magnéticos formados por los rotores magnéticos están obligatoriamente alineados. Por el contrario, en la configuración anterior que comprende dos unidades magnéticas independientes, los polos magnéticos podrían estar desplazados o desfasados 90° , por ejemplo, provocando un desplazamiento angular en el estado de magnetización de los elementos magnetocalóricos dispuestos esencialmente opuestos entre sí.

Además, la publicación US 2011/0067415 A1 describe un aparato térmico magnetocalórico que comprende varias etapas de elementos magnetocalóricos entre varias etapas de rotores magnéticos. Sin embargo, los elementos magnetocalóricos están conectados entre sí en paralelo y están integrados en un solo circuito fluido.

Divulgación de la invención:

La presente invención tiene como objeto proporcionar un aparato térmico magnetocalórico que comprende tres rotores magnéticos coaxiales alineados y que forman dos planos de espacios de aire en los que se colocan soportes que comprenden materiales magnetocalóricos, este aparato que tiene un volumen optimizado y en el que el circuito hidráulico y su sistema de accionamiento es fácil de operar.

Este objeto se consigue mediante un aparato térmico magnetocalórico del tipo indicado en el preámbulo, caracterizado por que dichas conexiones fluidas se conectan en serie en pares en dicho circuito fluido de elementos magnetocalóricos pertenecientes respectivamente a los dos soportes, dichos elementos magnetocalóricos que están conectados en pares en el mismo estado magnético y colocados opuestos entre sí.

Dicha configuración o estructura giratoria en la que el sistema magnético está en desplazamiento relativo con respecto a los elementos magnetocalóricos tiene la ventaja de tener una buena relación de material magnetocalórico por

volumen utilizado. Dado que la potencia térmica del aparato térmico depende en particular de la cantidad de material magnetocalórico utilizado, una disposición de este tipo realmente es muy ventajosa.

5 Según la invención, cada circuito fluido puede comprender primeros elementos magnetocalóricos de cada soporte en idéntico estado magnético y segundos elementos magnetocalóricos de cada soporte en estado magnético inverso, dichos medios de desplazamiento que pueden estar diametralmente opuestos y dispuestos para mover el fluido caloportador en dos direcciones opuestas.

10 Dichos medios de desplazamiento comprenden ventajosamente actuadores colocados centralmente con respecto al plano medio del aparato térmico que pasa por el rotor magnético central.

Para optimizar el volumen del aparato, dicho rotor magnético central puede incluir al menos un medio de control para dichos actuadores.

15 Además, los medios de control del actuador pueden incluir dos perfiles de leva, cada perfil de leva que está dispuesto para accionar uno de los dos actuadores de cada circuito fluido. En otras palabras, una parte de los actuadores es accionada por un perfil de leva y la otra parte de los actuadores del aparato es accionada por el otro perfil de leva.

20 Según la invención, los perfiles de leva pueden ser idénticos, pero estar desplazados en un ángulo de 90° alrededor del eje de rotación.

Naturalmente, el aparato según la invención puede comprender preferiblemente varios circuitos fluidos y los actuadores asociados a los circuitos fluidos pueden estar distribuidos uniformemente alrededor del eje de rotación.

25 Según la invención, los elementos magnetocalóricos portados por dichos soportes pueden disponerse simétricamente con respecto al plano medio del aparato térmico que pasa por el rotor magnético central.

30 Todos los circuitos fluidos del aparato térmico se pueden conectar de forma fluida a un intercambiador de calor común a nivel del lado frío del aparato térmico y/o a un intercambiador de calor común a nivel del lado caliente del aparato térmico. Como variante, cada circuito fluido se puede conectar de forma fluida a un intercambiador de calor asociado al mismo a nivel del lado frío del aparato térmico y/o a un intercambiador de calor asociado al mismo a nivel del lado caliente del aparato térmico.

35 Según la invención, cada rotor puede incluir además al menos dos pares de polos magnéticos. Pueden comprender, por ejemplo, cuatro o seis polos, es decir dos o tres pares de polos diametralmente opuestos.

Preferiblemente, el fluido caloportador es un líquido. Para ello, es posible, por ejemplo, utilizar agua pura o agua con anticongelante añadido, un producto de glicol o salmuera.

40 Breve descripción de los dibujos:

La presente invención y sus ventajas serán más evidentes con la siguiente descripción de realizaciones dadas a modo de ejemplos no limitantes, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 45 - la figura 1 es una vista esquemática de un circuito fluido de un aparato térmico magnetocalórico según la técnica anterior,
 - la figura 2 es una vista esquemática en sección axial del aparato según la técnica anterior correspondiente al circuito fluido de la figura 1,
 - la figura 3 muestra todas las conexiones fluidas o conductos de un circuito fluido del aparato de la figura 2,
 50 ilustrando los soportes de los elementos magnetocalóricos vistos en alzado a lo largo de los planos A y B de la figura 2,
 - la figura 4 es una vista esquemática en sección axial de un aparato térmico según la invención,
 - la figura 5 muestra esquemáticamente un circuito fluido del aparato de la figura 4,
 - la figura 6 muestra todas las conexiones fluidas de un circuito fluido del aparato de la figura 4, ilustrando los
 55 soportes de los elementos magnetocalóricos vistos en alzado a lo largo de los planos A' y B' de la figura 4,
 - la figura 7 es una vista en perspectiva del aparato de la figura 4 que muestra un circuito fluido, en el que no se muestran los rotores magnéticos.
 - la figura 8 es una vista idéntica a la de la figura 7, en la que se muestran los rotores magnéticos,
 - la figura 9 es una vista en perspectiva del aparato de la figura 4 que muestra varios circuitos fluidos,
 60 - la figura 10 es una vista en perspectiva de una variante del aparato mostrado en la figura 9, y
 la figura 11 representa los dos soportes de elementos magnetocalóricos vistos en alzado a lo largo de los planos A' y B' de la figura 4.

Ilustraciones de la invención y diferentes formas para llevarla a cabo:

65 En los ejemplos de realización ilustrados, las piezas o partes idénticas llevan las mismas referencias numéricas.

Los dibujos de las figuras 4 a 10 muestran dos formas de realización alternativas de un aparato 1, 1' térmico magnetocalórico según la invención. Comprende un sistema magnético con tres rotores magnéticos R1, R2, R3 que, por su rotación alrededor del eje de rotación R, someten a los elementos magnetocalóricos M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18 a una variación de campo magnético. Los rotores magnéticos R1, R2, R3 tienen polos magnéticos. En el ejemplo, cada rotor R1, R2, R3 tiene dos polos magnéticos diametralmente opuestos. Además, los polos de los rotores R1, R2, R3 se montan alineados entre sí. Permiten crear en el aparato cuatro espacios de aire en pares diametralmente opuestos y alineados en pares, dispuestos en dos planos de espacios de aire PE1, PE2. Los rotores magnéticos R1, R2, R3 comprenden cada uno una armadura T1, T2, T3 sobre la que se montan imanes permanentes AP1, AP2, AP3 capaces de asociarse con elementos ferromagnéticos para formar los polos magnéticos. Más precisamente, se dice que los dos rotores magnéticos R1 y R3 de los extremos son de un solo lado, es decir, comprenden imanes en un solo lado y se dice que el rotor magnético central R2 es de doble cara, es decir, tiene imanes en ambos lados o imanes pasantes. Los elementos magnetocalóricos M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18 están montados en dos soportes fijos S1, S2 posicionados en los planos del espacio de aire PE1, respectivamente PE2 y, por tanto, coaxiales y paralelos entre sí.

Aunque la presente descripción presenta rotores magnéticos provistos de dos polos, la invención no se limita a este número de polos. Naturalmente, es concebible producir rotores que comprendan más polos, por ejemplo, cuatro polos diametralmente opuestos en pares.

En el sentido de la presente invención, un elemento magnetocalórico puede comprender uno o más tipos de materiales magnetocalóricos. Un elemento magnetocalórico puede comprender, por ejemplo, varias partes provistas de canales para el paso del fluido caloportador, dichas partes que son contiguas o están separadas por un elemento para encajar o guiar el fluido caloportador, permitiendo sin embargo una conexión fluida directa. Un elemento magnetocalórico puede consistir, por ejemplo, en una sucesión de secciones de materiales magnetocalóricos dispuestas sobre o en el mismo soporte S1 o S2 y unidas de forma fluida entre sí.

El aparato según la invención comprende al menos un circuito fluido B1, B2, B3 que atraviesa los elementos magnetocalóricos. Cada circuito fluido comprende conexiones fluidicas que conectan hidráulicamente varios elementos magnetocalóricos en serie y en los que circula al menos un fluido caloportador. El fluido caloportador se mueve en cada circuito fluido mediante medios de desplazamiento adecuados, como se explica a continuación.

En los elementos magnetocalóricos, el fluido caloportador circula desde su extremo frío F hasta su extremo caliente C durante una primera fase del ciclo magnético que corresponde a una fase de calentamiento, en la que los elementos magnetocalóricos se colocan en un espacio de aire y se someten a un campo magnético que provoca un aumento en su temperatura, y a continuación desde su extremo caliente C hasta su extremo frío F durante una segunda fase del ciclo magnético que corresponde a una fase de enfriamiento, en la que los elementos magnetocalóricos se colocan fuera de un espacio de aire y se someten a un campo magnético nulo que provoca una disminución de su temperatura.

Para realizar el esquema hidráulico ilustrado en la figura 1 en una configuración de aparato como el de la figura 4, tanto optimizando la longitud de las conexiones fluidicas necesarias como reduciendo el volumen del aparato, el solicitante fue contra un prejuicio que consiste en colocar, por un lado, los elementos magnetocalóricos conectados al intercambiador caliente EC2 del aparato, sobre un soporte SUP2 próximo al lado caliente C y, por otra parte, disponiendo los elementos magnetocalóricos conectados al intercambiador frío EC1 sobre un soporte SUP1 cercano al lado frío F, y conectando así directamente de forma fluida los elementos magnetocalóricos que se encuentran en el mismo estado magnético y que pertenecen al mismo soporte.

Efectivamente y en referencia a la figura 5, en el aparato 1 según la invención, un circuito fluido B1 que conecta en serie por conexiones fluidicas ocho elementos magnetocalóricos M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18, conecta respectivamente cuatro elementos magnetocalóricos M12, M14, M15, M17 de un primer soporte S1 directamente a cuatro elementos magnetocalóricos respectivamente M11, M13, M16, M18 del segundo soporte S2, dichos elementos magnetocalóricos que están dispuestos uno frente a otro y en el mismo estado de magnetización. El lado caliente C del aparato 1 se encuentra a la derecha en las figuras 5 y 7, al nivel del intercambiador caliente E12 y el lado frío F del aparato está situado a la izquierda, al nivel del intercambiador frío E11. En comparación con el diagrama de la figura 5, se desprende de la figura 7, que los elementos magnetocalóricos M13, M14, M15, M16 están conectados al lado frío o al intercambiador frío E11 del aparato 1 pero distribuidos sobre los dos soportes S1, S2, mientras que el soporte que se dispone en el lado frío es el soporte S1. Lo mismo ocurre con los elementos magnetocalóricos M11, M12, M17, M18 distribuidos en los dos soportes S1, S2, pero conectados al intercambiador caliente E12 en el lado caliente C del aparato 1, mientras que el soporte que se dispone del lado caliente es el soporte S2.

Dicha disposición permite reducir significativamente la longitud de las conexiones fluidicas o conductos necesarios para cerrar el circuito fluido, en particular al dividir por tres la longitud en comparación con el sistema convencional como se muestra en la figura 3. Este resultado es sorprendente, porque al final, un circuito fluido realiza seis pasadas desde un soporte S1, S2 al otro soporte S2, S1, es decir, cuatro pasadas directas entre elementos magnetocalóricos y dos pasadas a través de los actuadores A11, A12. Este acortamiento de la longitud de los circuitos fluidicos también es posible gracias a la integración, en el rotor magnético central R2 de una leva de control CC de los actuadores A11,

A12 o pistones. Esta construcción permite apretar o acercar al máximo los soportes S1, S2 de los elementos magnetocalóricos, y colocar la leva de control CC de los actuadores A11, A12 fuera o al margen del volumen axial del aparato 1 térmico magnetocalórico. Esta construcción también permite accionar la leva de control CC en rotación alrededor del eje de rotación R a la misma velocidad que los rotores magnéticos R1, R2, R3 sincronizados directamente con las variaciones de magnetización. Para permitir el movimiento del fluido caloportador de modo que cuando un elemento magnetocalórico se calienta el fluido caloportador se dirija hacia el intercambiador caliente E12 y que cuando se enfríe, el fluido caloportador se dirija hacia el intercambiador frío E11, la leva de control CC comprende dos perfiles de leva F1, F2 idénticos pero con un desplazamiento angular de 90° alrededor del eje R. El desplazamiento angular es necesario y se debe al posicionamiento de los actuadores. De hecho, es necesario que en el mismo circuito fluido, un actuador esté en un estado y el otro actuador esté en el estado opuesto o complementario. De hecho, al estar cerrado el circuito fluido, el fluido del circuito fluido debe poder moverse sin compresión del fluido. En el ejemplo ilustrado, este desplazamiento entre los perfiles es de 90° (correspondiente a un desfase de 180° entre los actuadores de un circuito fluido dividido por el número de polos magnéticos, con dos polos magnéticos en este caso) porque dos actuadores de un mismo circuito fluido se colocan a 180° y la leva de control se fija para que coincida con dos ciclos magnéticos.

En general, cada circuito fluido B1, B2, B3 conecta en serie elementos magnetocalóricos pertenecientes a los dos soportes S1, S2. Además, la conducción o distribución del fluido caloportador a través de las conexiones fluidas de un circuito fluido B1, B2, B3 es central y se sitúa en el plano medio del segundo rotor magnético R2, entre los dos soportes S1 y S2 que se disponen simétricamente con respecto a dicho plano medio. Un circuito fluido B1, B2, B3 tiene un lado caliente y un lado frío. El lado caliente del circuito fluido está conectado térmicamente a un intercambiador de calor caliente E12 y el lado frío está conectado térmicamente a un intercambiador de calor frío E11. Si no consideramos los rotores magnéticos R1, R2, R3, los soportes S1 y S2 están dispuestos cada uno en el aparato térmico entre la distribución central y uno de dichos intercambiadores de calor E11, E12. Los elementos magnetocalóricos M17, M18, M12, M11 dispuestos en el lado caliente del circuito fluido B1, B2, B3 están montados en los dos soportes S1 y S2. Asimismo, los elementos magnetocalóricos M15, M16, M14, M13 dispuestos en el lado frío del circuito fluido B1, B2, B3 están montados en los dos soportes S1 y S2. En otras palabras, cada soporte S1, S2 comprende a la vez los elementos magnetocalóricos M14, M15; M16, M13 que forman parte del lado frío del circuito fluido y los elementos magnetocalóricos M17, M12; M18, M11 que forman parte del lado caliente del circuito fluido, y ello, aunque el soporte S1 esté dispuesto en el lado caliente del aparato térmico y el soporte S2 esté dispuesto en el lado frío del aparato térmico. Se obtiene una disociación entre el lado caliente y el lado frío de los circuitos fluidos B1, B2, B3 y el lado caliente y el lado frío del aparato térmico.

En una realización alternativa no representada en la que los rotores tienen cuatro polos y en la que los dos actuadores del mismo circuito fluido están posicionados a 180°, los perfiles de las dos levas también son idénticos entre sí pero diferentes a los de la variante de dos polos. En dicha configuración, el desplazamiento de fase angular entre los perfiles de leva sería de 45°.

Con referencia a la variante ilustrada, en las figuras 4 y 7 aparece claramente que los dos actuadores A21, A22 del mismo circuito fluido B2 situados en dos posiciones opuestas no están situados en el mismo plano, para poder ser accionados por dos aparatos diferentes, como los dos perfiles de leva F1 y F2. La figura 4 representa la conexión fluida directa entre los elementos magnetocalóricos M17, M18 y M14, M13 de un circuito fluido B1. Ilustra los actuadores A21 y A22 de otro circuito fluido B2, sin ilustrar sin embargo los elementos magnetocalóricos de este circuito fluido B2, ni las conexiones fluidas.

La figura 6 representa esquemáticamente el circuito fluido B1 en un instante t en el que se magnetizan los elementos magnetocalóricos M17, M18, M14 y M13 y se desmagnetizan los elementos magnetocalóricos M15, M16, M11, M12. Esta figura 6 representa las conexiones fluidas del circuito fluido B1, los soportes S1, S2 de los elementos magnetocalóricos vistos en alzado según los planos A' y B' de la figura 4. Las líneas de puntos ilustran las conexiones fluidas directas entre los elementos magnetocalóricos dispuestos en el estado magnético opuesto y el mismo estado magnético. Por tanto, estas conexiones son muy cortas ya que los soportes S1, S2 están separados únicamente por el rotor magnético central R2. En la técnica anterior, los dos soportes SUP1, SUP2 estaban separados por el sistema de distribución y dos rotores magnéticos. Los actuadores A11, A12 interconectan dos elementos magnetocalóricos M16, M17; M13, M12 desplazados en un ángulo de 90°. Asimismo, los intercambiadores de calor E11, E12 conectan elementos magnetocalóricos M14, M15; M11, M18 desplazados en un ángulo de 90°. Estas son las conexiones más largas. En comparación, los circuitos fluidos de la técnica anterior comprenden seis conexiones que conectan elementos magnetocalóricos dispuestos a 180° entre sí, lo que requiere una longitud de tubería mucho más larga (más de tres veces más).

La figura 7 representa el circuito fluido B1 de la figura 5 en un aparato 1 térmico magnetocalórico. En esta ilustración simplificada, no se muestran los rotores magnéticos R1, R2, R3 y la leva de accionamiento CC de los actuadores A11, A12. Además, para facilitar la comprensión, los diversos componentes del circuito fluido B1 se han separado exageradamente, aumentando así la longitud de las conexiones fluidas. Haciendo referencia a las figuras 5 a 9, el circuito fluido B1 conecta mediante conexiones fluidas elementos magnetocalóricos dispuestos en los dos soportes S1, S2, en el siguiente orden, en concreto,

- un primer elemento magnetocalórico M11 del segundo soporte S2 está conectado en serie directamente a
- un primer elemento magnetocalórico M12 del primer soporte S1, dispuesto en frente y en el mismo estado magnético, que está conectado a través del actuador A12 a
- un segundo elemento magnetocalórico M13 del segundo soporte S2, este segundo elemento magnetocalórico M13 que se encuentra en un estado magnético opuesto al de los primeros elementos magnetocalóricos M11 y M12 y desplazado en un ángulo de 90° con respecto al eje de rotación R en relación con este último; este segundo elemento magnetocalórico M13 del segundo soporte S2 que está conectado en serie directamente a
- un segundo elemento magnetocalórico M14 del primer soporte S1, dispuesto en frente y en el mismo estado magnético, que está conectado a través del intercambiador de calor E11 a
- un tercer elemento magnetocalórico M15 del primer soporte S1, en estado magnético inverso y desplazado en un ángulo de 90°, este tercer elemento magnetocalórico M15 que está conectado en serie directamente a
- un tercer elemento magnetocalórico M16 del segundo soporte S2, dispuesto en frente y en el mismo estado magnético, que está conectado mediante un actuador A11 a
- un cuarto y último elemento magnetocalórico M17 del primer soporte S1, este último elemento magnetocalórico M17 que se encuentra en un estado magnético inverso al de los terceros elementos magnetocalóricos M15 y M16 y desplazado en un ángulo de 90° con respecto al eje de rotación R en relación a estos últimos; este cuarto y último elemento magnetocalórico M17 del primer soporte S1 que está conectado en serie directamente a
- un cuarto y último elemento magnetocalórico M18 del segundo soporte S2, dispuesto en frente y en el mismo estado magnético, este cuarto y último elemento magnetocalórico M18 del segundo soporte S2 que está conectado a través del intercambiador de calor E12 al primer elemento magnetocalórico M11 del segundo soporte S2, cerrando así el circuito fluido B1.

Los actuadores A11 y A12 mueven constantemente el fluido caloportador en el circuito fluido B1 de forma simultánea y en direcciones opuestas. En el instante t mostrado en la figura 5, el actuador A11 empuja el fluido caloportador y el actuador A12 aspira el fluido caloportador. Naturalmente, el fluido caloportador es preferiblemente incompresible.

La descripción relativa al circuito fluido B1 naturalmente es aplicable a los otros circuitos fluidos B2, B3 previstos en el aparato 1 según la invención. La figura 9 representa el aparato 1 según la invención que comprende tres circuitos fluidos B1, B2, B3. Cada circuito fluido B1, B2, B3, comprende cuatro elementos magnetocalóricos dispuestos en el primer soporte S1 (para B1: M12, M17, M15, M14; para B2: M22, M27, M25, M24; para B3: M32, M37, M35, M34) y opuestos a otros cuatro elementos magnetocalóricos a los que están conectados directamente y dispuestos en el otro soporte S2 (para B1: M11, M18, M16, M13; para B2: M21, M28, M26, M23; para B3: M31, M38, M36, M33). Con referencia a la figura 11, los dos soportes S1, S2 tienen una configuración geométrica tal que los elementos magnetocalóricos tienen una disposición simétrica con respecto al plano medio que pasa por el rotor magnético central R2. Aunque los elementos magnetocalóricos se muestran con una forma esencialmente de paralelepípedo, la invención no se limita a dicha geometría de elementos magnetocalóricos. Es posible, a modo de ejemplo, proporcionar elementos magnetocalóricos que tengan forma arqueada o en V.

El aparato térmico 1' que se muestra en la figura 10 se diferencia únicamente del de la figura 9 por sus intercambiadores de calor. De hecho, todos los circuitos fluidos de este aparato 1' están conectados a un solo intercambiador de calor E1 en el lado frío y a un solo intercambiador de calor E2 en el lado caliente.

De hecho, los circuitos fluidos se pueden conectar a un solo intercambiador de calor común a nivel del lado caliente y/o en el lado frío, o pueden conectarse cada uno a un intercambiador de calor dedicado en el lado caliente y/o en el lado frío.

Como se muestra en las figuras 9 y 10, un solo medio de control, en forma de una leva de control CC, mueve todos los actuadores A11, A12, A21, A22, A31, A32 del aparato 1, 1'. La mitad de los actuadores es accionada por un primer perfil de leva F1 y la otra mitad es accionada por un segundo perfil de leva F2. Esto también aparece en la figura 6 en la que los actuadores A11, A12 del circuito fluido B1 están colocados de manera desplazada, con cada actuador que se pone en movimiento por un perfil de leva diferente F1, F2. Los elementos magnetocalóricos de los soportes S1, S2 están dispuestos simétricamente con respecto al plano medio del aparato 1, 1', y cada elemento magnetocalórico de un soporte S1, S2 está conectado de manera fluida con el elemento magnetocalórico del otro soporte S2, S1, dispuestos en frente como se ilustra en las figuras 6 y 7.

Posibilidades de aplicación industrial:

De esta descripción se desprende que la invención permite alcanzar los objetivos planteados, en concreto, proporcionar un aparato térmico magnetocalórico cuya construcción sea estructuralmente simple y pueda industrializarse. Un aparato de este tipo, en particular, puede encontrar aplicación industrial y doméstica en el campo de la calefacción, el aire acondicionado, el templado, la refrigeración u otros, a costes competitivos y con un tamaño reducido.

La presente invención no se limita a las realizaciones descritas, sino que se extiende a cualquier modificación y variante obvia para un experto en la materia mientras permanezca dentro del alcance de la protección definida en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato térmico magnetocalórico (1, 1') que comprende al menos:

- 5 - tres rotores magnéticos coaxiales (R1, R2, R3), acoplados a un actuador para poder moverse en rotación alrededor de un eje de rotación (R), de los cuales dos rotores magnéticos (R1, R3) tienen una sola cara y un rotor magnético (R2) central dispuesto entre los otros dos es de doble cara, dichos rotores magnéticos que están provistos de polos magnéticos diametralmente opuestos (P), alineados entre sí, y que delimitan entre ellos espacios de aire situados en dos planos de espacios de aire (PE1, PE2) paralelos,
- 10 - dos soportes (S1, S2) de elementos magnetocalóricos (M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18, M21, M22, M23, M24, M25, M26, M27, M28, M31, M32, M33, M34, M35, M36, M37, M38) dispuestos en dichos planos de espacios de aire (PE1, PE2),
- elementos magnetocalóricos (M11, M12, M13, M14, M15, M16, M17, M18, M21, M22, M23, M24, M25, M26, M27, M28, M31, M32, M33, M34, M35, M36, M37, M38) soportados por dichos dos soportes (S1, S2) y conectados de forma fluida entre sí mediante conexiones fluidicas en las que circula al menos un fluido caloportador y que forman al menos un circuito fluido (B1, B2, B3) determinado y
- 15 - medios para mover dicho fluido caloportador en dicho circuito fluido (B1, B2, B3) a través de dichos elementos magnetocalóricos en un movimiento alterno de ida y vuelta en función de los ciclos magnéticos creados por dichos rotores magnéticos,
- 20 - dichas conexiones fluidicas que se conectan en serie en pares en dicho circuito fluido (B1, B2, B3) de elementos magnetocalóricos (M11, M12; M13, M14; M15, M16; M17, M18; M21, M22; M23, M24; M25, M26; M27, M28; M31, M32; M33, M34; M35, M36; M37, M38) pertenecientes respectivamente a los dos soportes (S1, S2), dichos elementos magnetocalóricos que están conectados en pares en el mismo estado magnético y colocados opuestos entre sí.
- 25 2. Aparato térmico de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que cada circuito fluido (B1, B2, B3) comprende primeros elementos magnetocalóricos (M17, M14 y M18, M13; M22, M25 y M21, M26; M32, M35 y M31, M36) de cada soporte (S1, S2) en un estado magnético idéntico y los segundos elementos magnetocalóricos (M15, M12 y M11, M16; M24, M27 y M23, M28; M34, M37 y M33, M38) de cada soporte (S1, S2) en un estado magnético inverso, y porque dichos medios de desplazamiento están diametralmente opuestos y dispuestos para mover el fluido caloportador en dos direcciones opuestas.
- 30 3. Aparato térmico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los medios de desplazamiento comprenden actuadores (A11, A12, A21, A22, A31, A32) colocados en el centro con respecto al plano medio del aparato térmico (1, 1') que pasa por el rotor magnético central (R2).
- 35 4. Aparato térmico de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que dicho rotor magnético central (R2) comprende al menos un medio de control (CC) de dichos actuadores (A11, A12; A21, A22; A31, A32).
- 40 5. Aparato térmico de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por que dicho medio de control (CC) de los actuadores (A11, A12; A21, A22; A31, A32) comprende al menos dos perfiles de leva (F1, F2), cada perfil de leva que está dispuesto para accionar uno de los dos actuadores (A11, A12; A21, A22; A31, A32) de cada circuito fluido (B1, B2, B3).
- 45 6. Aparato térmico de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que los perfiles de leva (F1, F2) son idénticos, pero desplazados en un ángulo de 90° alrededor del eje de rotación (R).
- 50 7. Aparato térmico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende varios circuitos fluidicos (B1, B2, B3) y porque los actuadores (A11, A12; A21, A22; A31, A32) asociados a dichos circuitos fluidicos se distribuyen uniformemente alrededor del eje de rotación (R).
- 55 8. Aparato térmico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los elementos magnetocalóricos portados por dichos soportes (S1, S2) están dispuestos simétricamente con respecto al plano medio del aparato térmico (1, 1') que pasa por el rotor magnético central (R2).
- 60 9. Aparato térmico de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que todos los circuitos fluidicos (B1, B2, B3) están conectados de forma fluida a un intercambiador de calor (E1) común a nivel del lado frío (F) del aparato térmico (1') y/o a un intercambiador de calor (E2) común a nivel del lado caliente (C) del aparato térmico (1').
- 65 10. Aparato térmico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que cada circuito fluido (B1, B2, B3) está conectado de forma fluida a un intercambiador de calor (E11, E21, E31) asociado al mismo a nivel del lado frío (F) del aparato térmico (1) y/o a un intercambiador de calor (E12, E22, E32) asociado al mismo a nivel del lado caliente (C) del aparato térmico (1).
11. Aparato térmico de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que cada rotor magnético comprende al menos dos pares de polos magnéticos.

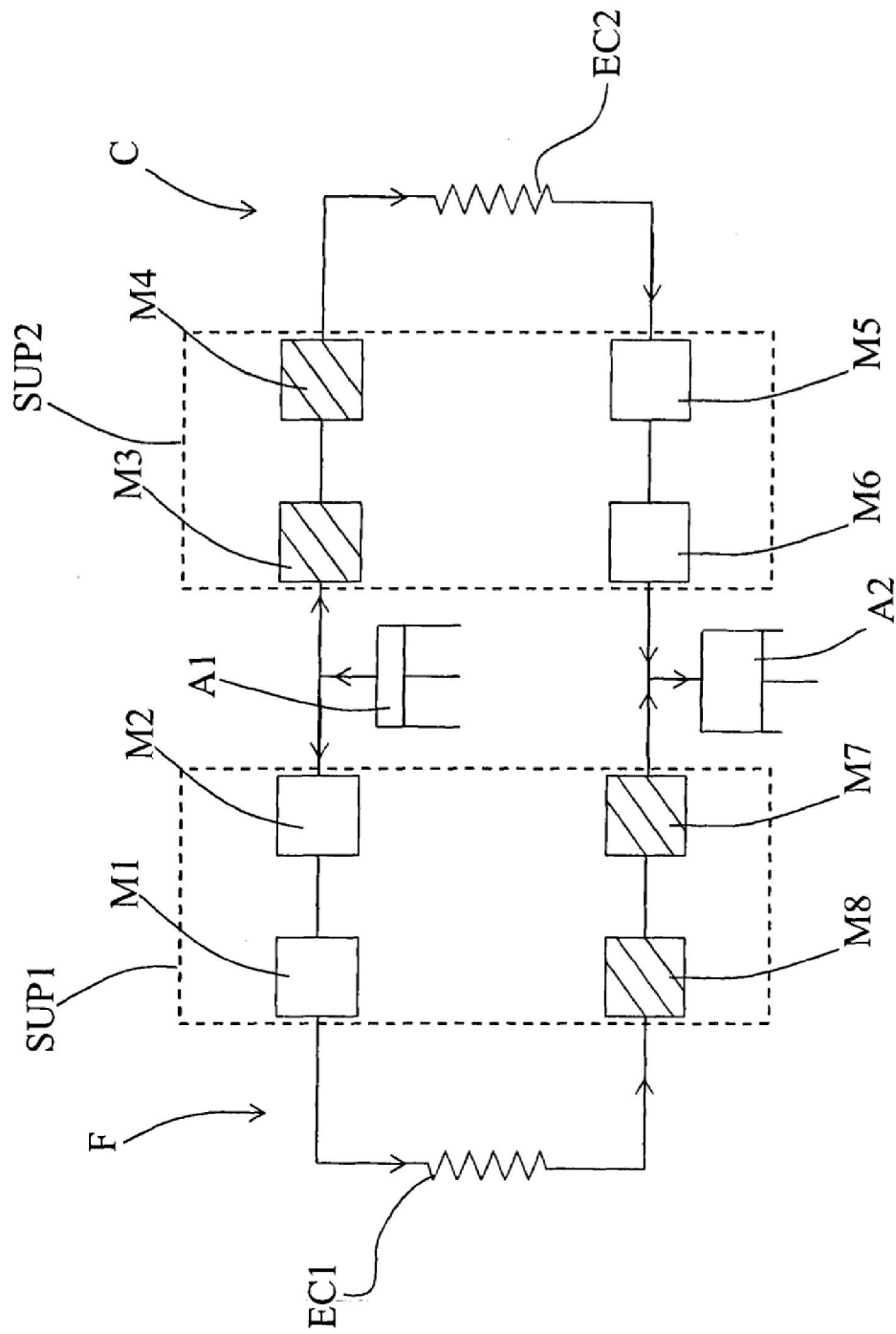


Fig. 1

Técnica anterior

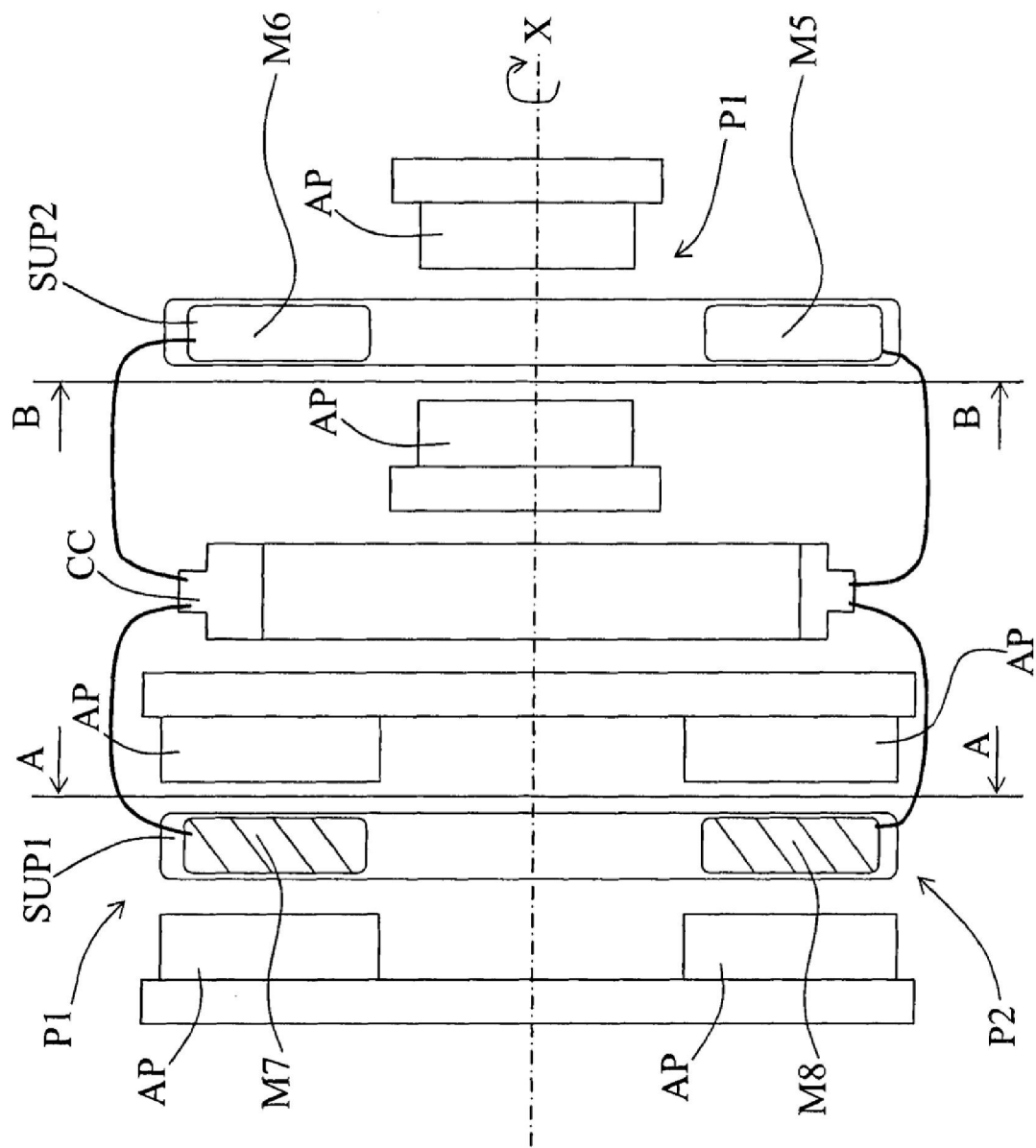


Fig. 2

Técnica anterior

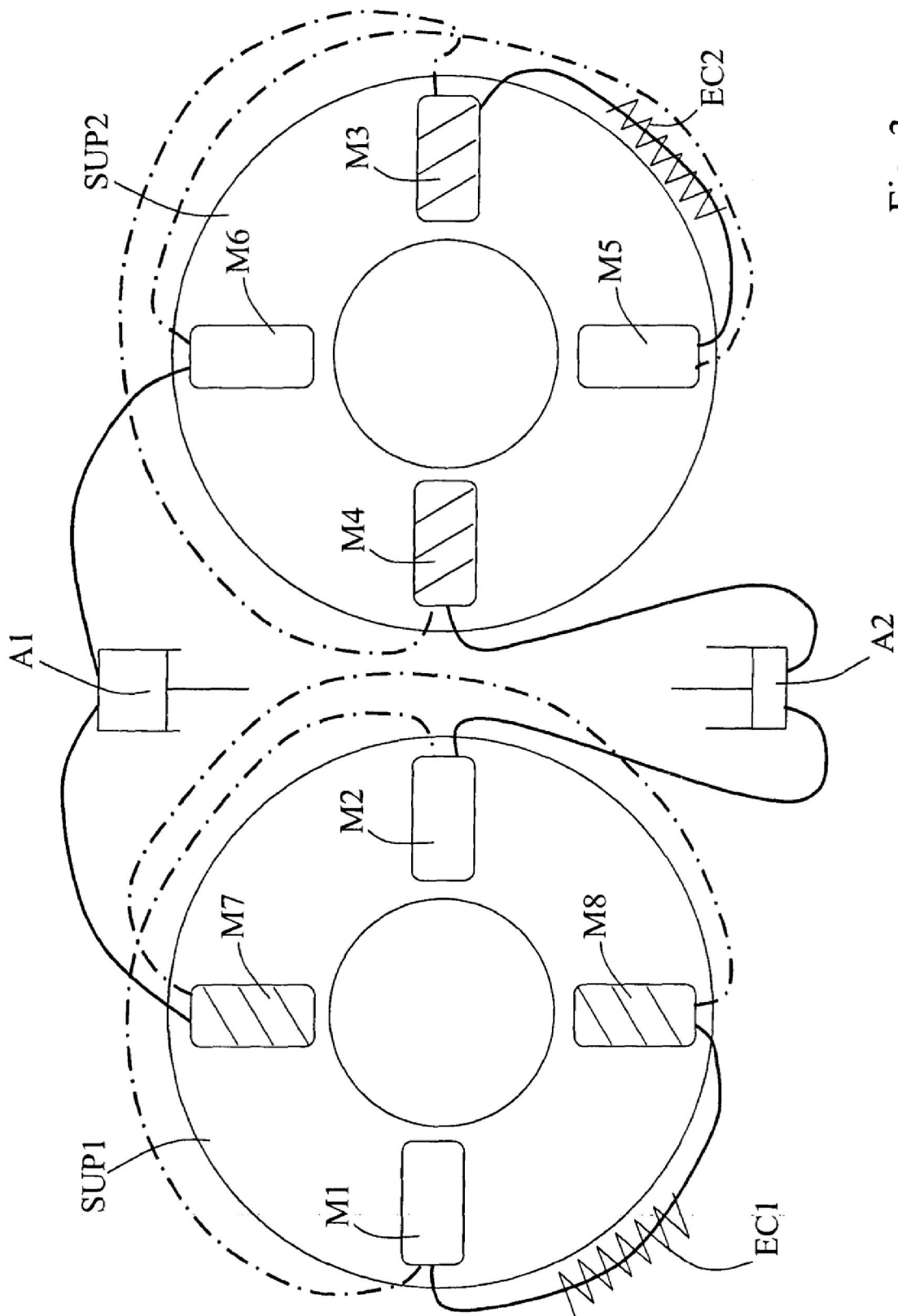


Fig. 3

Técnica anterior

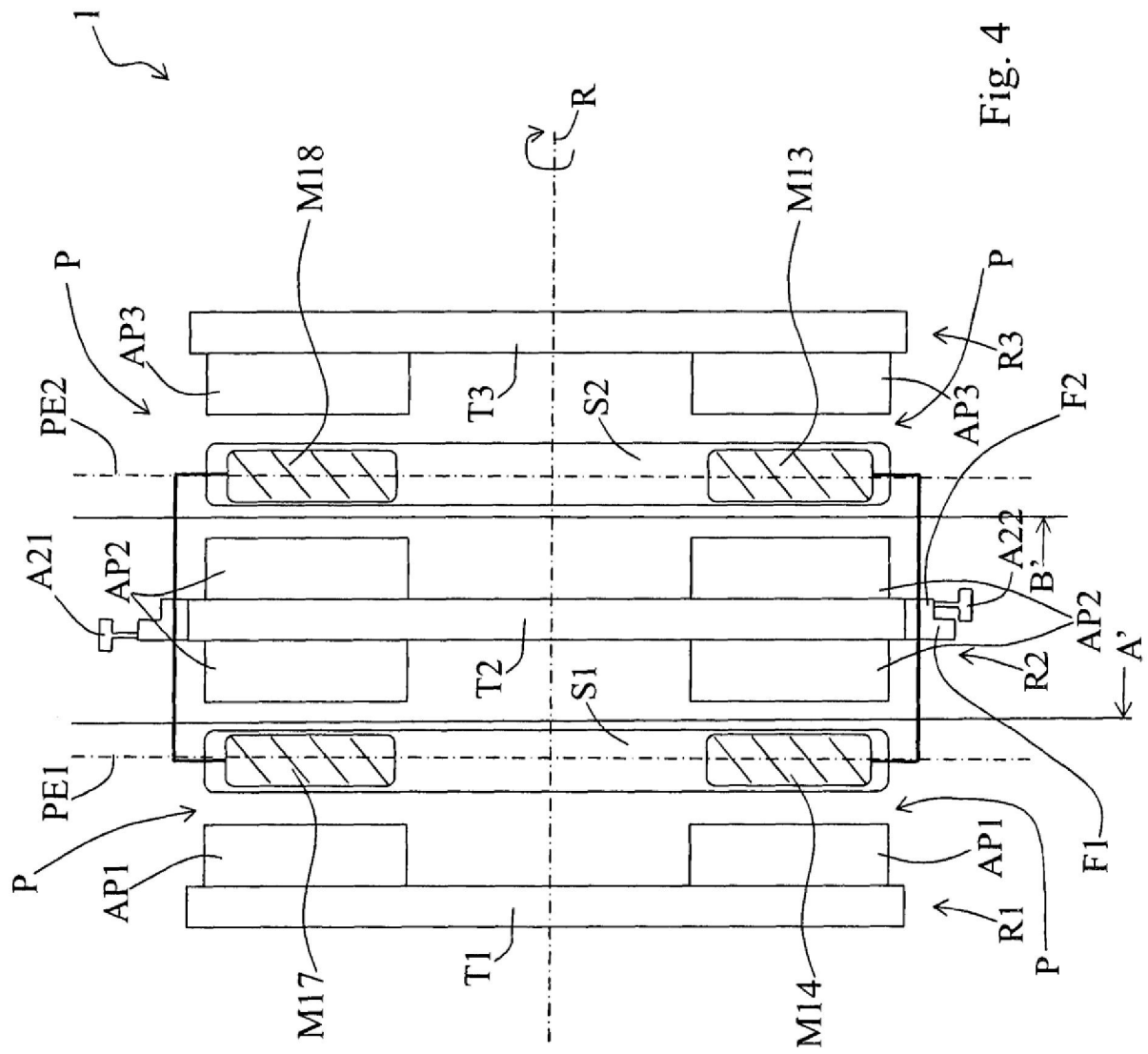


Fig. 4

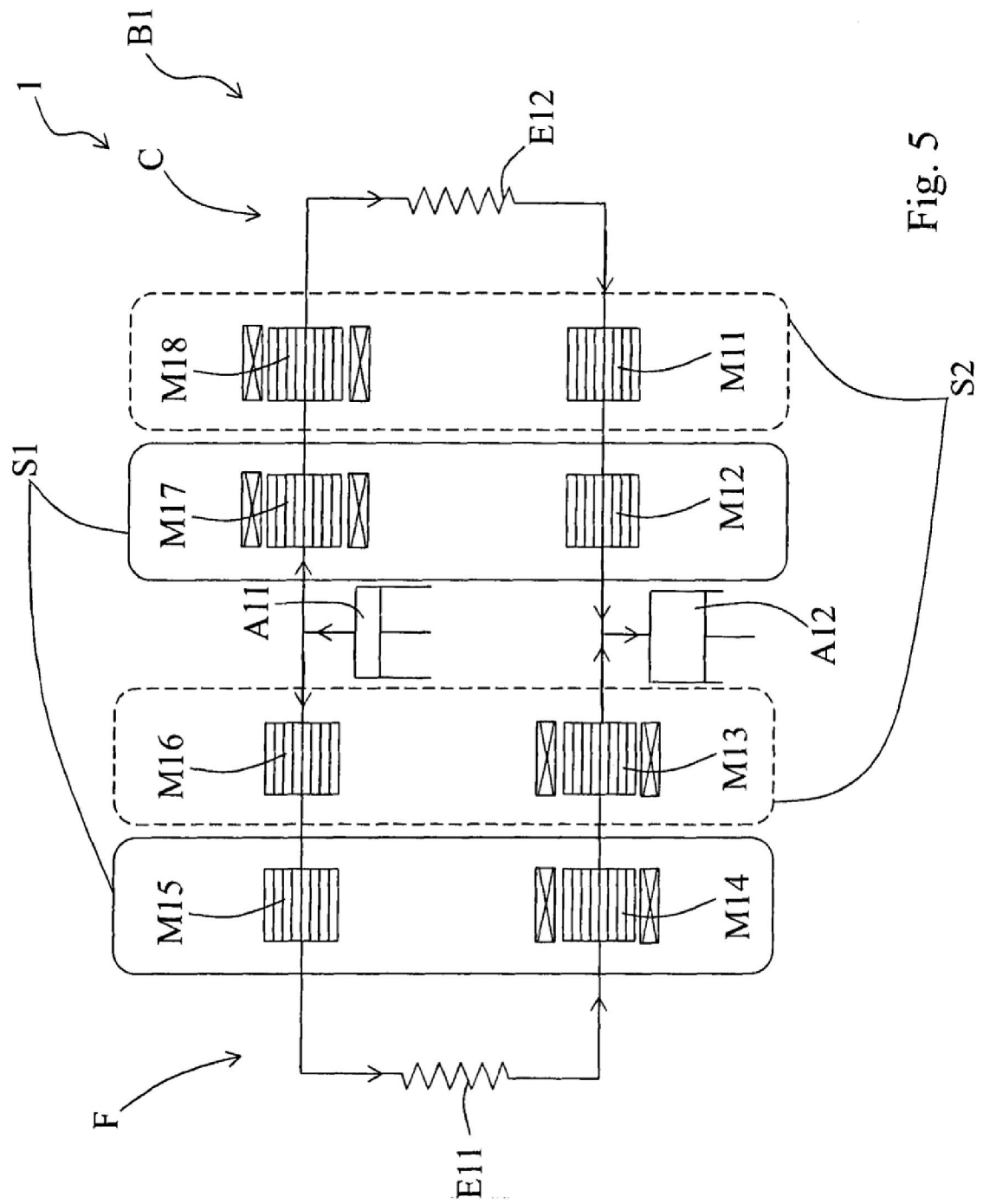


Fig. 5

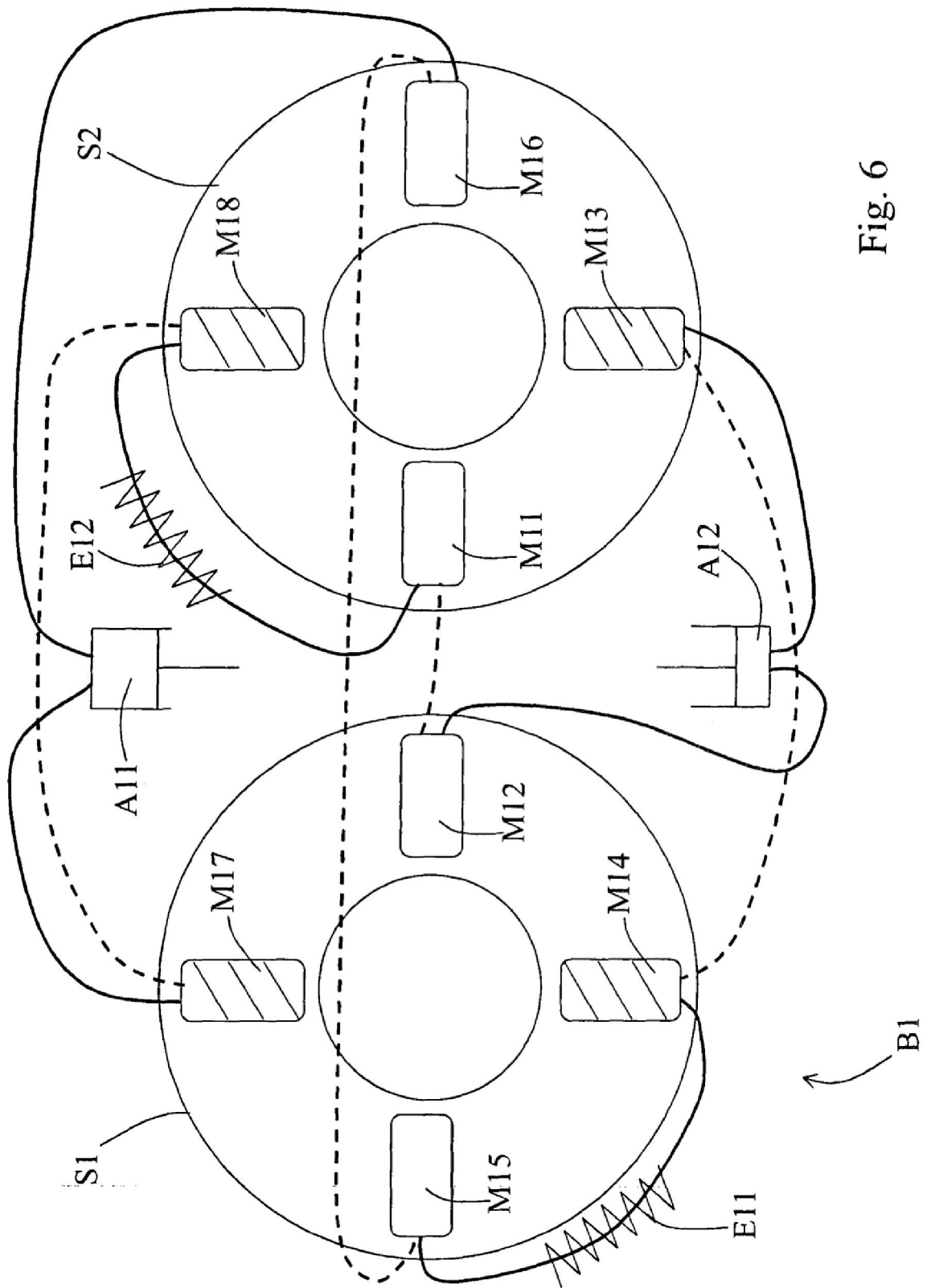


Fig. 6

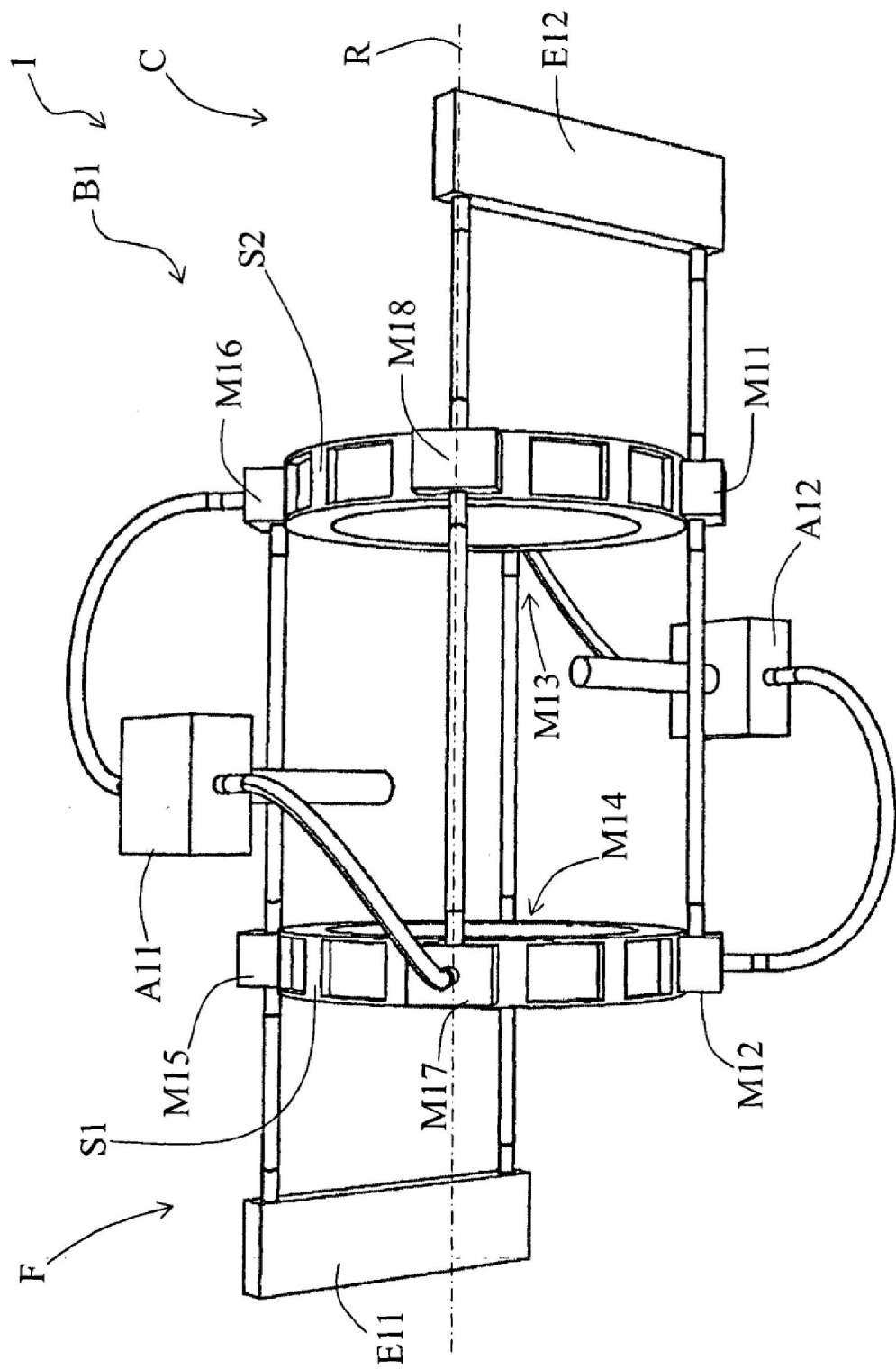


Fig. 7

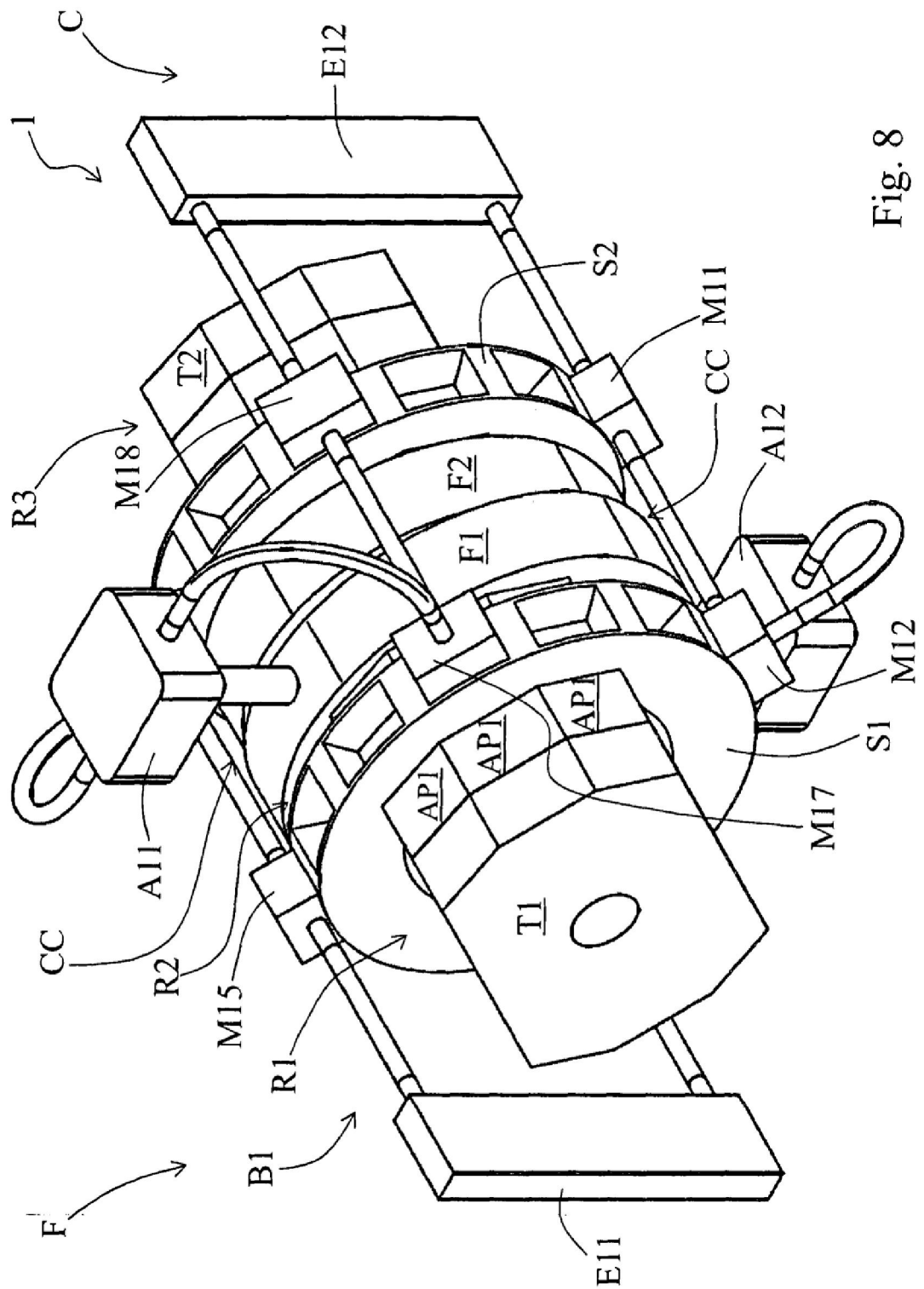


Fig. 8

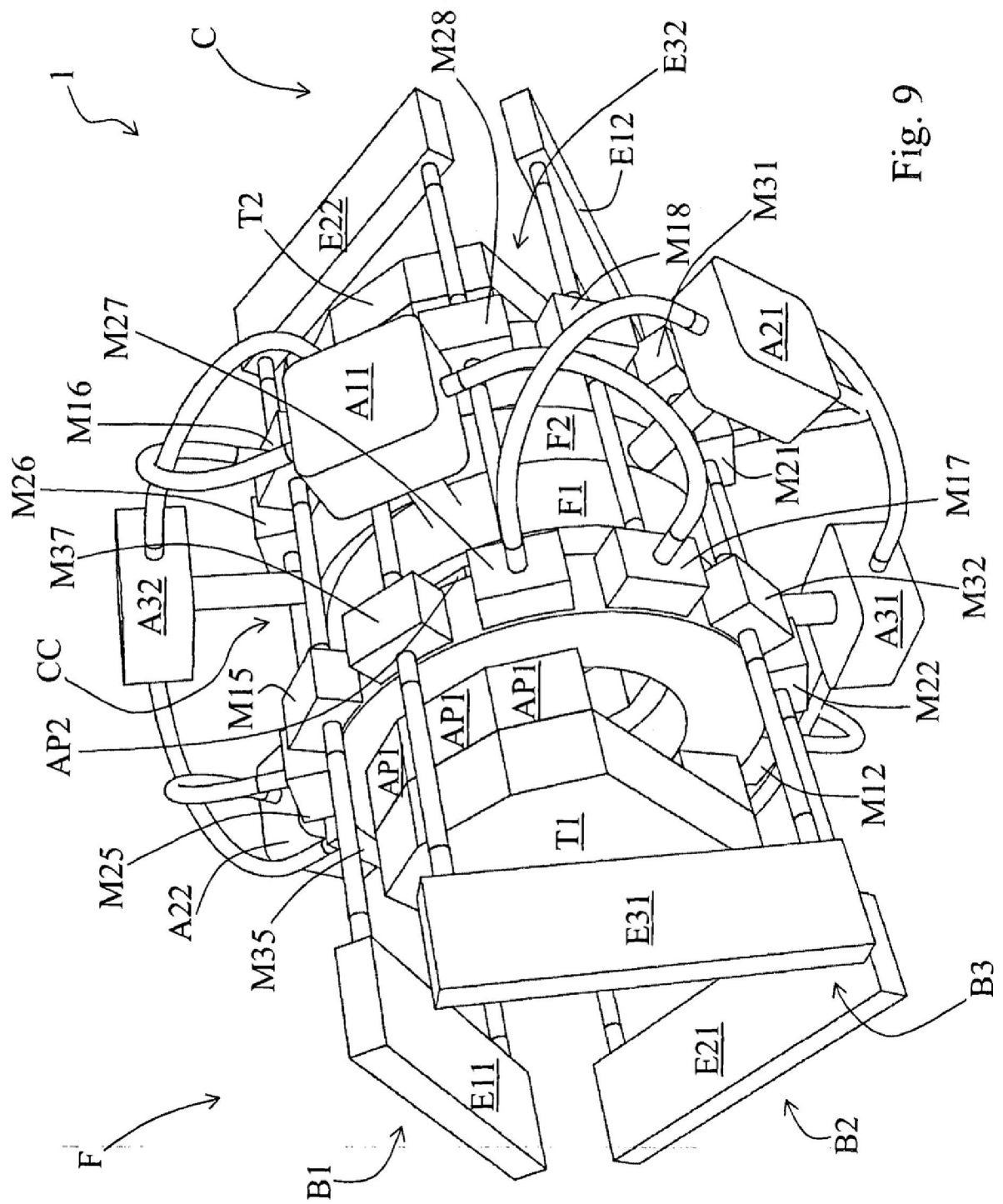


Fig. 9

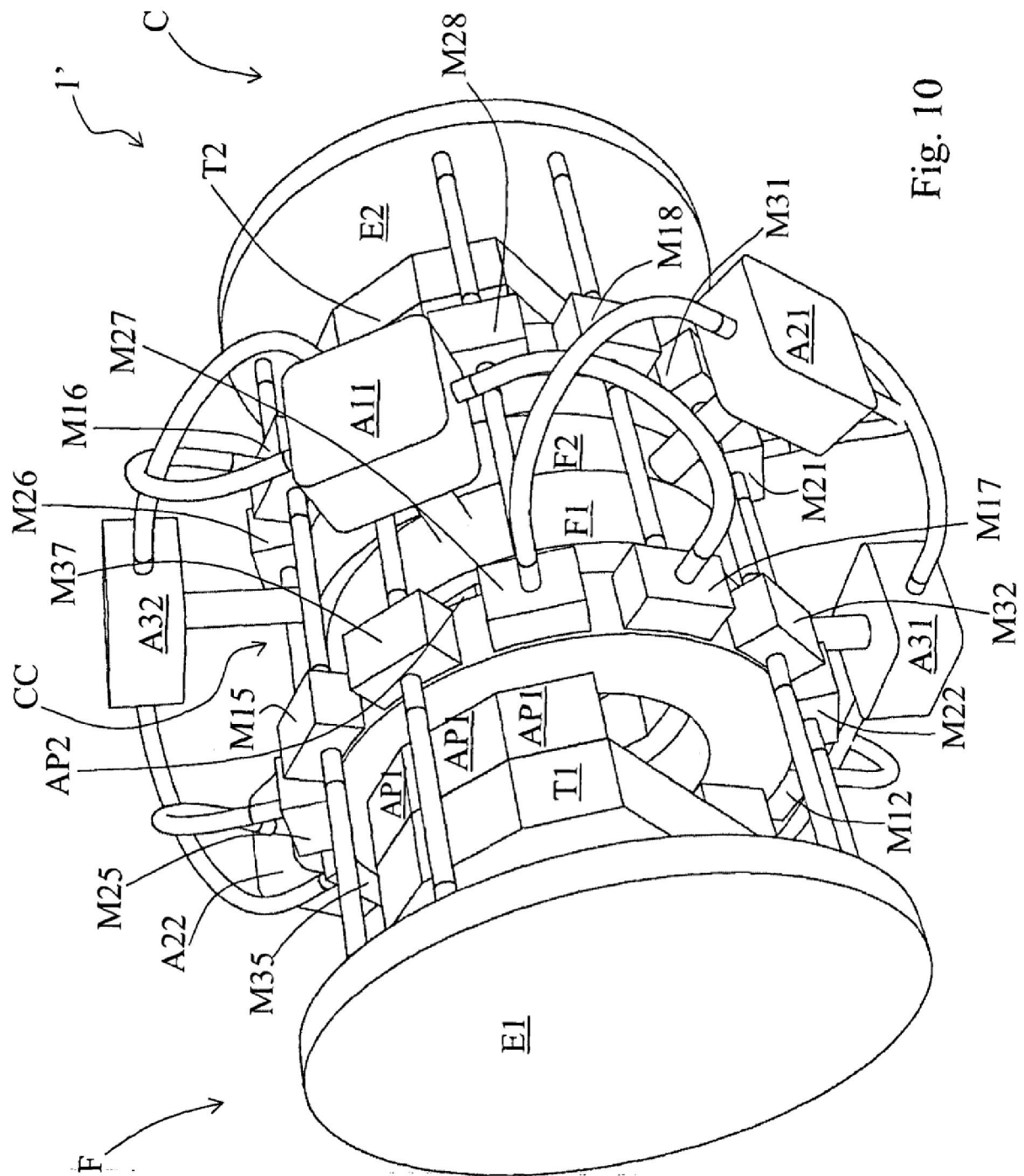


Fig. 10

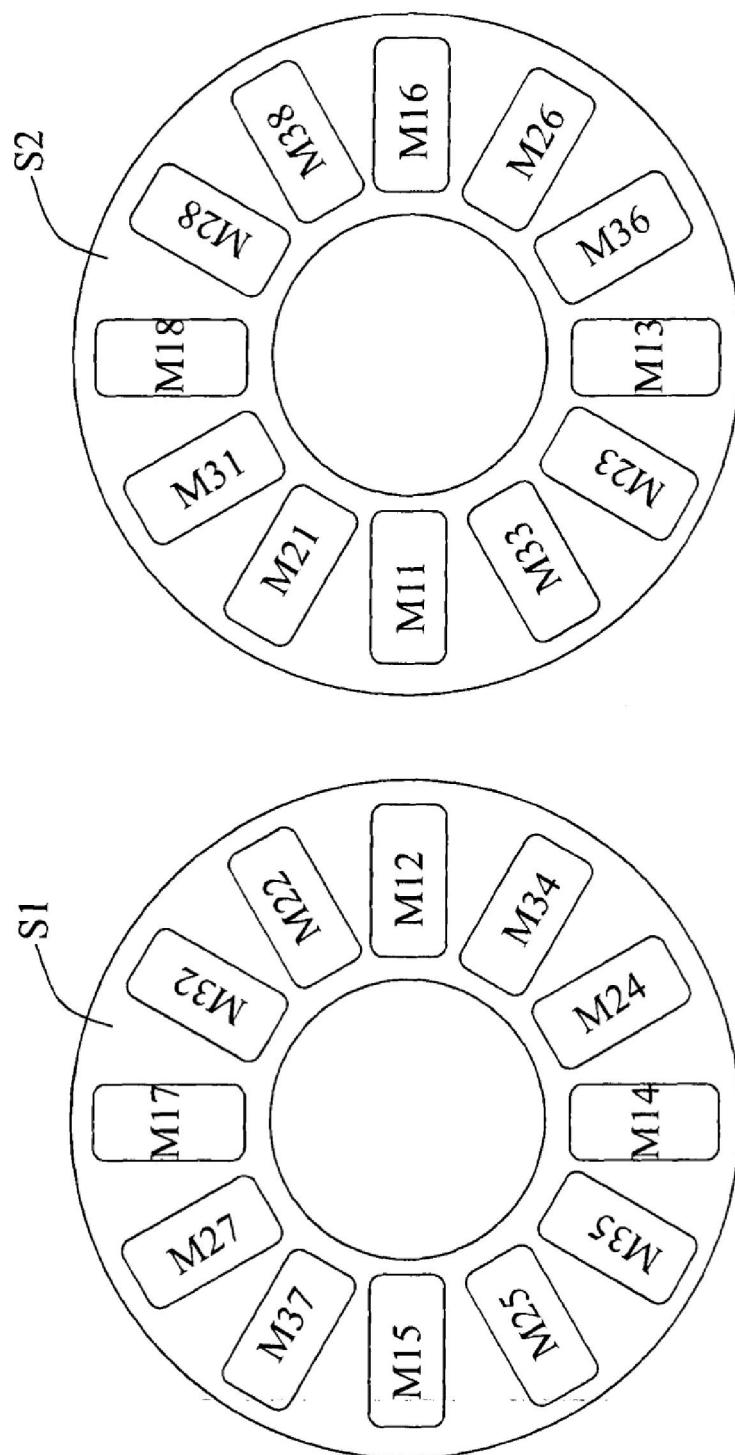


Fig. 11