



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e Comércio Exterior
Instituto Nacional de Propriedade Industrial

(21) **PI0615261-9 A2**



(22) Data de Depósito: 16/08/2006
(43) Data da Publicação: 17/05/2011
(RPI 2106)

(51) *Int.Cl.:*
F25B 21/00

(54) Título: **GERADOR TÉRMICO QUE USA MATERIAL MAGNETO-CALORÍFICO**

(30) Prioridade Unionista: 01/09/2005 FR 0508963

(73) Titular(es): COOLTECH APPLICATIONS S.A.S.

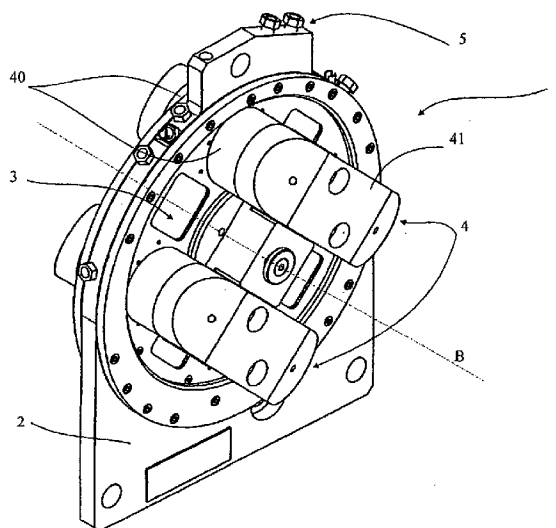
(72) Inventor(es): Christian Muller, Jean-Claude Heitzler, Jean-Louis Dupin

(74) Procurador(es): Alexandre Ferreira

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006001948 de 16/08/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/026062 de 08/03/2007

(57) **Resumo:** GERADOR TÉRMICO QUE USA MATERIAL MAGNETO-CALORÍFICO. A invenção refere-se a um gerador térmico não poluente que tem uma eficácia energética muito boa e um desenho simples e econômico, baixo consumo de energia, isso tudo e sendo ao mesmo tempo escalonável, versátil e modular. Neste gerador térmico (1), os elementos térmicos (3) compostos de material magneto-calorífico compreendem, cada um, dois circuitos coletores (31, 32) distintos, um circuito coletor quente (31) sendo conectado a um circuito de fluido de transferência de calor (51) e um circuito coletor (32) sendo conectado a um circuito de fluido de transferência de calor frio (52). O fluido de transferência de calor é colocado em movimento alternado em um ou no outro circuito coletor (31, 32) dependendo de os elementos térmicos (3) serem ou não submetidos ao campo magnético gerado pelos ímãs (40) que giram em volta de um eixo geométrico central (B) com relação aos elementos térmicos (3). Os circuitos de fluido de transferência de calor (51, 52) são integrados, em parte, em uma chapa (2) que sustenta os elementos térmicos (3) e são conectados a circuitos externos que compreendem trocadores de calor (55, 56) que utilizam as calorias e as calorias negativas geradas pelos elementos térmicos (3). As aplicações da invenção incluem: aquecer, temperar, condicionar com ar e refrigerar em toda instalação industrial e toda aplicação doméstica.



"GERADOR TÉRMICO QUE USA MATERIAL MAGNETO-CALORÍFICO"

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um gerador térmico
5 baseado em um material magneto-calorífico e que compreende
pelo menos um suporte fixo que porta pelo menos dois elemen-
tos térmicos magneto-caloríficos, dispositivos magnéticos
que são moveis com relação aos elementos térmicos de modo
que sejam submetidos a uma variação no campo magnético de
10 modo a se fazer sua temperatura variar, e dispositivos para
recuperar as calorias e as frigorias emitidas pelos elemen-
tos térmicos, os quais compreendem pelo menos dois circuitos
de fluido de transferência, um circuito referido como "quen-
te" e um circuito referido como "frio", cada circuito sendo
15 acoplado a pelo menos um trocador de calor e dotado de dis-
positivos de comutação para pôr o elemento térmico corres-
pondente no circuito.

Tecnologia Anterior

Os geradores térmicos baseados em material magne-
20 to-calorífico fazem uso das propriedades magneto-caloríficas
de determinados materiais, tais como o gadolínio ou determi-
nadas ligas, que apresentam a particularidade de se aquece-
rem sob o efeito de um campo magnético e de resfriarem-se a
uma temperatura mais baixa que a temperatura inicial que se
25 segue ao desaparecimento do campo magnético ou à diminuição
desse campo magnético. Este efeito magneto-calorífico ocorre
nas proximidades do ponto Curie do material. Esta nova gera-
ção de geradores térmicos apresenta a vantagem de oferecer

uma solução que é muito ecológica porque não polui. Entretanto, de modo a ser economicamente viável e apresentar boa eficácia térmica, o desenho de tais geradores e de seus dispositivos de recuperação das calorias e frigorias emitidas por estes materiais é vitalmente importante.

A publicação WO-A-03/050456 dá um primeiro exemplo no qual o gerador térmico baseado em material magnetocalórico compreende um recinto anular de uma peça que delimita doze compartimentos separados por vedações e cada um deles recebendo gadolínio sob uma forma porosa. Cada compartimento possui quatro orifícios, que incluem um orifício de entrada e um orifício de saída ligados a um circuito quente, e um orifício de entrada e um orifício de saída ligados a um circuito frio. Os dois ímãs permanentes têm um movimento de rotação contínuo de maneira que varram os diferentes compartimentos e os submetam sucessivamente a um campo magnético diferente. As calorias e frigorias emitidas pelo gadolínio nos diferentes compartimentos são guiadas na direção de trocadores de calor por circuitos quentes e frios nos quais um fluido de transferência de calor circula e aos quais eles são sucessivamente ligados por meio de vedações giratórias cuja rotação é sincronizada com a dos ímãs. As exigências essenciais ligadas a esta rotação sincrônica tornam este dispositivo tecnicamente difícil e caro de produzir. Além disto, seu princípio de funcionamento limita seriamente suas perspectivas de evolução técnica. Além disto, sua construção é complexa e dispendiosa por causa dos diversos condutos, junções e válvulas necessários para produzir os circuitos

quentes e frios. Além disto, a eficácia energética de tal gerador continua insuficiente, que restringe consideravelmente suas aplicações. O fluido de transferência de calor que circula através dos poros do material magneto-calorífico é de fato o mesmo tanto para o circuito frio quanto para o circuito quente; apenas sua direção de fluxo é invertida, o que resulta em uma inércia térmica altamente prejudicial.

A publicação FR-A-2 861 454 dá um segundo exemplo no qual os elementos térmicos são atravessados por um canal situado próximo do material magneto-calorífico e que se comunica com o circuito de fluido de transferência de calor através de uma chapa sobre a qual eles são montados. Esta chapa inclui canais que definem os circuitos quentes e frios nos quais o fluido de transferência de calor circula e aos quais o canal dos elementos térmicos é diretamente ligado sem conduto ou junção intermediária. Este tipo de construção tem a vantagem de reduzir de maneira significativa o custo de fabricação de tal gerador e de oferecer uma grande flexibilidade de configuração. No entanto, há desvantagens relacionadas com o fluido de transferência de calor único, que circula nos elementos térmicos tanto para o circuito frio quanto para o circuito quente. Esta solução, portanto, apresenta eficácia térmica insuficiente.

Descrição da Invenção

A presente invenção visa a atenuar essas desvantagens ao propor um gerador térmico que não polui, tem uma eficácia energética muito boa, é de desenho simples e econômico e consome pouca energia, sendo ao mesmo tempo capaz de

desenvolvimento adicional, flexível e modular, podendo ser utilizado em aplicações industriais de grande escala assim como em aplicações domésticas.

Para isso, a invenção refere-se a um gerador térmico do tipo mencionado na introdução, caracterizado pelo fato de que cada elemento térmico tem passagens para fluido que formam pelo menos dois circuitos coletores distintos, um circuito coletor "quente", no qual flui o fluido de transferência de calor do circuito quente, cuja função é coletar as calorias emitidas pelo elemento térmico submetido ao campo magnético, e um circuito coletor "frio", no qual flui o fluido de transferência de calor do circuito frio, cuja função é coletar as frigorias emitidas pelo elemento terminado não submetido ao campo magnético, os fluidos de transferência de calor sendo levados a moverem-se alternadamente em um circuito coletor ou no outro, dependendo de o elemento térmico ser ou não submetido ao campo magnético e emitir calor e frigorias.

Os elementos térmicos são fabricados, pelo menos parcialmente, a partir de um material magneto-calorífico que toma pelo menos uma forma escolhida do grupo que compreende um bloco sólido, uma pilha de blocos sólidos ou chapas sólidas, um conjunto de partículas, um bloco poroso, uma pilha de blocos porosos ou de chapas porosas ou uma combinação destas formas.

Os circuitos coletores são de preferência formados de muitas passagens para fluido, distribuídas por sobre a espessura dos elementos térmicos de modo a se obter uma área

de troca de calor grande, estas passagens para fluido sendo de tamanho pequeno, variando entre 0,01 mm e 5 mm e de preferência igual a 0,15 mm, adequadas para criar um fluxo predominantemente laminar do fluido de transferência de calor através dos elementos térmicos. As passagens para fluido nos dois circuitos coletores de cada elemento térmico podem ter orientações paralelas ou diferentes orientações, como, por exemplo, perpendicular. Elas são definidas por pelo menos uma forma escolhida do grupo que compreende perfurações, ranhuras, fendas, interstícios, uma combinação destas formas, estas formas sendo obtidas por usinagem, causticação química, iônica ou mecânica, conformação, separador entre blocos ou chapas, espaço entre partículas.

Na forma de modalidade preferida da invenção, o suporte fixo compreende pelo menos uma chapa que possui pelo menos duas aberturas que delimitam as cavidades para receber os elementos térmicos e pelo menos duas séries de canais que formam uma parte dos circuitos de fluido de transferência de calor quentes e frios que atingem cada cavidade por um orifício de admissão e um orifício de saída adequados para comunicação com as passagens de fluido correspondentes dos elementos térmicos, isto é, dois orifícios de entrada e dois orifícios de saída por cavidade.

Os canais podem ser formados por ranhuras distribuídas por sobre uma superfície ou sobre a outra ou sobre ambas as superfícies da chapa, a(s) superfície(s) sendo coberta(s) por uma chapa adicionada de maneira a cobrir e vedar estes canais.

Os elementos térmicos e as cavidades têm vantajo-
samente conformações de montagem que podem ser aproxima-
mente paralelepipedais, cada lado da cavidade incluindo um
orifício de admissão e um orifício de saída de um dos cir-
5 cuitos de fluido de transferência de calor quentes e frios e
cada lado do elemento térmico incluindo uma entrada e uma
saída de um dos seus circuitos coletores.

Na forma de modalidade preferida, um intervalo de
entre 0,05 mm e 15 mm, e de preferência igual 1 mm, é dis-
10 posto em cada lado entre a cavidade e o elemento térmico,
formando um câmara de distribuição de fluido de transferên-
cia de calor que se estende por sobre a espessura do elemen-
to térmico, um dispositivo de vedação sendo colocado em cada
canto da cavidade.

15 Este gerador térmico compreende vantajosamente um
número par de elementos térmicos dispostos aproximadamente
em um circulo em volta do eixo geométrico central do supor-
te, e os dispositivos magnéticos são de preferência acopla-
dos a dispositivos de acionamento rotacional em volta deste
20 eixo geométrico central.

Estes dispositivos magnéticos podem compreender um
número de ímãs que corresponde ao número de elementos térmi-
cos, estes ímãs sendo unidos em pares e dispostos em ambos
os lados dos elementos térmicos de modo a se submeter um e-
25 lemento térmico de dois ao campo magnético. Em uma forma de
modalidade preferida, os elementos térmicos são dispostos em
adjacência uns aos outros de modo que os pares de ímãs pas-

sem de uma série de elementos térmicos para outra sem interrupção do campo magnético.

Os dispositivos de recuperação de calor e frigorias podem compreender dispositivos para forçar a circulação do fluido de transferência de calor em um ou ambos os circuitos de fluido de transferência de calor. No primeiro caso, os dois circuitos de fluido de transferência de calor quentes e frios são conectados em um laço fechado, o circuito de fluido de transferência de calor quente conectando a saída de um trocador de calor frio com a entrada de um trocador de calor quente e o circuito de fluido de transferência de calor frio conectando a saída do trocador de calor quente com a entrada do trocador de calor frio. No segundo caso, os dois circuitos de fluido de transferência de calor quente e frio são independentes e cada um deles forma um laço fechado. Os fluidos de transferência de calor nos dois circuitos quente e frio circulam de preferência em direções opostas.

Os dispositivos de comutação podem compreender pelo menos uma válvula em cada circuito de fluido de transferência quente e frio, disposta de modo a colocar em série um ou o outro dos circuitos coletores dos elementos térmicos dependendo de serem ou não submetidos ao campo magnético e produzirem calor ou frigorias.

25 Breve Descrição dos Desenhos

A presente invenção e suas vantagens aparecerão melhor na descrição seguinte de um modo de modalidade apre-

sentado como um exemplo não limitador e com referência aos desenhos anexos, nos quais:

- A Figura 1 é uma vista em perspectiva simplificada do gerador térmico de acordo com a invenção;

5 - A Figura 2 é uma vista explodida do gerador da Figura 1;

- A Figura 3 é uma vista em perspectiva da chapa do gerador da Figura 1, sem os elementos térmicos;

10 - A Figura 4 é uma vista em perspectiva de um elemento térmico a ser montado na chapa mostrada na Figura 3, e a Figura 4A é uma vista ampliada do detalhe A da Figura 4; e

- As Figuras 5A e 5B são diagramas que mostram os circuitos de fluido de transferência de calor de acordo com os dois ciclos operacionais.

15 Ilustrações da invenção e a melhor maneira de implementá-la

Com referência às Figuras 1 e 2, um gerador térmico 1 de acordo com a invenção, baseado em material magneto-calorífico, que compreende um suporte fixo que toma a forma de uma chapa 2 disposta de modo a portar pelo menos dois e, no exemplo mostrado, oito elementos térmicos 3 em material magneto-calorífico. Ele compreende também dispositivos magnéticos 4, que são móveis com relação aos elementos térmicos 3, de modo que sejam submetidos a uma variação no campo magnético de modo a se fazer sua temperatura variar, e dispositivos 5 para recuperar as calorias e frigorias emitidas pelos elementos térmicos 3. Estes dispositivos de recuperação 5 incluem em particular dois circuitos 51 e 52 para fluido

de transferência de calor que são distintos, isto é, hidraulicamente vedados um do outro, com um circuito "quente" 51, que recupera os calorias e outro circuito "frio", que recupera as frigorias, cada um dos circuitos 51 e 52 sendo acoplado a pelo menos um trocador de calor adequado para utilizar estas calorias e frigorias em aplicações, que podem ser industriais ou domésticas, para aquecer, temperar, resfriar, condicionar com ar ou finalidades semelhantes.

No exemplo mostrado, os elementos térmicos 3 são alojados em cavidades 20 na chapa 2 e são distribuídos aproximadamente em um círculo em volta de um eixo geométrico central B. Os dispositivos magnéticos 4 compreendem oito ímãs permanentes 40 distribuídos em pares em ambos os lados da chapa 2 de modo a se submeter um elemento térmico 3 de dois ao campo magnético. Estes ímãs permanentes 40 são portados por dois suportes 41 localizados em ambos os lados da chapa 2 e acionados em rotação por um eixo de acionamento (não mostrado) acoplado a qualquer tipo de atuador, como, por exemplo, um motor, motor engrenado, motor de escalonamento, servomotor, atuador giratório, etc., ou diretamente ou por qualquer sistema de transmissão mecânico adequado.

A vantagem deste modo de construção dos elementos térmicos 3 em um círculo em volta de um eixo geométrico B permite o uso de um modo simples de acionamento dos dispositivos magnéticos 4 por rotação contínua na mesma direção. É claro que qualquer outro modo de construção pode ser adequado. Se, por exemplo, os elementos térmicos 3 forem dispostos

em uma linha, será fechado um modo de vaivém de acionamento dos dispositivos magnéticos 4.

Os ímãs permanentes podem ser maciços, sinterizados ou laminados, associados a um ou mais materiais imantáveis, que concentram e orientam suas linhas de campo magnético na direção dos elementos térmicos 3. Qualquer outro tipo de ímã pode ser adequado, tal como um ímã eletromagnético ou supercondutor. Um ímã, contudo, apresenta vantagens explícitas em termos de tamanho, simplicidade de uso e baixo custo. É preferível escolher ímãs permanentes 40 capazes de gerar um campo magnético de pelo menos 1 Tesla.

Os elementos térmicos 3 são, além do mais, dispostos em adjacência uns aos outros de modo que os pares de ímãs 40 passem de uma série de elementos térmicos 3 para outra sem interrupção do campo magnético. Esta disposição tem a vantagem de limitar consideravelmente a força motora necessária para mover os dispositivos magnéticos 4 dado que ela não tem que se opor à força magnética.

A chapa 2 é fabricada de preferência a partir de um material não magnético termicamente isolante. Ela tem aberturas, que formam cavidades 20 com conformações de montagem, que são complementares aos elementos térmicos 3 e de espessura aproximadamente igual de modo que os elementos térmicos 3 estejam nivelados com as superfícies da chapa 2. Outras formas de construção são possíveis, o ponto essencial sendo que cada elemento térmico 2 pode ser ativado pelo campo magnético dos ímãs permanentes 40.

Com referência mais específica à Figura 3, esta chapa 2 tem duas séries de canais 21 e 22 que formam a parte interna dos circuitos de fluido de transferência de calor quente e frio 51 e 52, respectivamente. Os canais 21 e 22 de cada série levam por um lado às cavidades 20 por orifícios de entrada e saída dispostos de modo a se comunicarem com os elementos térmicos 3, por cavidade 20 dois orifícios de entrada e dois orifícios de saída, e por outro lado até a parte externa da chapa 2 por orifícios de entrada e de saída dispostos de modo a serem conectados à parte externa dos circuitos de fluido de transferência de calor quente e frio 51 e 52, respectivamente, inclusive trocadores de calor em particular. No exemplo representado, estes canais 21 e 22 são distribuídos por sobre as duas superfícies da chapa 2 e são formados por ranhuras, fabricadas, por exemplo, por usinagem, causticação, fundição ou qualquer outra técnica adequada. Nesta modalidade, a chapa 2 é associada a dispositivos de vedação 6 sob a forma de dois flanges não metálicos 60 dispostos de modo que cada um encoste em uma superfície da chapa 2 através de uma vedação 61 sob a forma de uma membrana que permite que os canais 21 e 22 sejam fechados e vedados. No exemplo representado, os flanges 60 e as vedações 61 têm perfurações 62 e 63 dispostas de modo a corresponderem aos elementos térmicos 3 e são fixadas na chapa 2, seja por parafusos ou qualquer outro dispositivo equivalente. Os flanges 60 e as vedações 61 podem ser também não perfurados. Os canais 21 e 22 podem estar, evidentemente, sobre uma única superfície da chapa 2. Esta chapa 2 pode ser fabricada de

maneira diferentes, como, por exemplo, como duas peças fundidas montadas juntas, os canais 21 e 22 sendo acomodados no lado interno. Da mesma maneira, as vedações 61 podem ser substituídas por uma camada de adesivo adequado ou algo semelhante.

Os elementos térmicos 3 são, pelo menos parcialmente, e de preferência inteiramente, fabricados a partir de um material magneto-calorífico, como, por exemplo, o gadolínio (Gd), uma liga de gadolínio que contém silício (Si) ou germânio (Ge), por exemplo, uma liga de manganês que contém ferro (Fe), magnésio (Mg) ou fósforo (P), por exemplo, ou qualquer outro material imantável equivalente. A escolha entre estes materiais magneto-caloríficos é feita de acordo com a energia de aquecimento ou resfriamento necessária e com as faixas de temperatura necessárias. Como regra geral, o material magneto-calorífico pode tomar a forma de um bloco maciço, uma pilha de blocos maciços ou chapas maciças, um conjunto de partículas sob a forma de pó ou de partículas, um bloco poroso, uma pilha de blocos porosos ou de chapas porosas, ou qualquer outra forma adequada ou uma combinação destas formas. Da mesma maneira, os elementos térmicos 3 podem ser constituídos de um conjunto de diferentes materiais magneto-caloríficos. Eles podem ser também fabricados de uma maneira que seja termicamente condutora, compreendendo um ou mais materiais magneto-caloríficos.

Estes elementos térmicos 3 têm, cada um, a particularidade de compreender pelo menos dois circuitos coletores 31 e 32 que são distintos, isto é, hidraulicamente veda-

dos um do outro, estes sendo um circuito coletor "quente" 31 conectado ao circuito de fluido de transferência de calor quente 21 e 51, e outro circuito coletor "frio" conectado ao circuito de fluido de transferência de calor frio 22 e 52, o
5 fluido de transferência de calor em cada um destes circuitos sendo levado a mover-se alternadamente em um ou no outro dos circuitos coletores 31 e 32, dependendo de o elemento térmico 3 ser ou não submetido ao campo magnético e emitir calor ou frigorias.

10 No exemplo representado e detalhado nas Figuras 4 e 4A, os elementos térmicos 3 são formados a partir de uma pilha de chapas maciças 30 fabricadas a partir do gadolínio. Eles têm uma conformação quadrada e cada um deles tem três nervuras, uma nervura central 33 e duas nervuras de extremi-
15 dade 34, dispostas de modo que delimitem entre umas e outras, quando as chapas 30 estão superpostas, duas ranhuras paralelas, formando passagens 35 para fluido. As chapas 30 são alternadamente orientadas em direções perpendiculares de modo a formarem duas séries de passagens de fluido 35, for-
20 mando os dois circuitos coletores 31 e 32 distintos. Estes circuitos coletores 31 e 32 são assim formados a partir de muitas passagens de fluido 35 distribuídas na espessura dos elementos térmicos 3 de modo a se obter uma área de troca de calor muito grande. Estas chapas 30 têm uma espessura da or-
25 dem de um milímetro, as passagens de fluido são da ordem de um décimo de milímetro e adequadas para criar o chamado fluxo laminar de fluido de transferência de calor através dos elementos térmicos 3 com vistas ao benefício da eficácia

desta troca de calor com uma quantidade mínima de fluido de transferência de calor. Estes elementos térmicos 3 constituem assim mini ou micro-trocadores de calor ativos que geram e trocam calorias e frigorias com os fluidos de transferência de calor que passam através deles, dependendo das alterações na magnetização/desmagnetização. Estas passagens de fluido 35 podem ser também orientadas em direções paralelas.

Cada circuito coletor 31 e 32 leva até os dois lados opostos dos elementos térmicos 3 por uma entrada e uma saída de fluido que se comunicam automaticamente com os orifícios de entrada e saída para fluido de transferência de calor do circuito quente 21 e do circuito frio 22 dispostos de modo a corresponderem um ao outro em cada cavidade 20 quando os elementos térmicos 3 são montados na chapa 2. Para isto, um intervalo de entre 0,05 e 15 mm e de preferência igual a 1 mm é disposto entre os lados correspondentes da chapa 2 e o elemento térmico 3 de modo a delimitar as câmaras de distribuição de fluido de transferência de calor que se estendem por sobre a espessura do elemento térmico 3. A vedação dos circuitos coletores 31 e 31 é obtida primeiro entre as câmaras de distribuição por vedações (não representadas) dispostas, por exemplo, nos quatro cantos das cavidades 20 e em segundo lugar sobre as superfícies anterior e posterior da chapa 2 por flanges 60 e pelas vedações 61.

Os circuitos coletores 31 e 32 podem, evidentemente, ser fabricados de maneira diferente, dependendo da forma do material magneto-calorífico. No exemplo mostrado, as chapas 30 e suas nervuras 33 e 34 podem ser obtidas por usina-

gem, laminação, estampagem, erosão por centelhamento ou métodos semelhantes. Em outra forma de modalidade, as chapas 30 podem ser planas, e folhas separadoras ou afastadores podem ser colocados entre elas de modo a delimitarem as passagens para fluido. As passagens para fluido 35 podem ser assim formadas por perfurações, ranhuras de diferentes conformações, fendas, interstícios ou uma combinação destas formas, estas formas sendo obtidas por usinagem, causticação química, iônica ou mecânica, conformação ou afastamento entre partículas. Estas passagens para fluido 35 podem ter um tamanho de entre 0,01 mm e 5 mm e de preferência igual a 0,15 mm, este tamanho pequeno contribuindo para a criação de um fluxo laminar de fluido de troca de calor.

Com referência agora às Figuras 5A e 5B, pelo menos um circuito de fluido de troca de calor 51 ou 52 inclui dispositivos para forçar a circulação do fluido de troca de calor, como, por exemplo, uma bomba 53, um termo-sifão ou qualquer outro dispositivo equivalente. Esta circulação pode ser também livre e natural, devido simplesmente às diferenças de temperatura no fluido de transferência de calor.

A composição química do fluido de transferência de calor é adequada para a faixa de temperatura desejada e é escolhida de modo a se obter uma troca de calor máxima. É possível, por exemplo utilizar água pura para temperaturas positivas e, para temperaturas negativas, água à qual foi adicionado um agente anti-congelador, como, por exemplo, um produto glicosado. Este gerador térmico 1 permite assim que

se evite o uso de qualquer fluido que seja corrosivo e danoso para o homem ou seu ambiente.

Cada circuito de fluido de transferência de calor 51 ou 52 tem dispositivo para remover as calorias e frigorias coletadas para aquecimento e resfriamento, respectivamente, como, por exemplo, um trocador de calor quente 55 e um trocador de calor frio 56 ou qualquer outro dispositivo equivalente. De maneira semelhante, cada circuito 51 ou 52 tem dispositivos de comutação para colocar os elementos térmicos 3 correspondentes no circuito 51 ou 52 correspondente, como, por exemplo, uma válvula de solenóide bidirecional 57 e 58 ou semelhante. O controle destas válvulas de solenóide 57 e 58 é evidentemente sincronizado com a rotação dos ímãs 40, conforme explicado a seguir. Estes dispositivos de comutação podem ser também incorporados à chapa 2, por usinagem e/ou fundição e montagem de componentes, a comutação sendo obtida por atração magnética de um pistão, uma esfera, etc., que se move entre duas partes que definem as válvulas.

O funcionamento do gerador térmico 1 de acordo com a invenção é descrito com referência às Figuras 5A e 5B, que mostram diagramaticamente os dois ciclos funcionais do gerador térmico 1 com, para simplificar, quatro elementos térmicos 3 e dois pares de ímãs. Neste exemplo, os dispositivos de recuperação incluem uma única bomba 53 colocada no circuito quente 51, e os circuitos quente e frio 51 e 52 são conectados em um laço fechado: o circuito de fluido de transferência de calor quente 51 conectando a saída Sf do trocador de calor frio 56 com a entrada Ec do trocador de

calor quente 55 e circuito frio 52 conectando a saída Sc do trocador de calor quente 55 com a entrada Ef do trocador de calor 56. Pode-se instalar também dois circuitos 51 e 52 completamente independentes, cada um deles formando um laço
5 fechado. Neste caso, cada circuito 51 e 52 tem sua própria bomba 53. Em todos os casos, a direção de fluxo do fluido de transferência de calor nos dois circuitos 51 e 52 é de preferência invertida. Para simplificar, os circuitos quente e frio são identificados como 51 e 52, sabendo-se que uma par-
10 te destes circuitos quente e frio é interna ao gerador térmico 1 e incorporada na chapa 2 sob as identificações 21 e 22.

No primeiro ciclo funcional mostrado na Figura 5A, os ímãs 40 são opostos aos dois elementos térmicos 3(1) e
15 3(3), que se aquecem sob o efeito do campo magnético, os dois outros elementos térmicos 3(2) e 3(4) resfriando-se porque não são submetidos ao campo magnético. As válvulas de solenóide 57 e 58 são comutadas em uma primeira posição, que permite a colocação em série no circuito quente 51 dos ele-
20 mentos térmicos 3(1) e 3(3) que se aquecem e em série no circuito frio 52 dos elementos térmicos 3(2) e 3(4) que se resfriam, os circuitos nos quais o fluido de transferência de calor está no movimento que é mostrado como uma linha cheia. A saída Sf do trocador de calor frio 56 é conectada,
25 pela válvula de solenóide 58, à entrada Ec(1) do elemento térmico 3(1), sua saída Sc(1) é conectada à entrada Ec(3) do elemento térmico 3(3) e sua saída Sc(3) à entrada Ec do trocador de calor quente 51. O circuito quente 51 faz o fluido

de transferência de calor mover-se nos circuitos coletores quentes 31 dos elementos térmicos 3(1) e 3(3), os outros ficando inativos. Da mesma maneira, a saída Sc do trocador de calor quente 55 é conectada, pela válvula de solenóide 57, à entrada Ef(4) do elemento térmico 3(4), sua saída Sf(4) é conectada à entrada Ef(2) do elemento térmico 3(2) e sua saída Sf(2) à entrada Ef do trocador de calor quente 56. O circuito frio 52 faz o fluido de transferência de calor mover-se nos circuitos coletores frios 32 dos elementos térmicos 3(2) e 3(4), os outros ficando inativos. Este ciclo é rápido e dura entre alguns milhares de segundo e 20 segundos e de preferência 1 segundo, o que corresponde ao tempo de passagem dos ímãs na frente dos elementos térmicos 3(1) e 3(3).

Quando elas os deixam para passar na frente dos elementos térmicos 3(2) e 3(4), as válvulas de solenóide 57 e 58 são comutadas para uma segunda posição mostrada na Figura 5B que corresponde ao segundo ciclo funcional, no qual os ímãs 40 são opostos aos dois outros elementos térmicos 3(2) e 3(4) que se aquecem sob o efeito do campo magnético, os dois primeiros elementos térmicos 3(1) e 3(3) resfriando-se porque já não estão submetidas ao campo magnético. As válvulas de solenóide 57 e 58 comutadas para sua segunda posição colocam no circuito quente 51 os elementos térmicos 3(2) e 3(4) que se aquecem e no circuito frio 52 os elementos térmicos 3(1) e 3(3) que se resfriam, os circuitos nos quais o fluido de transferência de calor está no movimento que mostrado como uma linha cheia. A saída Sf do trocador de

calor frio 56 é conectada, pela válvula de solenóide, à entrada $Ec(2)$ do elemento térmico 3(2), sua saída $Sc(2)$ é conectada à entrada $Ec(4)$ do elemento térmico 3(4) e sua saída $Sc(4)$ à entrada Ec do trocador de calor quente 55. O circuito quente 51 faz o fluido de transferência de calor mover-se nos circuitos coletores quentes 31 dos elementos térmicos 3(2) e 3(4), os outros ficando inativos. Da mesma maneira, a saída Sc do trocador de calor quente 55 é conectada, pela válvula de solenóide 57, à entrada $Ef(3)$ do elemento térmico 3(3), sua saída $Sf(3)$ é conectada à entrada $Ef(1)$ do elemento térmico 3(1) e sua saída $Sf(1)$ à entrada Ef do trocador de calor frio 56. O circuito frio 52 faz o fluido de transferência de calor mover-se nos circuitos coletores frios 32 dos elementos térmicos 3(1) e 3(3), os outros ficando inativos. Este ciclo rápido corresponde ao tempo de passagem dos ímãs 40 na frente dos elementos térmicos 3(2) e 3(4). Quando elas os deixam para passar novamente na frente dos elementos térmicos 3(1) e 3(3), as válvulas de solenóide 57 e 58 são comutadas para sua primeira posição mostrada na Figura 5A, e o primeiro ciclo funcional começa novamente.

O fato de que o fluido de transferência de calor usado é um líquido e não um gás evita a necessidade de uma válvula de não retorno. O exemplo pode ser visto nas Figuras 5A e 5B, nas quais, nas entradas Ec e Ef dos trocadores de calor quente e frio 55 e 56, os dois circuitos quentes 51 e 52 se encontram um com o outro, respectivamente. O fluido de transferência de calor, que é um líquido, não é compressível

e vai naturalmente para dentro do circuito que está fechado e não para o circuito que está aberto.

A descrição mostra claramente que os circuitos quente e frio 51 e 52 são ativos e dinâmicos em ambos os ciclos funcionais, da mesma maneira que os elementos térmicos 3 são todos usados. Além disto, o fluido de transferência de calor que recupera as calorias está limitado a essa função, como está o fluido de transferência de calor que recupera as frigorias. Dado que não há imisção de fluido de transferência de calor a temperaturas diferentes, como na tecnologia anterior, os circuitos quente e frio 51 e 52 estando separados, em particular no caso dos circuitos coletores 31 e 32 nos elementos térmicos 3, não há troca ou imisção de calor entre os circuitos. Esta nova tecnologia permite também uma redução considerável nas perdas térmicas, uma aceleração dos ciclos funcionais, um aumento na potência do gerador térmico 1 e a obtenção de uma eficácia térmica muito boa para uma exigência de energia muito reduzida em vista da baixa potência motora necessária para fazer os ímãs 40 girarem.

Além disso, esta técnica de circuitos quentes 21, 31 e 51 e circuitos frios 22, 32 e 52 separados permite que o ciclo "AMR seja usado, isto é, para cada novo ciclo funcional do gerador térmico 1, a diferença de temperatura no início e no fim do ciclo aumenta, permitindo, respectivamente, que sejam atingidos níveis de temperatura de aquecimento e resfriamento no circuito quente 51 e no circuito frio 52, que são maiores que nos geradores do tipo conhecido no presente. Além disto, o gerador térmico 1 da invenção não apre-

senta perigo seja para as pessoas, seja para o ambiente. Se de fato houvesse falta de fluido de transferência de calor no circuito quente 51 e no circuito frio 52, não haveria mais troca de calor e, portanto, nenhum risco de escapamento
5 término.

Aplicações industriais possíveis

Este gerador térmico 1 encontra aplicação em qualquer campo técnico no qual é necessário aquecer, temperar, resfriar ou condicionar com ar, como em aparelhos elétricos
10 domésticos para geladeiras e congeladores, para condicionamento de ar e aquecimento, seja em aplicações industriais, domésticos ou veiculares, na indústria de alimentos para caixas de exibição gabinetes refrigerados, em adegas de vinhos com ar condicionado e todos os tipos de recintos refri-
15 gerados.

A presente invenção não está restrita ao exemplo de modalidade descrito, mas se estende a qualquer modificação ou variante que seja óbvia a um especialista no campo, permanecendo, contudo, dentro do alcance da proteção definida nas reivindicações anexas. Em particular, as conformações
20 mostradas, o número de elementos térmicos 3 e de ímãs 40 e a maneira de criar os circuitos coletores 31 e 32 e de incorporar os circuitos quentes 21 e os circuitos frios 22 na chapa 2 podem diferir.

REIVINDICAÇÕES

1. Gerador térmico (1) baseado em material magneto-calorífico, que compreende pelo menos um suporte fixo (2) que porta pelo menos dois elementos térmicos magneto-caloríficos (3), dispositivos magnéticos (4) que são móveis com relação aos elementos térmicos (3) de modo que sejam submetidos a uma variação no campo magnético de modo a fazer sua temperatura variar, e dispositivos (5) para recuperar as calorias e frigorias emitidos emitidas pelos elementos térmicos (3), que compreendem pelo menos dois circuitos separados (51 e 52), um circuito (51) referido como "quente" e um circuito (52) referido como "frio", cada circuito (51 e 52) sendo acoplado a pelo menos um trocador de calor (55 e 56) capaz de remover as calorias ou frigorias recuperadas e dotado de dispositivos de comutação (57 e 58) para colocar o elemento térmico correspondente (3) no circuito (51 e 52), **CARACTERIZADO** pelo fato de que cada elemento térmico (3) tem passagens para fluido (35) que formam pelo menos dois circuitos coletores (31 e 32) distintos, um circuito coletor "quente" (31) no qual flui o fluido de transferência de calor do circuito quente (51), cuja função é coletar as calorias emitidas pelo elemento térmico (3) submetido ao campo magnético, e um circuito coletor "frio" (32), no qual flui o fluido de transferência de calor do circuito frio (52), cuja função é coletar as frigorias emitidas pelo elemento térmico (3) não submetido ao campo magnético, os fluidos de transferência de calor sendo levados a moverem-se alternadamente em um circuito coletor ou no outro (31 e 32), dependendo de o

elemento térmico (3) ser ou não submetido ao campo magnético e emitir calorias ou frigorias.

2. Gerador, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os elementos térmicos (3) são
5 fabricados, pelo menos parcialmente, a partir de um material magneto-calorífico que toma pelo menos uma forma escolhida de um grupo que compreende um bloco sólido, uma pilha de blocos sólidos ou chapas sólidas (30), um conjunto de partículas, um bloco poroso, uma pilha de blocos porosos ou de
10 chapas porosas ou uma combinação destas formas.

3. Gerador, de acordo com a reivindicação 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os circuitos coletores (31 e 32) são de preferência formados, cada um, a partir de muitas passagens de fluido (35), distribuídas na espessura dos ele-
15 mentos térmicos (3) de modo a se obter uma área de troca de calor grande.

4. Gerador, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as passagens para fluido (35) são de tamanho pequeno, variando entre 0,01 mm e 5 mm e de
20 preferência igual a 0,15 mm, adequadas para criar um fluxo do fluido de transferência de calor através dos elementos térmicos (3), o fluxo sendo predominantemente laminar.

5. Gerador, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as passagens para fluido (35)
25 nos dois circuitos coletores (31 e 32) de cada elemento térmico (3) têm orientações diferentes.

6. Gerador, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as passagens para fluido (35)

nos dois circuitos coletores (31 e 32) de cada elemento térmico (3) têm orientações aproximadamente paralelas.

7. Gerador, de acordo com a reivindicação 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as passagens para fluido (35) são definidas por pelo menos uma forma escolhida do grupo que compreende perfurações, ranhuras, fendas, interstícios, uma combinação destas formas, estas formas sendo obtidas por usinagem, causticação química, iônica ou mecânica, conformação, separador entre blocos ou chapas, espaço entre partículas.

8. Gerador, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o suporte fixo compreende pelo menos uma chapa (2) que possui pelo menos duas aberturas que delimitam cavidades (20) para receber os elementos térmicos (3) e pelo menos duas séries de canais (21 e 22) que formam uma parte dos circuitos de fluido de transferência de calor quente e frio (51 e 52) que atingem cada cavidade (20) por um orifício de admissão e um orifício de saída para cada circuito (51 e 52) adequados para comunicação com as passagens de fluido (35) correspondentes dos elementos térmicos (3), isto é, dois orifícios de entrada e dois orifícios de saída por cavidade (20).

9. Gerador, de acordo com a reivindicação 8, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os canais (21 e 22) são formados por ranhuras distribuídas por sobre uma superfície das superfícies da chapa (2) e pelo fato de que o gerador térmico (1) compreende pelo menos um flange (60) adicionado à su-

perfície da chapa (2) de maneira a cobrir e vedar os canais (21 e 22).

10. Gerador, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os elementos térmicos (3) e
5 as cavidades (20) têm conformações de montagem complementares.

11. Gerador, de acordo com a reivindicação 10, **CARACTERIZADO** pelo fato de que as conformações de montagem complementares são aproximadamente paralelepipedais, pelo
10 fato de que cada lado da cavidade (20) inclui um orifício de entrada ou um orifício de saída de um dos circuitos de fluido de transferência de calor quente e frio (51 e 52) e cada lado do elemento térmico (3) incluindo uma entrada e uma saída de um de seus circuitos coletores (31 e 32).

15 12. Gerador, de acordo com a reivindicação 11, **CARACTERIZADO** pelo fato de que um intervalo de entre 0,05 mm e 15 mm, e de preferência igual 1 mm, é disposto em cada lado entre a cavidade (20) e o elemento térmico (3), este intervalo formando uma câmara de distribuição de fluido de
20 transferência de calor que se estende por sobre a espessura do elemento térmico (3), e pelo fato de que um dispositivo de vedação é colocado em cada canto da cavidade (20).

13. Gerador, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que ele tem um número par de ele-
25 mentos térmicos (3) dispostos aproximadamente em um círculo em volta de um eixo geométrico central (B) do suporte (2) e os dispositivos magnéticos (4) são acoplados a dispositivos

de acionamento rotacional em volta deste eixo geométrico central (B).

14. Gerador, de acordo com a reivindicação 13,
CARACTERIZADO pelo fato de que os dispositivos magnéticos
5 (4) compreendem um número de ímãs (40) que corresponde ao
número de elementos térmicos (3), estes ímãs (40) sendo uni-
dos em pares e dispostos em ambos os lados dos elementos
térmicos (3) de modo a se submeter um elemento térmico (3)
em dois ao campo magnético.

10 15. Gerador, de acordo com a reivindicação 14,
CARACTERIZADO pelo fato de que os elementos térmicos (3) são
dispostos em adjacência uns aos outros de modo que os pares
de ímãs (40) passem de uma série de elementos térmicos (3)
para outra sem interrupção do campo magnético.

15 16. Gerador, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que os fluidos de transferência
de calor nos circuitos quente e frio (51 e 52) fluem em di-
reções opostas.

20 17. Gerador, de acordo com a reivindicação 1,
CARACTERIZADO pelo fato de que os dispositivos de recupera-
ção de calor e frigorificas incluem dispositivos (53) para
forçar o fluido de transferência de calor a fluir em pelo
menos um dos circuitos de fluido de transferência de calor
(51 e 52).

25 18. Gerador, de acordo com a reivindicação 17,
CARACTERIZADO pelo fato de que os circuitos de fluido de
transferência de calor quente e frio (51 e 52) são conecta-
dos em um laço fechado, o circuito de fluido de transferên-

cia de calor quente (51) conectando a saída (Sf) de um trocador de calor frio (56) com a entrada (Ec) de um trocador de calor quente (55) e o circuito de fluido de transferência de calor frio (52) conectando a saída (Sc) do trocador de calor quente (55) com a entrada (Ef) do trocador de calor frio (56).

19. Gerador, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dispositivos para recuperar as calorias e as frigorias compreendem dispositivos (53) para forçar a circulação do fluido de transferência de calor em um ou ambos os circuitos de fluido de transferência de calor (51 e 52), estes circuitos sendo independentes e cada um deles formando um laço fechado.

20. Gerador, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que os dispositivos de comutação compreendem pelo menos uma válvula (57 e 58) em cada circuito de fluido de transferência de calor quente e frio (51 e 52) disposta de modo a colocar em série um ou o outro dos circuitos coletores (31 e 32) dos elementos térmicos (3) dependendo de serem ou não submetidos ao campo magnético e produzirem calorias ou frigorias.

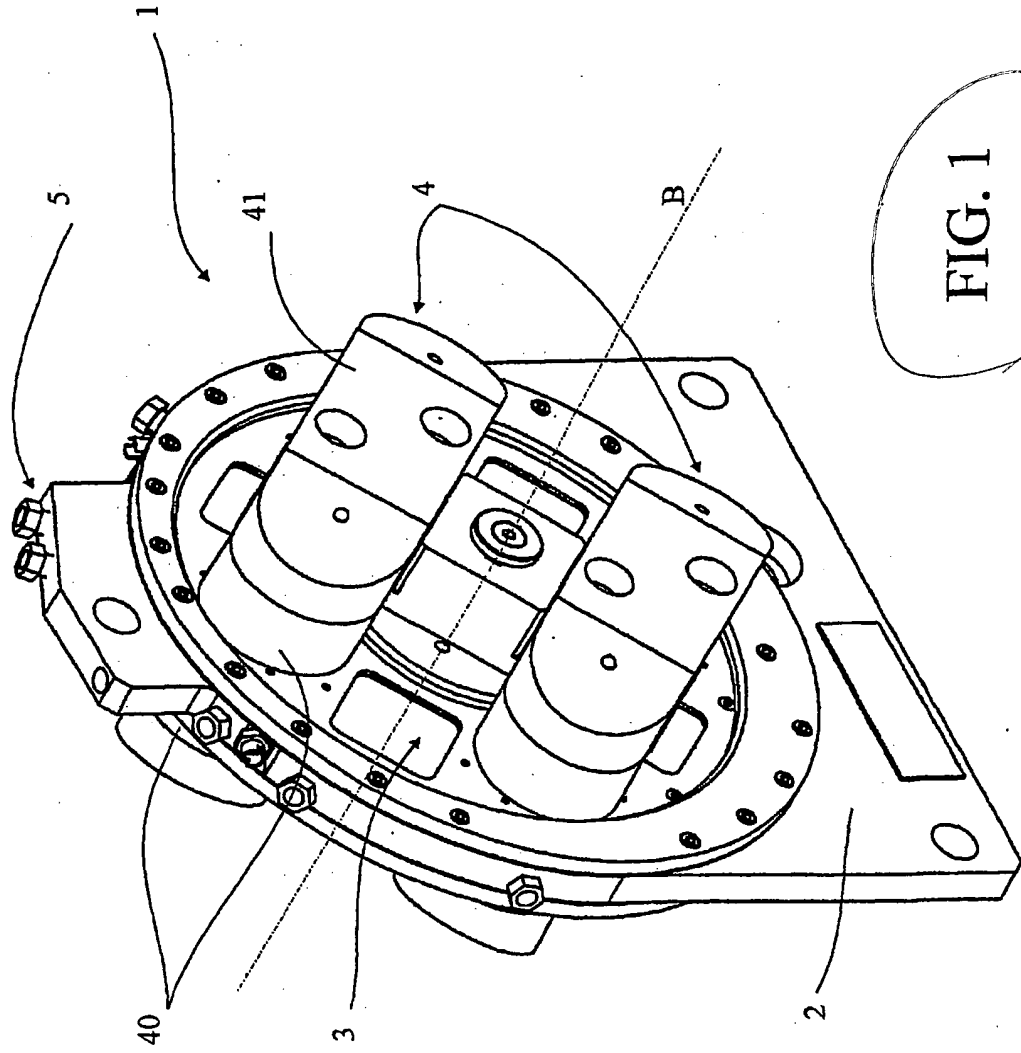


FIG. 1

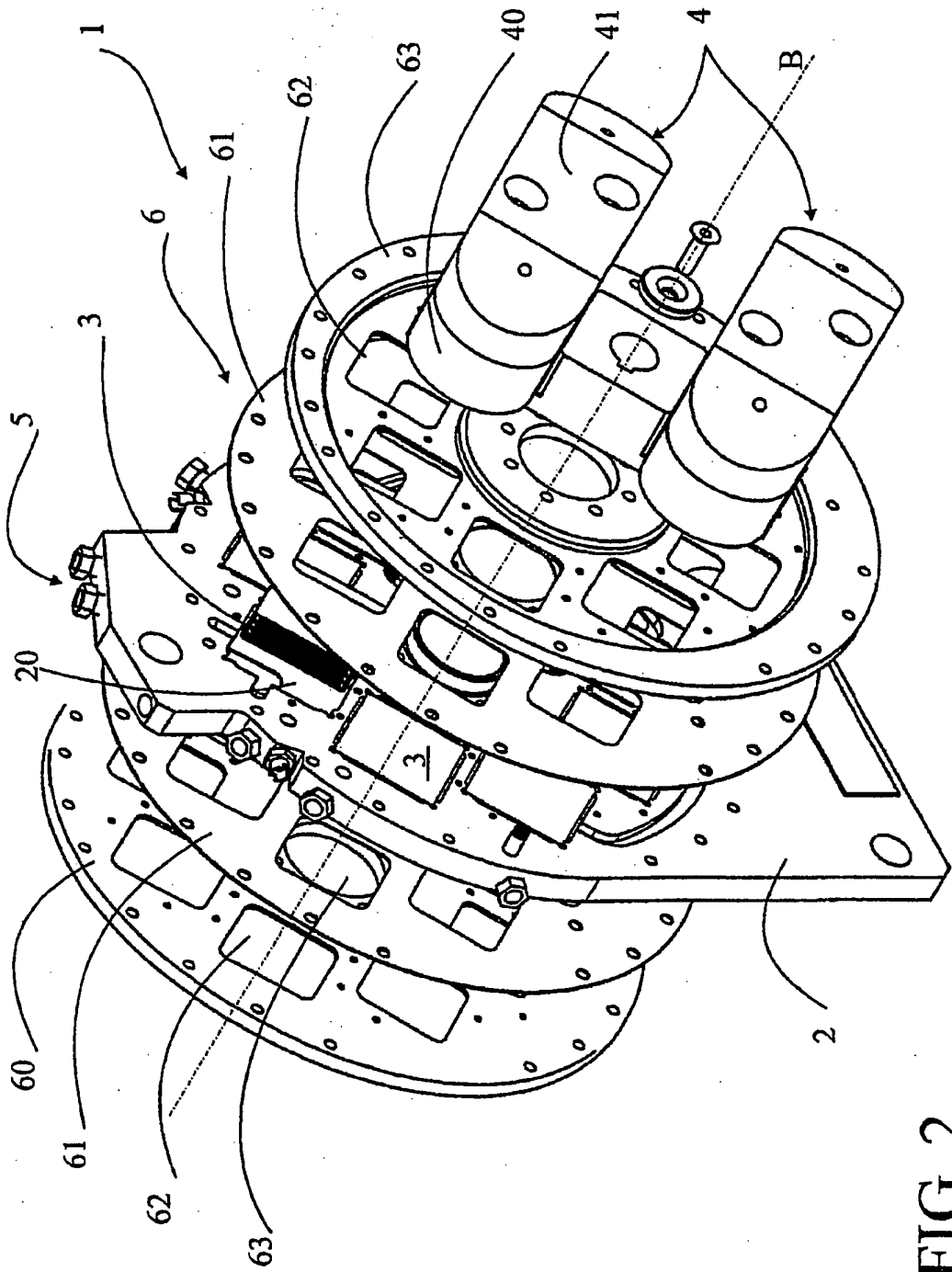


FIG. 2

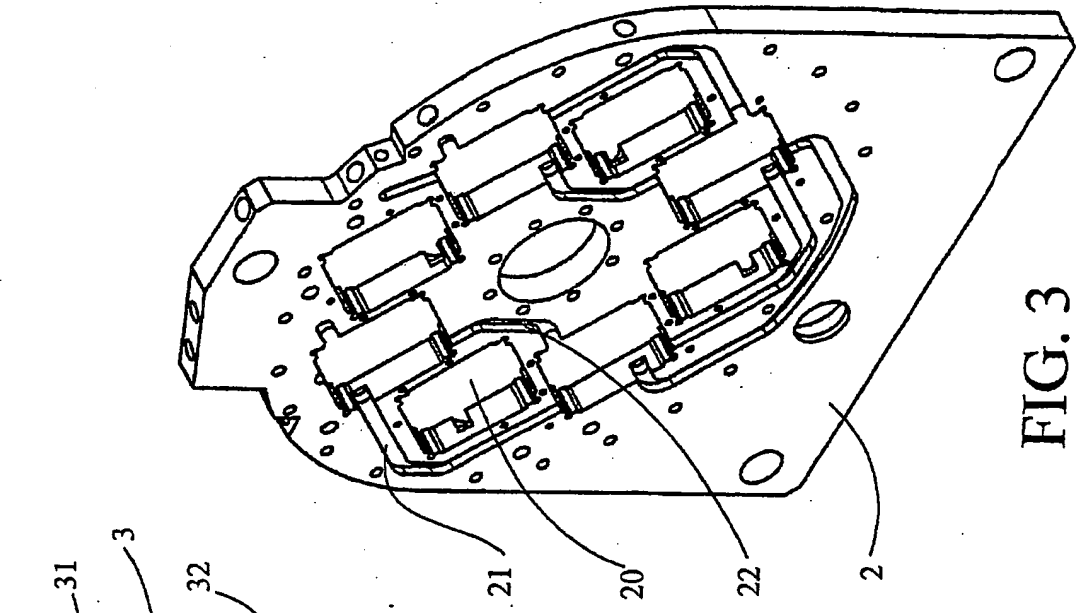


FIG. 3

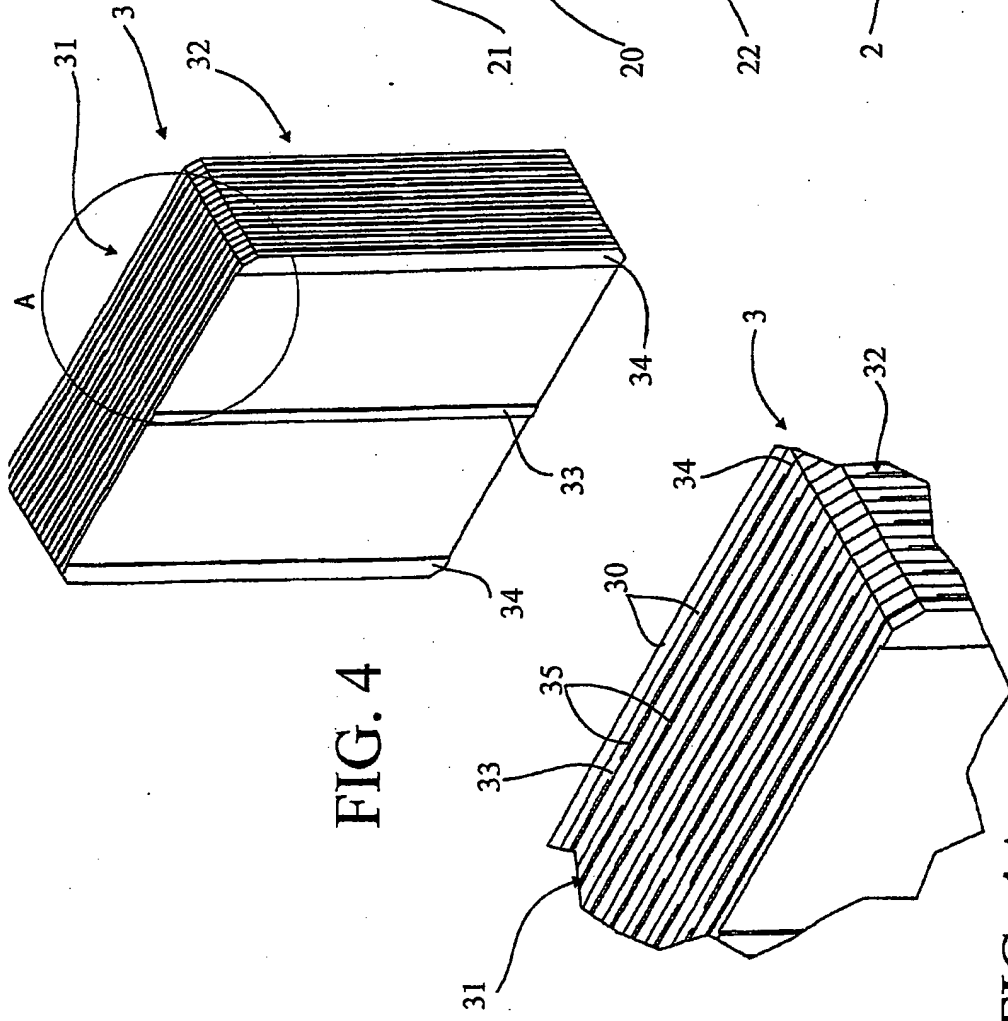


FIG. 4

FIG. 4A

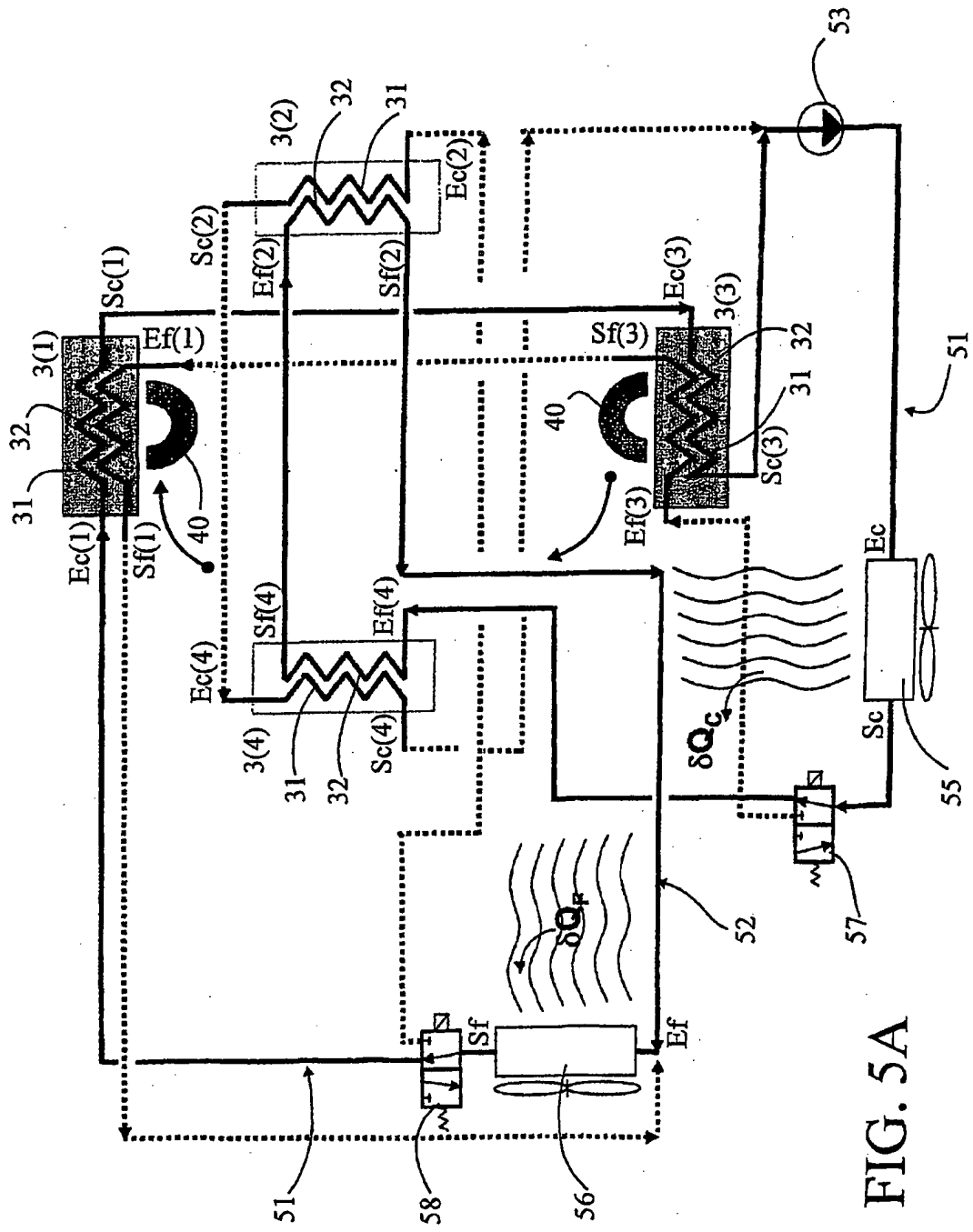


FIG. 5A

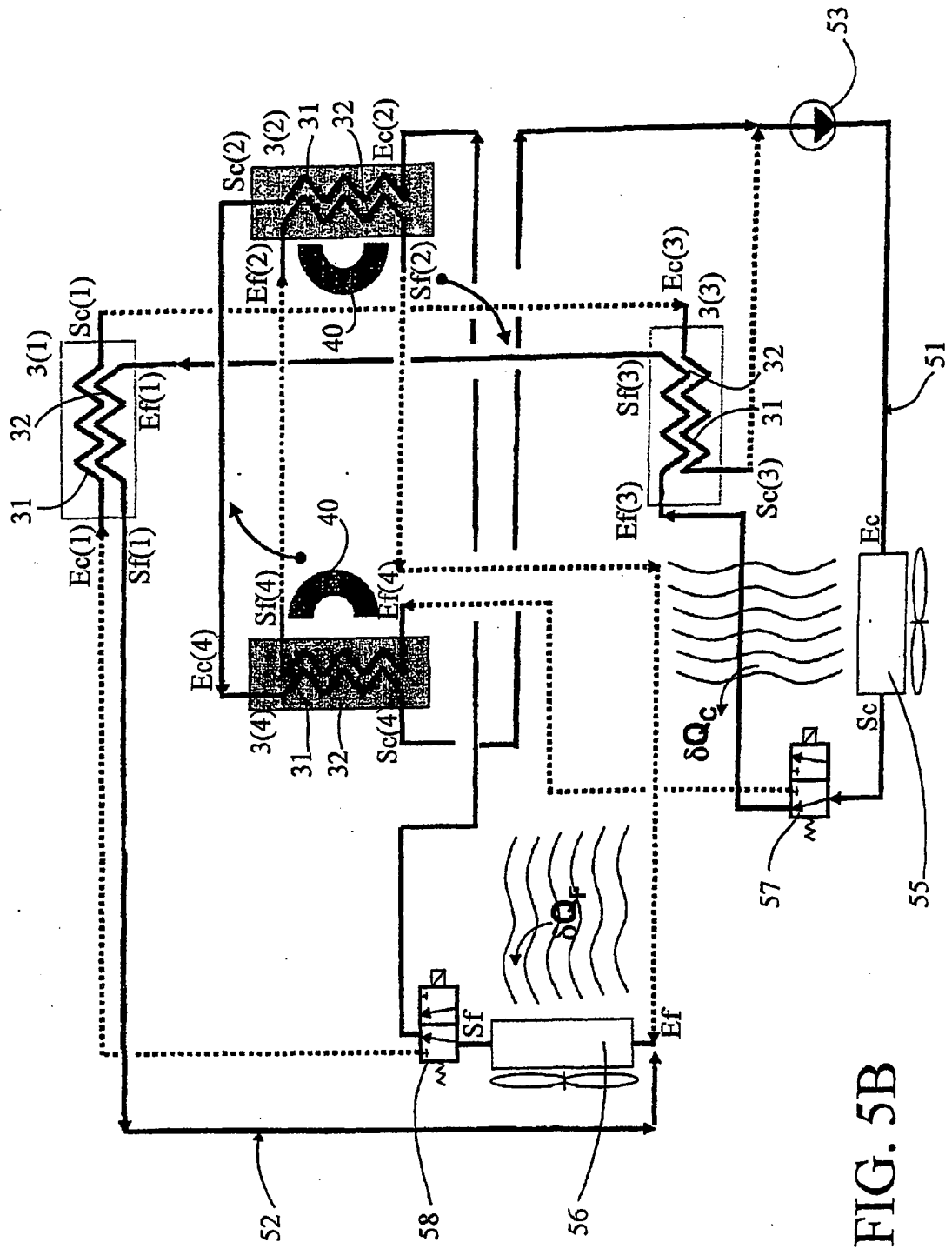


FIG. 5B

RESUMO

"GERADOR TÉRMICO QUE USA MATERIAL MAGNETO-CALORÍFICO"

A invenção refere-se a um gerador térmico não poluente que tem uma eficácia energética muito boa e um desenho simples e econômico, baixo consumo de energia, isto tudo e sendo ao mesmo tempo escalonável, versátil e modular. Neste gerador térmico (1), os elementos térmicos (3) compostos de material magneto-calorífico compreendem, cada um, dois circuitos coletores (31, 32) distintos, um circuito coletor quente (31) sendo conectado a um circuito de fluido de transferência de calor (51) e um circuito coletor (32) sendo conectado a um circuito de fluido de transferência de calor frio (52). O fluido de transferência de calor é colocado em movimento alternado em um ou no outro circuito coletor (31, 32) dependendo de os elementos térmicos (3) serem ou não submetidos ao campo magnético gerado pelos ímãs (40) que giram em volta de um eixo geométrico central (B) com relação aos elementos térmicos (3). Os circuitos de fluido de transferência de calor (51, 52) são integrados, em parte, em uma chapa (2) que sustenta os elementos térmicos (3) e são conectados a circuitos externos que compreendem trocadores de calor (55, 56) que utilizam as calorias e as calorias negativas geradas pelos elementos térmicos (3). As aplicações da invenção incluem: aquecer, temperar, condicionar com ar e refrigerar em toda instalação industrial e toda aplicação doméstica.