



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112015023919-6 B1**



**(22) Data do Depósito:** 14/02/2014

**(45) Data de Concessão:** 07/12/2021

**(54) Título:** AUTOMÓVEL ELÉTRICO, SISTEMA TERMELÉTRICO NUCLEAR DE BAIXA ENERGIA E VEÍCULO

**(51) Int.Cl.:** B60L 1/00; B60L 50/00; F01K 15/02; F01K 3/18; G21B 3/00; (...).

**(52) CPC:** B60L 1/003; B60L 50/00; F01K 15/02; F01K 3/181; G21B 3/002; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 22/03/2013 US 13/848,888.

**(73) Titular(es):** LENR CARS SA.

**(72) Inventor(es):** NICOLAS CHAUVIN.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2014052961 de 14/02/2014

**(87) Publicação PCT:** WO 2014/146836 de 25/09/2014

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 16/09/2015

**(57) Resumo:** SISTEMA TERMELÉTRICO NUCLEAR DE BAIXA ENERGIA E VEÍCULO. Sistema termelétrico nuclear de baixa energia para um veículo que proporciona meios de transporte rentável e sustentável para longa autonomia de operação com emissão zero, usando um termogerador de reação nuclear de baixa energia a bordo. A presente invenção geralmente inclui um termogerador dentro de uma carcaça térmica, um sistema de conversão de energia ligado ao termogerador, um sistema de armazenamento de energia ligado ao sistema de conversão de energia, um sistema de resfriamento e um sistema de controle central. O termogerador reage pó de níquel com hidrogênio em uma câmara de reator para produzir calor. O calor é então transferido para o sistema de conversão de energia para ser convertido em eletricidade para ser armazenado no sistema de armazenamento de energia. O sistema de resfriamento prove resfriamento para os vários componentes da presente invenção e o sistema de controle regula o seu funcionamento geral. A presente invenção pode ser usada para alimentar um veículo em uma forma eficiente, sustentável e rentável.

AUTOMÓVEL ELÉTRICO, SISTEMA TERMELETRICO NUCLEAR  
DE BAIXA ENERGIA E VEÍCULO

Campo técnico

[001] A presente invenção refere-se geralmente a um sistema nuclear de baixa energia e mais especificamente refere-se a um sistema termelétrico nuclear de baixa energia para um veículo que fornece meios rentável e sustentável de transporte para operação de longa autonomia com emissão zero, usando um termogerador de reação nuclear de baixa energia a bordo.

Arte anterior

[002] Qualquer discussão da arte relacionada em toda a especificação não deve de maneira alguma ser considerada como uma admissão de que tal arte relacionada é amplamente conhecida ou faz parte do conhecimento comum geral na área.

[003] A presente invenção refere-se a um sistema que utiliza energia térmica para abastecer um veículo elétrico, tal como um carro elétrico, motocicleta elétrica, ônibus elétrico, trem elétrico, barco elétrico, avião elétrico e afins. O mercado para veículos elétricos tem aumentado nos últimos anos, com estimativas atuais projetando mais de 5 milhões de automóveis elétricos sendo vendidos a cada ano até 2017.

[004] Os veículos elétricos produzidos atualmente são geralmente considerados sustentáveis uma vez que não dependem de combustíveis fósseis que estão em alta demanda crescente no mercado mundial. Esses veículos elétricos são também considerados ambientalmente seguros por não gerarem quaisquer emissões tais como gases de

efeito estufa.

[005] No entanto, mesmo esses veículos elétricos sustentáveis atualmente produzidos sofrem uma série de deficiências. Muitos desses veículos são obrigados a periodicamente ser conectados diretamente à rede elétrica ou obrigados o uso de baterias para armazenamento de energia. Quando tais baterias são utilizadas como única fonte de energia, a autonomia do veículo elétrico é severamente limitada pela capacidade de armazenamento das baterias e portanto necessitam de recargas repetidas. O aumento da capacidade da bateria e, assim, a autonomia do veículo, aumenta o preço e o peso do veículo que, em muitos casos, pode estar abaixo do ideal para diferentes aplicações.

[006] Uma solução para o problema da limitada autonomia dos veículos elétricos tem sido o desenvolvimento de uma rede de estações de carregamento para uso em sistemas de recarga de baterias desses veículos. Outra solução para aumentar a autonomia tem sido usar células de combustível em vez de uma bateria de grande capacidade. No entanto, tais sistemas, frequentemente, devem contar com uma infra-estrutura complexa de hidrogênio e uma rede de postos de hidrogênio para fornecer pontos de entrega de hidrogênio para reabastecer os veículos (tal como postos de gasolina). A infra-estrutura de hidrogênio necessária para suportar largamente os veículos movidos a células de combustível é estimada a demorar algumas décadas.

[007] Outra solução para o problema de autonomia com veículos elétricos é usar diretamente energia sustentável tal como a energia solar para abastecer os

veículos. No entanto, todas estas soluções sofrem muitas desvantagens em relação aos veículos a motor térmico padrão, incluindo a autonomia, usabilidade, conforto e custo.

[008] Devido aos problemas inerentes com a arte anterior, existe uma necessidade de um novo e melhorado sistema termelétrico de baixa energia nuclear para um veículo que fornece meios rentável e sustentável de transporte de longa autonomia de operação com emissão zero, usando um termogerador de reação nuclear de baixa energia a bordo.

Breve resumo da invenção

[009] A presente invenção refere-se geralmente a um sistema termelétrico nuclear de baixa energia para um veículo. Em um aspecto, o sistema termelétrico nuclear de baixa energia inclui um termogerador dentro de uma carcaça térmica, um sistema de conversão de energia ligado ao termogerador, um sistema de armazenamento de energia ligado ao sistema de conversão de energia, um sistema de resfriamento e um sistema de controle central.

[010] Em um aspecto da presente invenção, o termogerador reage pó de níquel com hidrogênio dentro de uma câmara de reator para produzir calor. O calor é então transferido para o sistema de conversão de energia para ser convertido em electricidade para armazenamento no sistema de armazenamento de energia. O sistema de resfriamento fornece resfriamento para os vários componentes da presente invenção e o sistema de controle regula seu funcionamento global. A presente invenção pode ser utilizada para

abastecer um veículo de forma eficiente, sustentável e econômica.

[011] Em um aspecto, a presente invenção refere-se a um veículo compreendendo o sistema termelétrico nuclear de baixa energia da presente invenção.

[012] Foi, portanto, delineado, de forma bastante ampla, algumas das características da presente invenção de forma que a descrição detalhada respectiva pode ser melhor compreendida e de forma que a presente contribuição a arte pode ser melhor apreciada. Existem características adicionais da invenção que serão descritas a seguir e que constituirão a matéria das reivindicações aqui anexadas. A este respeito, antes de explicar pelo menos uma forma de realização da presente invenção em detalhe, é para ser entendido que a presente invenção não é limitada em sua aplicação aos detalhes de construção ou aos arranjos dos componentes estabelecidos na seguinte descrição ou ilustrados nos desenhos. A presente invenção é capaz de outras formas de realizações e de ser praticada e realizada de várias maneiras. Também, deve ser entendido que a fraseologia e a terminologia empregada neste documento são para efeitos de descrição e não devem ser consideradas como limitantes.

Breve descrição dos desenhos

[013] Vários outros objetos, características e vantagens inerentes da presente invenção irão tornar-se plenamente apreciadas assim que a mesma torne-se melhor compreendida quando considerada em conjunto com os desenhos que acompanham, em que como referência, caracteres iguais designam as mesmas partes ou partes similares ao longo das

várias vistas, e em que:

[014] A figura 1 é um primeiro diagrama de bloco ilustrando os componentes gerais de uma forma de realização principal da presente invenção.

[015] A figura 2 é um segundo diagrama de bloco ilustrando os componentes gerais de uma forma de realização principal da presente invenção.

[016] A figura 3 é um diagrama de bloco ilustrando uma vista em corte transversal de um termogerador exemplar para uso com a presente invenção.

[017] A figura 4 é um diagrama de bloco ilustrando os sistemas de termogerador e de conversão de energia da presente invenção.

[018] A figura 5 é um diagrama de bloco ilustrando um sistema de resfriamento baseado em um refrigerador de absorção.

[019] A figura 6a é uma vista superior interna dos vários componentes da presente invenção em uso com um automóvel elétrico.

[020] A figura 6b é uma visão interna lateral dos vários componentes da presente invenção em uso com um automóvel elétrico.

[021] A figura 7 é uma vista interna lateral dos vários componentes da presente invenção em uso com uma aeronave elétrica.

[022] A figura 8 é um diagrama de bloco ilustrando uma forma de realização alternativa da presente invenção que utiliza um turbogerador de dióxido de carbono supercrítico.

Descrição detalhada da invenção

#### A. Visão Geral.

[023] Em relação à descrição dos desenhos, em que caracteres de referência semelhantes denotam elementos semelhantes em várias vistas, as figuras 1 a 7 ilustram um sistema termelétrico nuclear de baixa energia 10, que compreende um termogerador 20 dentro de uma carcaça térmica 30, um sistema de conversão de energia 40 ligado ao termogerador 20, um sistema de armazenamento de energia 50 ligado ao sistema de conversão de energia 40, um sistema de resfriamento 60 e um sistema de controle central 70. O termogerador 20 reage pó de níquel 23 com hidrogênio dentro de uma câmara de reator 22 para produzir calor. O calor é então transferido para o sistema de conversão de energia 40 para ser convertido em eletricidade para armazenamento no sistema de armazenamento de energia 50. O sistema de resfriamento 60 fornece resfriamento para os vários componentes da presente invenção e o sistema de controle 70 regula seu funcionamento global.

[024] As Figuras 1 e 2 mostram os diagramas de blocos ilustrando a estrutura geral e o funcionamento da presente invenção. Como pode ser visto na Figura 1, a presente invenção compreende um termogerador 20 tendo um circuito fluido interno 32 impulsionado por um sistema hidráulico interno 33. Um circuito de fluido quente 35 transfere calor proveniente do termogerador 20 para um sistema de conversão de energia 40, onde calor é convertido em energia e através de um sistema de resfriamento 60 antes de retornar para o termogerador 20. Um circuito de resfriamento 66 transfere através do sistema de conversão de energia 40, do sistema de resfriamento 60 e,

opcionalmente, através do sistema de ar condicionado 17 do veículo 16. Um circuito de transferência de resfriamento 67 também conecta o sistema de resfriamento 60 com um radiador separado 46. Utilizando a geração termelétrica nuclear de baixa energia do termogerador 20, a presente invenção pode ser utilizada para abastecer um veículo de uma forma eficiente, sustentável e rentável.

#### B. Termogerador.

[025] A presente invenção utiliza um termogerador 20 para produzir energia a ser convertida dentro do sistema de conversão de energia 40 e armazenada para uso no sistema de armazenamento de energia 50. Um termogerador 20 exemplar é mostrado na Fig. 3. Aprecie-se que esta é meramente uma forma de realização exemplar e, portanto, deve ser apreciado que várias outras formas de realizações podem ser utilizadas com a presente invenção. Assim, a configuração do termogerador 20 exemplar mostrada nas figuras não deve ser interpretada como limitando o escopo da presente invenção.

[026] Uma ampla variedade de termogeradores 20 pode ser utilizada com a presente invenção. Um tal termogerador 20 é divulgado na Publicação de Patente Americana nº. 2011/0005506 cobrindo um "Método e Dispositivo para Executar Reação Exotérmica de Níquel e Hidrogênio", que é aqui incorporada por referência. Outro tal termogerador 20 é divulgado na Publicação de Patente Americana nº 2011/0249783 envolvendo um "Método para Produzir Energia e Dispositivos para os Mesmos", que é aqui incorporada por referência.

[027] Como mostrado na Fig. 3, o termogerador



20 geralmente compreende uma câmara de reator 22 armazenando uma quantidade de um reagente tal como um pó de níquel 23 que é usado como um combustível principal da reação. Um tanque de armazenamento de hidrogênio 24 é fornecido tal que o hidrogênio armazenado pode ser injetado na câmara de reator 22 através de um injetor de hidrogênio 27. Um pressurizador de gás 25 é fornecido, o qual é capaz de pressurizar o hidrogênio no pó de níquel 23 para ativar e controlar a reação. Um aquecedor 28 e um gerador de rádio frequência 29, como um gerador de microondas 29, também são fornecidos para iniciar e controlar a reação.

[028] O termogerador 20 utiliza reações nucleares de baixa energia para produzir calor para uso na produção de energia. O calor é produzido baseado nas reações de transmutação dos isótopos não-radioativos do pó níquel 23 com hidrogênio gasoso, o que resulta em cobre estável e isótopos de cobre não-radioativos. Assim, a presente invenção não requer o uso de qualquer combustível radioativo e produz subprodutos não radioativos.

[029] O termogerador 20 é envolto de preferência dentro de uma carcaça térmica 30, conforme mostrado na Fig. 3. Uma blindagem de alta densidade 31 está incluída dentro da carcaça 30, que encerra os vários componentes do termogerador 20 para fins de segurança. A blindagem 31 de preferência é composta de um material capaz de bloquear quaisquer raios gama emitidos pelas transmutações, bem como quaisquer gases inertes usados por razões de segurança.

[030] O termogerador 20 geralmente é composto de uma câmara de reator 22. A câmara de reator 22 é

adaptada para armazenar uma quantidade pó de níquel em 23 composta de pequenas partículas de níquel 23. Um tanque de armazenamento de hidrogênio 24 é conectado à câmara de reator 22 através de um injetor 27 tendo nele uma válvula 26. O tanque de armazenamento de hidrogênio 24 armazena gás hidrogênio sob uma forma pressurizada, tal como dentro de uma garrafa, ou em um estado sólido, tal como na forma de hidreto de magnésio.

[031] Um pressurizador de gás 25 controla a pressão e a quantidade do hidrogênio injetado através do injetor 27 na câmara de reator 22 através da utilização de uma válvula 26. Essa configuração permite a regulação da ativação e a quantidade de reações de transmutação, permitindo assim o controle da quantidade de energia térmica produzida a partir de reações dentro da câmara 22.

[032] Um aquecedor 28, de preferência composto de um aquecedor elétrico 28 é utilizado em combinação com um gerador de radiofrequência 29 para iniciar a reação, aumentando a temperatura dentro da câmara 22 durante a fase inicial do gerador e para ajudar com a regulação da quantidade de calor produzido nele.

[033] Uma unidade de controle 37 é fornecida para controlar especificamente os vários componentes do termogerador 20 e, portanto, seu funcionamento global. A unidade de controle 37 é de preferência adaptada para controlar o fluxo de entrada de hidrogênio através do injetor 27 (tais como pelo controle da válvula 26) assim como o gerador de rádio frequência 29. A unidade de controle 37 também é de preferência adaptada para medir a temperatura do núcleo 21 por meio do uso de um sensor de

temperatura integrado 38.

[034] O calor proveniente do termogerador 20 é transferido para o sistema de conversão de energia 40 da presente invenção por meio do uso de um circuito de fluido interno 32 alimentado por um sistema hidráulico interno 33, um trocador de calor 34 e um circuito de fluido externo 35 alimentado por um sistema hidráulico externo 36. O circuito interno de fluido 32 é composto de um circuito de fluido de resfriamento de ciclo fechado completamente fechado dentro da carcaça térmica 30. O circuito de fluido interno 32 atravessa a carcaça da câmara de reator 22 tal que o calor das reações térmicas nele é transferido para o fluido de resfriamento.

[035] O fluido de resfriamento aquecido é transferido dentro do circuito de fluido interno 32 através de um trocador de calor 34 que é posicionado dentro da carcaça 30 como mostrado na Fig. 3. O trocador de calor 34 transfere o calor para o circuito de fluido externo 35, composto de um circuito de fluido quente 35, para nele aquecer o fluido de trabalho para conversão dentro do sistema de conversão de energia 40. Como todas as operações do termogerador 20 são trabalhadas em ciclos fechados, não são produzidas emissões de qualquer tipo além das de níveis insignificantes de radiação gama que está na mesma ordem de grandeza da radiação de fundo natural.

[036] Aprecia-se que, em algumas formas de realizações, o termogerador 20 e o sistema de conversão de energia 40, que é descrito abaixo em mais detalhes, pode ser integrado em uma única montagem em que o calor proveniente do termogerador 20 é transferido diretamente

para o sistema de conversão de energia 40 sem necessidade de qualquer trabalho ou fluidos de resfriamento.

#### C. Sistema de Conversão de Energia.

[037] A presente invenção utiliza um sistema de conversão de energia 40 para converter o calor gerado a partir do termogerador 20 em energia. O sistema de conversão de energia 40 pode ser composto de várias configurações, como um conversor termoelétrico trabalhando em um ciclo fechado para transformar o calor produzido pelo termogerador 20 em eletricidade que pode ser armazenado em um sistema de armazenamento de energia 50. Em outras formas de realização, o sistema de conversão de energia 40 pode ser composto de um conversor termocinético que trabalha em um ciclo fechado para transformar o calor produzido a partir do termogerador em movimento de rotação que pode ser armazenado no sistema de armazenamento de energia 50.

[038] O sistema de conversão de energia 40 da presente invenção incluirá geralmente pelo menos um motor Stirling 41 para produzir movimento linear de calor, pelo menos, um compressor de pistão de ação simples 42 ou ventilador, aumentando a pressão de um fluido de trabalho a partir do movimento linear do motor Stirling 41, uma turbina 48 produzindo um movimento de rotação a partir do fluido pressurizado e um gerador elétrico rotativo 49 produzindo eletricidade a partir da rotação da turbina 48.

[039] Em uma forma de realização preferencial conforme mostrado na Fig. 4, o sistema de conversão de energia 40 é composto por um primeiro motor Stirling 41a e um segundo motor Stirling 41b que são configurados como pares dinamicamente balanceados e opostos para reduzir

vibrações e ruído. Os motores Stirling 41(a,b) recebem fluido aquecido de trabalho do circuito de fluido externo 35 da carcaça térmica 30 que é conduzido pelo sistema hidráulico externo 36.

[040] Um primeiro compressor 42a é conectado ao primeiro motor Stirling 41a e um segundo compressor 42b é conectado ao segundo motor Stirling 41b conforme mostrado na Fig. 4. Os compressores 42 são preferencialmente compreendidos de compressores de pistão de ação simples ou de ventiladores que são acoplados a um turbogerador 47 que por sua vez inclui uma turbina 48 e um gerador rotativo 49.

[041] O calor proveniente do termogerador 20, transferido através do circuito de fluido quente 35, alimenta cada um dos motores Stirling 41, pela manutenção do cilindro de expansão de ambos os motores em alta temperatura, enquanto o fluido de resfriamento é transferido para os motores 41 através de um sistema hidráulico frio 45 para manter cada cilindro de compressão a baixa temperatura.

[042] Os motores Stirling 41 que são bem conhecidos na arte e várias configurações do mesmo são conhecidas por serem eficientes no uso, podem ser utilizadas com a presente invenção. De preferência, cada motor Stirling 41 é composto de um motor convencional, do tipo deslocamento, de pistão livre 41 em que um pistão de força move um compressor de pistão de ação simples 42. Todos os motores Stirling 41, compressores 42 e turbogerador 47 utilizam o mesmo fluido de trabalho, normalmente composto de gás hélio. Os sistemas hidráulicos 36, 45 regulam e controlam a temperatura da operação e,

portanto, a eficiência da conversão energética.

[043] Um radiador 46 está ligado com o sistema hidráulico externo 36 para evacuar todo o calor restante não utilizado para fora do veículo elétrico. Todas as operações do sistema de conversão de energia são trabalhadas em um ciclo fechado para assim evitar quaisquer emissões de qualquer tipo.

[044] Várias formas de realizações alternativas têm sido consideradas pelo inventor da presente invenção no que se refere ao sistema de conversão de energia 40. Por exemplo, em uma forma de realização alternativa, o sistema de conversão de energia 40 poderia ser composto por um motor Stirling 41 de pistão livre produzindo movimento linear a partir do calor e um alternador linear produzindo eletricidade a partir do movimento linear do motor Stirling 41.

[045] Em outra forma de realização, o sistema de conversão de energia 40 pode ser composto de um conversor termocinético trabalhando em um ciclo fechado para transformar o calor produzido pelo termogerador 20 em energia cinética para armazenamento no sistema de armazenamento de energia 50. Essa configuração poderia ser composta por um motor Stirling 41, um único compressor 42 aumentando a pressão de um fluido de trabalho a partir do movimento linear do motor 41 e uma turbina 48, produzindo um movimento rotativo a partir do fluido pressurizado, de tal modo que a energia cinética pode ser armazenada em um sistema de armazenamento de energia 50 em volante.

[046] Em ainda outra forma de realização, o sistema de conversão de energia 40 pode ser compreendido de

um turbogerador a vapor incluindo um evaporador transformando água líquida em vapor de alta pressão, usando o calor do fluido de trabalho, uma turbina 48 produzindo um movimento rotativo a partir do vapor de alta pressão, um gerador elétrico rotativo 49 produzindo energia elétrica a partir da rotação da turbina e um condensador usando o fluido de resfriamento para transformar o vapor de baixa pressão que sai da turbina 48 de volta em água líquida para iniciar o ciclo de volta ao evaporador. Alternativamente, o vapor e a água líquida podem ser substituídos por dióxido de carbono supercrítico como fluido de trabalho conforme mostrado na Fig. 8.

[047] Em outra forma de realização alternativa o sistema de conversão de energia 40 pode ser composto de um conversor termelétrico, compreendendo um motor a vapor de ciclo Rankine de calor residual trabalhando em um ciclo fechado, tal como comumente é conhecido como um motor "Ciclo Schoell", que converte calor em um movimento de rotação que pode ser armazenado no sistema de armazenamento de energia 50 ou convertido em eletricidade.

[048] Outra forma de realização alternativa utiliza um conversor termelétrico, composto por um conjunto de termopilhas usando o efeito "Seebeck" ou "Peltier" para converter diferenças de temperatura entre o fluido de transferência aquecido e o fluido de resfriamento em tensão elétrica.

[049] Uma forma de realização alternativa final utiliza um conversor Johnson de energia termelétrica composto por um motor a calor de estado sólido que se

baseia em fotodecomposição e recombinação do hidrogênio em uma célula de combustível usando um ciclo de Ericsson aproximado, assim produzindo eletricidade a partir do calor.

#### D. Sistema de Armazenamento de Energia.

[050] A presente invenção utiliza um sistema de armazenamento de energia 50 para armazenar a energia produzida pelo sistema de conversão de energia 40. Vários tipos de sistemas de armazenamento de energia 50 podem ser utilizados com a presente invenção, incluindo baterias elétricas, sistemas de armazenamento de energia cinética de volante ou suas combinações.

[051] Em uma forma de realização preferencial, o sistema de armazenamento de energia 50 é composto de um conjunto de baterias elétricas adaptado para armazenar a eletricidade produzida pelo sistema de conversão 40. A temperatura de trabalho das baterias pode ser monitorada com um termômetro e regulada com um sistema de temperatura da bateria que utiliza o calor do fluido de trabalho aquecido e resfriamento do líquido de resfriamento produzido pelo termogerador 20 e pelo sistema de resfriamento 60, respectivamente.

#### E. Sistema de Resfriamento.

[052] A Fig. 5 ilustra uma forma de realização exemplar de um sistema de resfriamento 60 para uso com a presente invenção. O sistema de resfriamento 60 de preferência é composto de um refrigerador de absorção que é usado para produzir resfriamento útil a partir do calor extra do termogerador 20, para melhorar a eficiência do sistema de conversão de energia 40 e para fornecer uma



fonte de resfriamento para regulagem da temperatura do sistema de armazenamento de energia 50 e, em alguns casos, um sistema de ar condicionado para o veículo.

[053] O sistema de resfriamento 60 geralmente inclui um evaporador 61 em que o fluido refrigerante evapora-se dentro de um ambiente de baixa pressão parcial, assim, extraíndo o calor do meio circundante e resfriando o fluido de resfriamento. O fluido refrigerante gasoso é absorvido e dissolvido em uma solução de líquido absorvente dentro de um absorvedor 62, assim reduzindo sua pressão parcial dentro do evaporador 61 e permitindo que mais fluido refrigerante líquido evapore.

[054] A solução de líquido absorvente é transferida através de uma bomba 63 para uma caldeira de troca de calor 64 onde é aquecida, fazendo com que o fluido refrigerante dissolvido evapore-se como mostrado na Fig. 5. O líquido evaporado é então condensado através de um condensador 65 usando água de resfriamento para reabastecer o suprimento de líquido fluido refrigerante no evaporador. O sistema de resfriamento 60 utiliza ambos, um circuito de resfriamento 66 e um circuito de transferência de resfriamento 67 para transferência de fluidos e assim aquecer e resfriar, dentro e fora do sistema de resfriamento 60.

[055] Em uma forma de realização alternativa, o sistema de resfriamento 60 pode ser composto de um radiador água-ar passivo ou ativo. Na forma de realização ativa, um ventilador elétrico pode ser usado para melhorar o desempenho de resfriamento do sistema de resfriamento 60.

[056] Em outra forma de realização

alternativa, o sistema de resfriamento 60 pode ser composto de um dissipador de calor passivo ou ativo com base em um trocador de calor usando o ar ou a água disponível fora do veículo elétrico como fonte de resfriamento.

#### F. Sistema de controle central.

[057] A presente invenção inclui um sistema de controle central 70 para regular o funcionamento global do sistema inteiro 10. O sistema de controle 70 é capaz de ligar o termogerador 20 quando o veículo está sendo movimentado ou quando o sistema de armazenamento 50 está abaixo de sua capacidade máxima de armazenamento. O sistema de controle 70 também é adaptado para desligar o termogerador 20 quando o sistema de armazenamento de energia 50 atingiu sua capacidade máxima de armazenamento.

[058] O sistema de controle 70 pode ser composto de várias formas de realização. De preferência será adaptado para enviar comandos para a unidade de controle 37 do termogerador 20 para ligar/desligar o termogerador 20 para regular a quantidade de calor produzido. Será adaptado ainda para controlar os sistemas hidráulicos 33, 36, 45 para organizar os fluxos de transferência de calor e de fluidos de resfriamento por toda a presente invenção.

[059] O sistema de controle 70 também atuará para interagir com os sistemas de regulagem de temperatura, tal como aquele do sistema de armazenamento de energia 50, para sob demanda aumentar ou diminuir a temperatura da bateria. Finalmente, o sistema de controle 70 irá interagir com o sistema de ar condicionado do veículo para aumentar ou diminuir a temperatura do ar no interior do veículo.

## G. Veículos.

[060] A presente invenção pode ser utilizada com uma grande variedade de tipos de veículos 16, tal como ônibus, caminhões, barcos, trens, aviões, helicópteros, outra aeronave e afins. A presente invenção é de preferência adaptada para uso com um automóvel elétrico 16, que consagra uma ampla autonomia operacional de vários milhares de milhas por reabastecimento. O peso do veículo 16 pode ser reduzido, reduzindo o tamanho e a capacidade das baterias 19 necessárias para atingir o alcance desejado, melhorando assim a capacidade de manobra e o desempenho relativo do veículo. As Figuras 6a e 6b ilustram uma forma de realização exemplar da presente invenção em uso dentro de um automóvel. A Fig. 7 ilustra uma forma de realização exemplar da presente invenção em uso dentro de uma aeronave.

[061] O veículo 16 será projetado para armazenar o termogerador 20, sistema de conversão de energia 40, sistema de armazenamento de energia 50, sistema de resfriamento 60 e sistema de controle central 70 dentro de sua área de carga. A presente invenção pode ser utilizada para movimentar o motor elétrico 18 do veículo 16 e fornecer energia para ser armazenada na bateria elétrica 19 do veículo 16.

[062] A presente invenção também pode ser utilizada para aumentar a eficiência do sistema de ar condicionado 17 do veículo 16 e/ou regular a temperatura das baterias elétricas 19 do veículo 16. Utilizando o excesso de calor gerado pelo termogerador 20 em combinação com o fluido de resfriamento extra, a temperatura das

baterias elétricas 19 e/ou do sistema de ar condicionado 17 do veículo 16 pode ser regulada, frequentemente em combinação com o sistema de controle central 70. As desvantagens significativas da operação dos veículos elétricos 16 podem assim ser reduzidas ou eliminadas inteiramente.

#### H. Operação de Forma de Realização Alternativa.

[063] A Fig. 8 ilustra uma forma de realização alternativa da presente invenção em que um turbogerador 80 de dióxido de carbono supercrítico trabalhando em um ciclo Brayton fechado é utilizado para a funcionalidade de conversão de energia da presente invenção. O ciclo Brayton é bem conhecido na arte como um ciclo termodinâmico utilizado em conexão com motores térmicos e turbinas a gás de ciclo fechado.

[064] Na forma de realização alternativa da presente invenção, o turbogerador 80 é termicamente ligado ao termogerador 20 da presente invenção através de um circuito de fluido quente 35, 88 que, em combinação com um trocador de calor 34, 87, transfere o calor proveniente do termogerador 20 para o turbogerador 80 para ser convertido em energia.

[065] Vários tipos de turbogeradores 80 podem ser utilizados. Uma forma de realização preferencial é mostrada na Fig. 8, que compreende uma bomba 81, um recuperador 82, uma turbina 86 e um condensador 83 todos ligados através do mesmo circuito de fluido quente 88 que é ele próprio termicamente ligado através de um trocador de calor 87 com o termogerador 20 da presente invenção. A bomba 81 atua para forçar o fluido supercrítico através do

circuito 88.

[066] O recuperador 82 é utilizado para pré aquecer o líquido antes de entrar no trocador de calor 34, 87 com o termogerador 20. O recuperador 82 também pré esfria o fluido antes dele entrar no condensador 83, que está ligado através de um circuito de resfriamento 89 com um abastecimento de água de resfriamento e retorno de água de resfriamento.

[067] Uma engrenagem 85 e um gerador 84 são conectados à turbina 86 para produzir energia que pode então ser transferida para o sistema de armazenamento de energia 50, ao motor elétrico 18, à bateria elétrica 19 e/ou como potência suplementar para o termogerador 20.

[068] A menos que de outra forma definido, todos os termos técnicos e científicos usados neste documento têm o mesmo significado como comumente entendido por um homem da técnica a que pertence esta presente invenção. Apesar de métodos e materiais semelhantes a ou equivalentes aos descritos neste documento, podem ser usados na prática ou em teste da presente invenção, materiais e métodos adequados estão descritos acima. Todas as publicações, aplicações de patentes, patentes e outras referências mencionadas neste documento são incorporadas por referência na sua totalidade dentro dos limites permitidos pelos regulamentos e leis aplicáveis. Em caso de conflito, a presente especificação, incluindo definições, será aplicada. A presente invenção pode ser realizada em outras formas específicas sem afastar do espírito ou atributos essenciais respectivos, e, portanto, é desejado que a presente forma de realização seja considerada em

todos os aspectos como ilustrativa e não restritiva. Quaisquer títulos utilizados dentro da descrição são apenas para conveniência e não têm nenhum efeito legal ou limitante.

Tabela 1: Índice de Elementos para Sistema Termelétrico Nuclear de Baixa Energia

10. Termelétrica Nuclear de Baixa Energia
11. Líquido Refrigerante
12. Fluido de Resfriamento.
15. Eletroduto
16. Veículo
17. Sistema de Ar Condicionado
18. Motor elétrico.
19. Bateria Elétrica
20. Termogerador
21. Núcleo do Reator
22. Câmara de Reator
23. Pó de Níquel
24. Tanque de Armazenamento de Hidrogênio
25. Pressurizador de Gás
26. Válvula
27. Injetor de Hidrogênio
28. Aquecedor
29. Gerador de Radiofrequência
30. Carcaça Térmica
31. Blindagem de Alta Densidade
32. Circuito de Fluido Interno
33. Sistema Hidráulico Interno
34. Trocador de Calor
35. Circuito de Fluido Quente

- 36. Sistema Hidráulico Externo
- 37. Unidade de Controle
- 38. Sensor de temperatura
- 40. Sistema de Conversão de Energia
- 41. Motores Stirling (a, b)
- 42. Compressores (a, b)
- 44. Circuito Fluido Frio
- 45. Sistema Hidráulico Frio
- 46. Radiador
- 47. Turbogenerador
- 48. Turbina
- 49. Gerador Rotativo
- 50. Sistema de Armazenamento de Energia
- 60. Sistema de Resfriamento
- 61. Evaporador
- 63. Bomba
- 64. Caldeira
- 65. Condensador
- 66. Circuito de Resfriamento
- 67. Transferência de Resfriamento
- 70. Sistema de controle central
- 80. Turbogenerador de CO<sub>2</sub>
- 81. Bomba
- 82. Recuperador
- 83. Condensador
- 84. Gerador
- 85. Engrenagem
- 86. Turbina
- 87. Trocador de Calor
- 88. Circuito de Fluido Quente

## 89. Circuito de Resfriamento



## REIVINDICAÇÕES

1. AUTOMÓVEL ELÉTRICO compreendendo um sistema termelétrico nuclear de baixa energia, caracterizado pelo fato do sistema compreender:

um termogerador (20) adaptado para produzir calor através de uma reação nuclear de baixa energia;

um sistema de conversão de energia (40) adaptado para converter o calor gerado pelo dito termogerador (20) em eletricidade;

um circuito de fluido quente (35) para transferir calor do dito termogerador (20) ao dito sistema de conversão de energia (40);

uma bateria elétrica (19) para armazenar dita eletricidade para alimentar dito automóvel (16), em que dito automóvel é alimentado somente com dita bateria;

um sistema de resfriamento (60) para resfriar dito sistema de conversão de energia (40) e dita bateria elétrica (19); e

um sistema de controle central (70).

2. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dita reação nuclear de baixa energia compreende uma reação de pó de níquel com hidrogênio.

3. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com uma qualquer das reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dito termogerador (20) compreende uma câmara de reator (22), um tanque de armazenamento de hidrogênio (24) e um injetor de hidrogênio (27) ligando dita câmara de reator (22) com dito tanque de armazenamento de hidrogênio (24).

4. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a

reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que dito termogerador (20) compreende um pressurizador de gás (25) conectado entre dito tanque de armazenamento de hidrogênio (24) e dito injetor de hidrogênio (27).

5. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito termogerador (20) compreende um aquecedor (28) e um gerador de radiofrequência (29).

6. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito sistema de conversão de energia compreende um turbogerador (80) de dióxido de carbono supercrítico adaptado para operar em um ciclo de Brayton.

7. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito sistema de conversão de energia compreende um motor a vapor e um alternador adaptado para converter calor em energia, baseado em um ciclo Rankine.

8. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que dito sistema de conversão de energia (40) compreende um gerador termelétrico adaptado para converter calor em energia baseado em um efeito de Seebeck.

9. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um circuito de resfriamento (66) ligado ao dito sistema de conversão de energia, (40) e dito sistema de resfriamento (60) e dita bateria elétrica.

10. AUTOMÓVEL ELÉTRICO compreendendo um sistema termelétrico nuclear de baixa energia, caracterizado pelo

fato de compreender:

um termogerador (20) adaptado para produzir calor através de uma reação nuclear de baixa energia;

um sistema de conversão de energia (40) adaptado para converter o calor gerado pelo dito termogerador (20) em eletricidade, dito sistema de conversão de energia sendo composto de pelo menos um motor térmico para produzir movimento linear a partir de calor, pelo menos um compressor (42) para aumentar a pressão de um fluido de trabalho, uma turbina (48) e um gerador elétrico rotativo (49);

uma bateria elétrica (19) para armazenar dita eletricidade para a alimentação do veículo (160), em que dito automóvel é alimentado somente com dita bateria;

um sistema de resfriamento (60) para resfriar dito sistema de conversão de energia (40) e dita bateria elétrica (19); e

um sistema de controle central (70).

11. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que dito pelo menos um motor térmico compreende um primeiro motor Stirling (41a) e um segundo motor Stirling (41b).

12. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com uma qualquer das reivindicações 10 ou 11, caracterizado pelo fato de que dito pelo menos um compressor compreende um primeiro compressor de pistão de ação simples (42a) e um segundo compressor de pistão de ação simples (42b).

13. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que dito primeiro compressor de pistão de ação simples (42a)

compreende dito primeiro motor Stirling (41a) e em que dito segundo compressor de pistão de ação simples (42b) é conectado ao dito segundo motor Stirling (41b).

14. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de compreender ainda um circuito de fluido quente (35) conectando dito termogerador (20) com dito primeiro motor Stirling (41a e dito segundo motor Stirling (41b).

15. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que dito pelo menos um motor térmico é selecionado do grupo constituído por um gerador de Stirling compreendendo um motor Stirling e um alternador linear e um motor Stirling de pistão livre.

16. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que dito termogerador (20) compreende uma câmara de reator (22), um tanque de armazenamento de hidrogênio (24) e um injetor de hidrogênio (27) ligando dita câmara de reator (22) com dito tanque de armazenamento de hidrogênio (24).

17. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que dito termogerador (20) compreende ainda um pressurizador de gás (25) conectado entre o dito tanque de armazenamento de hidrogênio (24) e dito injetor de hidrogênio (27) e em que dito termogerador (20) ainda compreende um aquecedor (28) e um gerador de radiofrequência (29).

18. AUTOMÓVEL ELÉTRICO de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de compreender ainda um circuito de resfriamento (66) ligado entre dito sistema de conversão de energia (40) e dito sistema de

resfriamento (60).

19. SISTEMA TERMELÉTRICO NUCLEAR DE BAIXA ENERGIA para um veículo, caracterizado pelo fato de compreender:

um veículo (16), em que dito veículo (16) inclui uma ou mais baterias elétricas (19) e em que dito veículo inclui um sistema de ar condicionado (17);

um termogerador (20) adaptado para produzir calor através de uma reação de pó de níquel (23) com hidrogênio, em que dito termogerador (20) é composto por uma câmara de reator (22), um tanque de armazenamento de hidrogênio (24) e um injetor de hidrogênio (27) ligando dita câmara de reator (22) com dito tanque de armazenamento de hidrogênio (24), em que dito termogerador (20) ainda compreende um pressurizador de gás (25) conectado entre dito tanque de armazenamento de hidrogênio (24) e dito injetor de hidrogênio (27), em que dito termogerador (20) ainda compreende um aquecedor (28) e um gerador de radiofrequência (29), em que dito termogerador (20) é encerrado dentro de uma carcaça térmica (30), dita carcaça térmica incluindo uma blindagem de alta densidade (310), em que dito termogerador (20) inclui um circuito de fluido interno (32) para transferir calor dentro do dito termogerador (20);

um sistema de controle central (70);

um sistema de conversão de energia (40) adaptado para converter o calor gerado pelo dito termogerador (20) em eletricidade, dito sistema de conversão de energia (40) sendo composto por um primeiro motor Stirling (41a) e um segundo motor Stirling (41b) para produzir movimento

linear a partir de calor, um primeiro compressor de pistão de ação simples (42a) e um segundo compressor de pistão de ação simples (42b) para aumentar a pressão de um fluido de trabalho, uma turbina (48) e um gerador elétrico rotativo (49), em que dito primeiro compressor de pistão de ação simples (42a) é conectado ao dito primeiro motor Stirling (41a) e em que dito segundo compressor de pistão de ação simples (42b) é conectado ao dito segundo motor Stirling (41b);

um circuito de fluido quente (35) para transferir calor do dito termogerador (20) ao dito sistema de conversão de energia (40);

um sistema de armazenamento de energia (50) para armazenar dita eletricidade para a alimentação do dito veículo (16);

um sistema de resfriamento (60) para resfriar o dito sistema de conversão de energia (40) e dito sistema de armazenamento de energia (50); e

um circuito de resfriamento (66) ligado entre o dito sistema de conversão de energia (40) e dito sistema de resfriamento (60);

em que o dito termogerador (20) é termicamente ligado com dito sistema de ar condicionado (17), em que dito circuito de resfriamento (66) é termicamente ligado com dito sistema de ar condicionado (17) e em que dito sistema de controle central (70) é adaptado para direcionar a transferência de pelo menos uma primeira parte do calor produzido pelo dito termogerador (20) ao dito sistema de ar condicionado (17) para prover ar quente para dito sistema de ar condicionado (17);

em que dito termogerador (20) é termicamente ligado com as ditas uma ou mais baterias elétricas (19), em que dito circuito de resfriamento (66) é termicamente ligado com ditas uma ou mais baterias elétricas (19), em que dito sistema de controle central (70) é adaptado para condicionar uma temperatura das ditas uma ou mais baterias elétricas (19) usando pelo menos uma segunda parte do dito calor produzido pelo dito termogerador (20) e o pelo menos uma parte de um fluido de resfriamento do dito circuito de resfriamento (66) para regular dita temperatura das ditas uma ou mais baterias elétricas (19).

20. SISTEMA TERMELÉTRICO NUCLEAR DE BAIXA ENERGIA para um veículo de acordo a reivindicação 19, caracterizado pelo fato de que dito veículo (16) é selecionado do grupo constituído por um automóvel elétrico, um avião elétrico, um barco elétrico e um trem elétrico.

21. VEÍCULO caracterizado pelo fato de compreender o sistema termelétrico nuclear de baixa energia de uma qualquer das reivindicações 19 a 20.

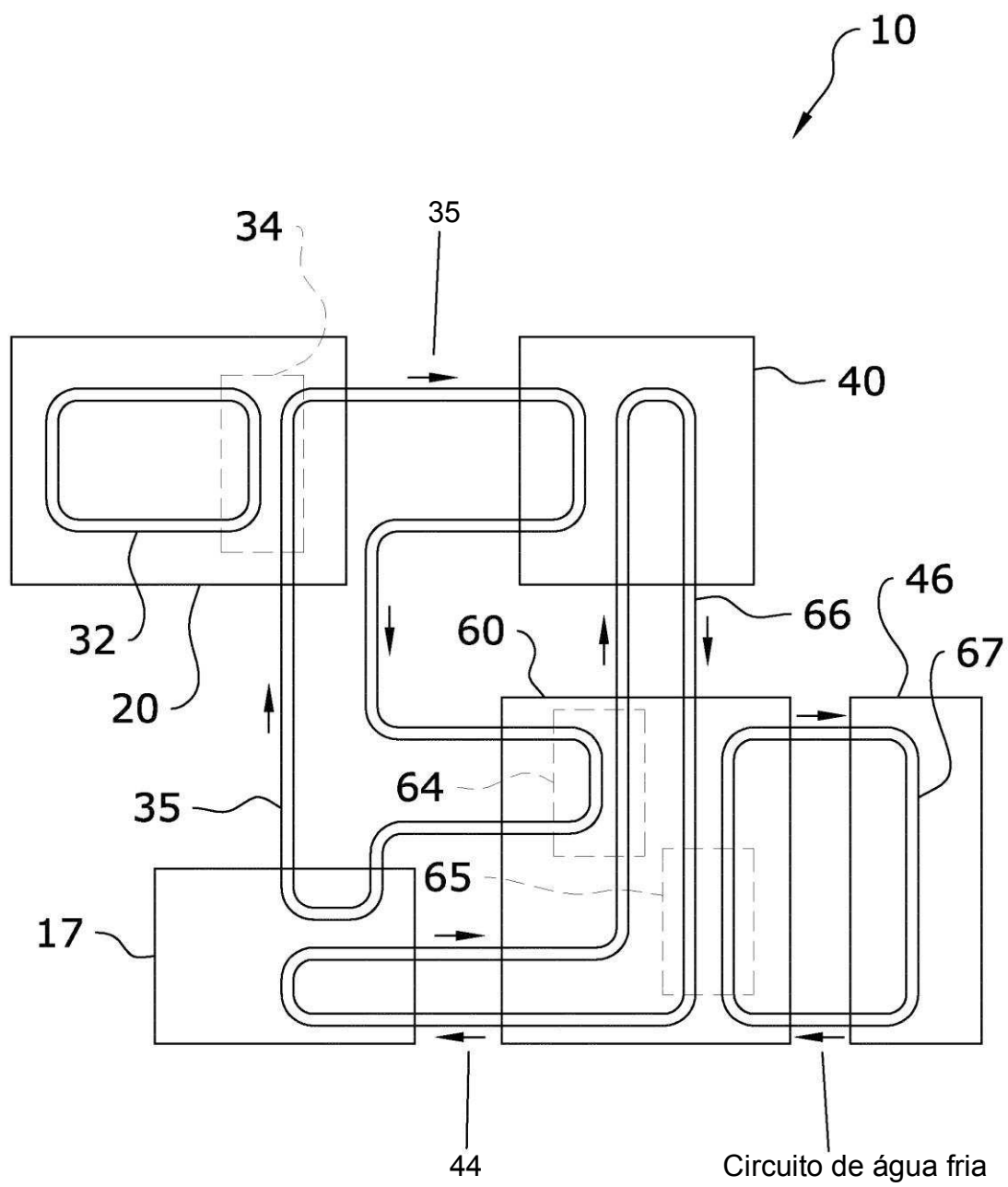
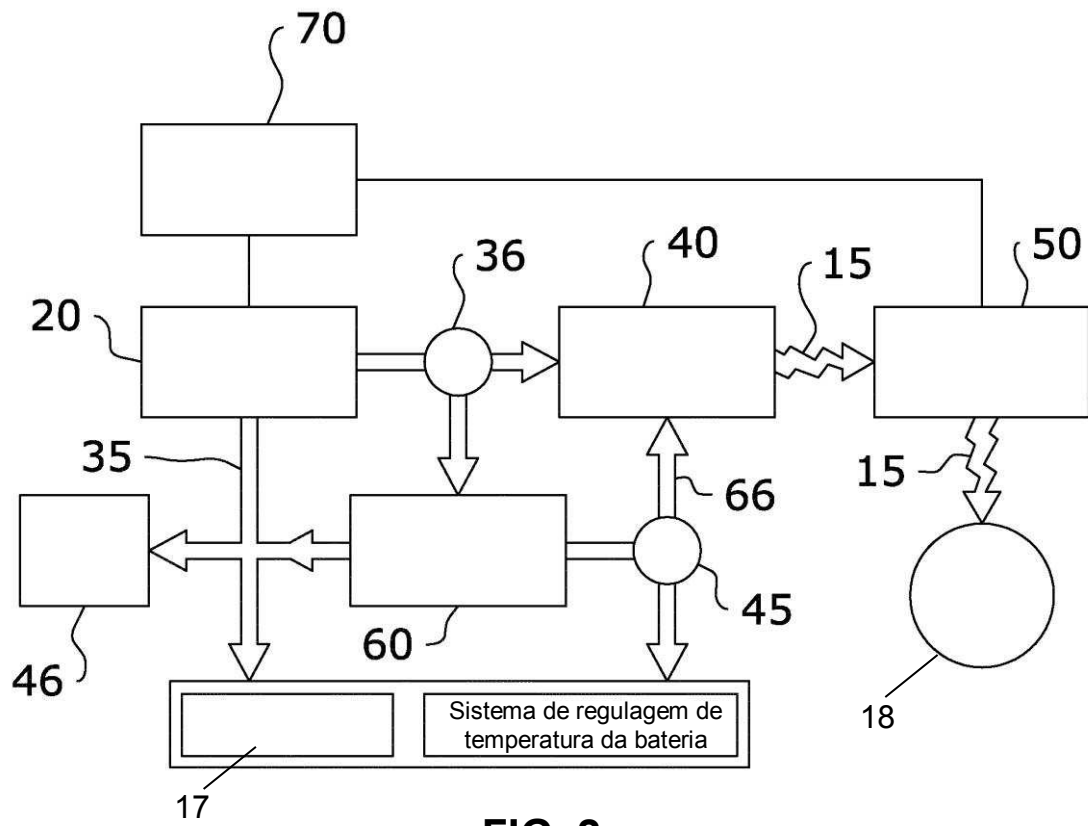


FIG. 1





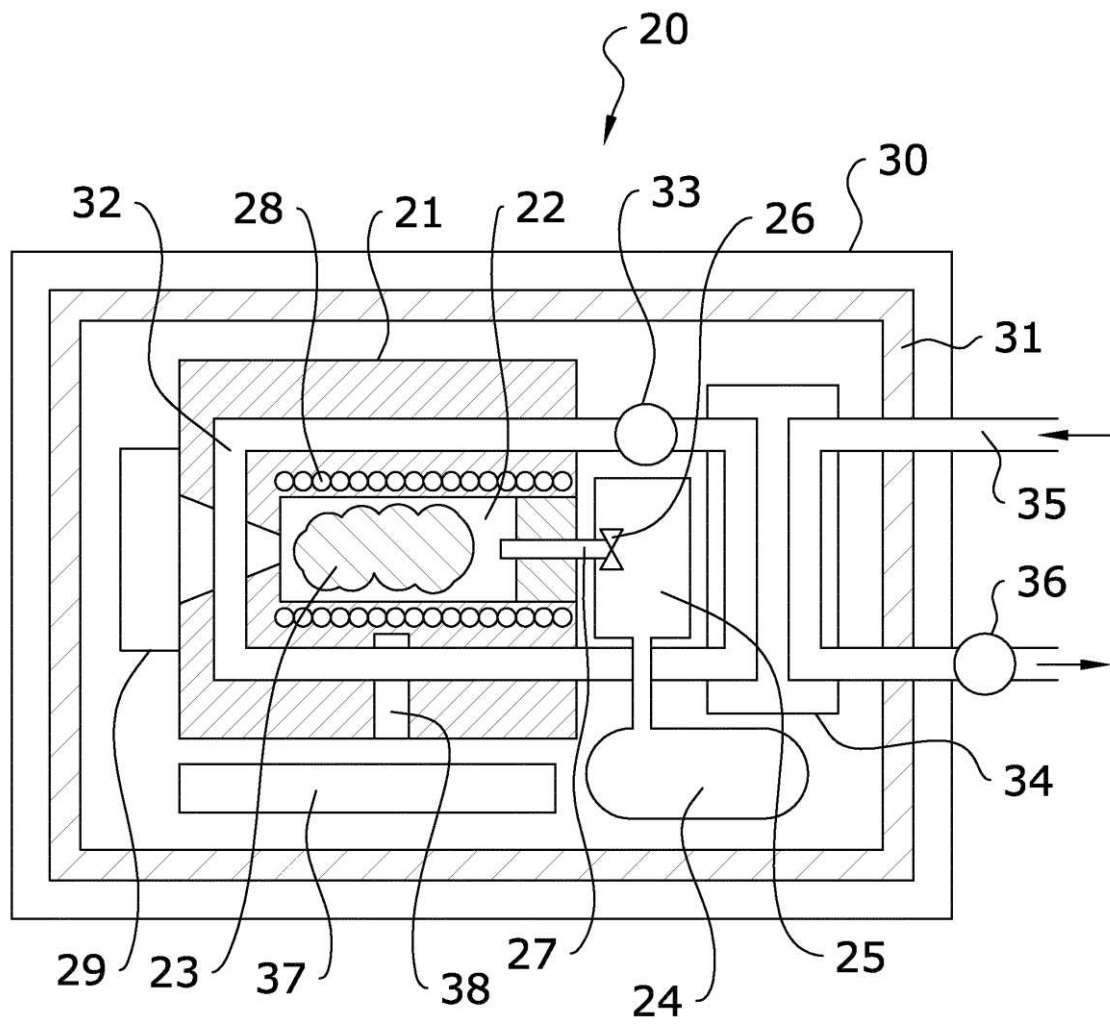


FIG. 3

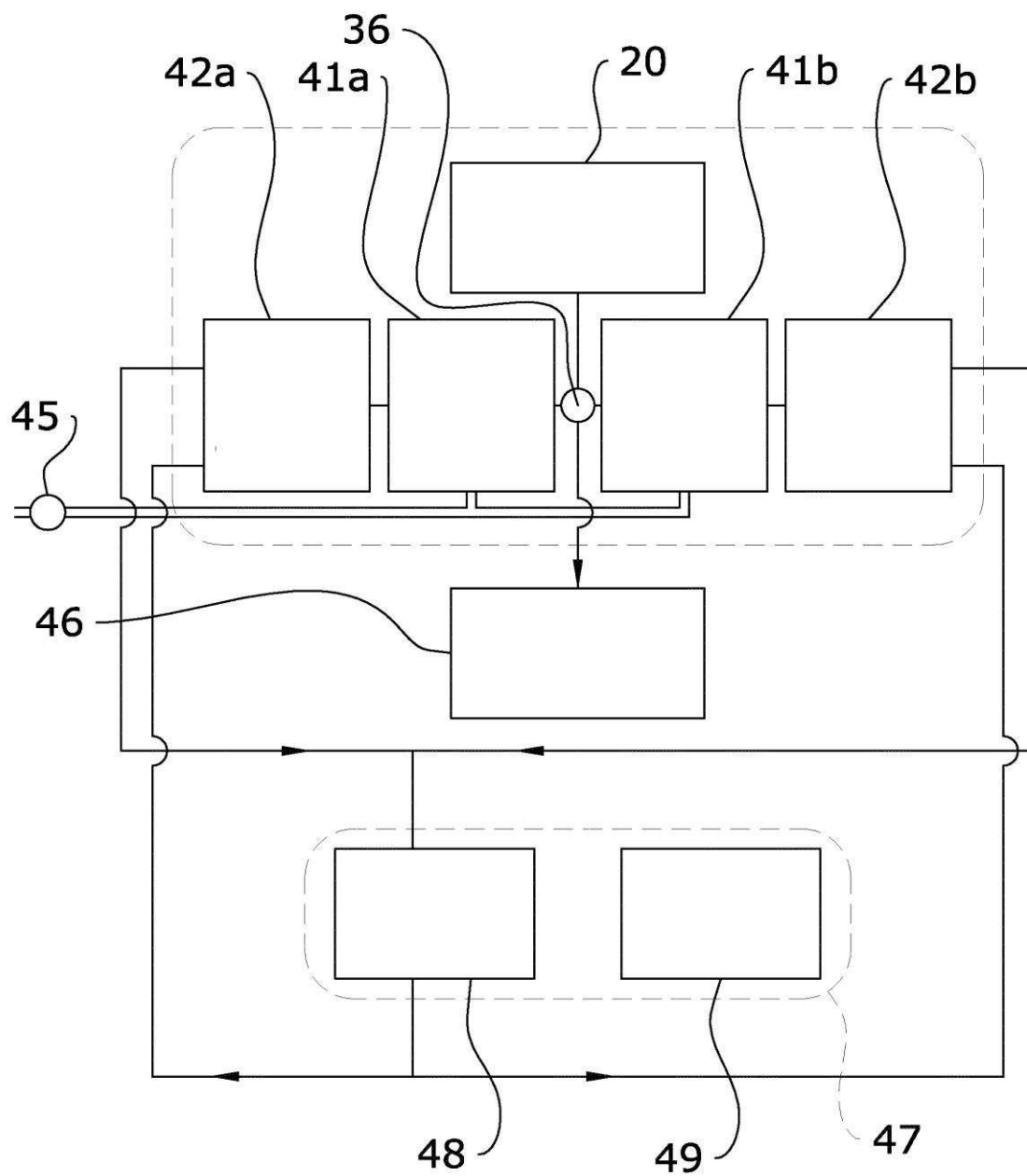


FIG. 4

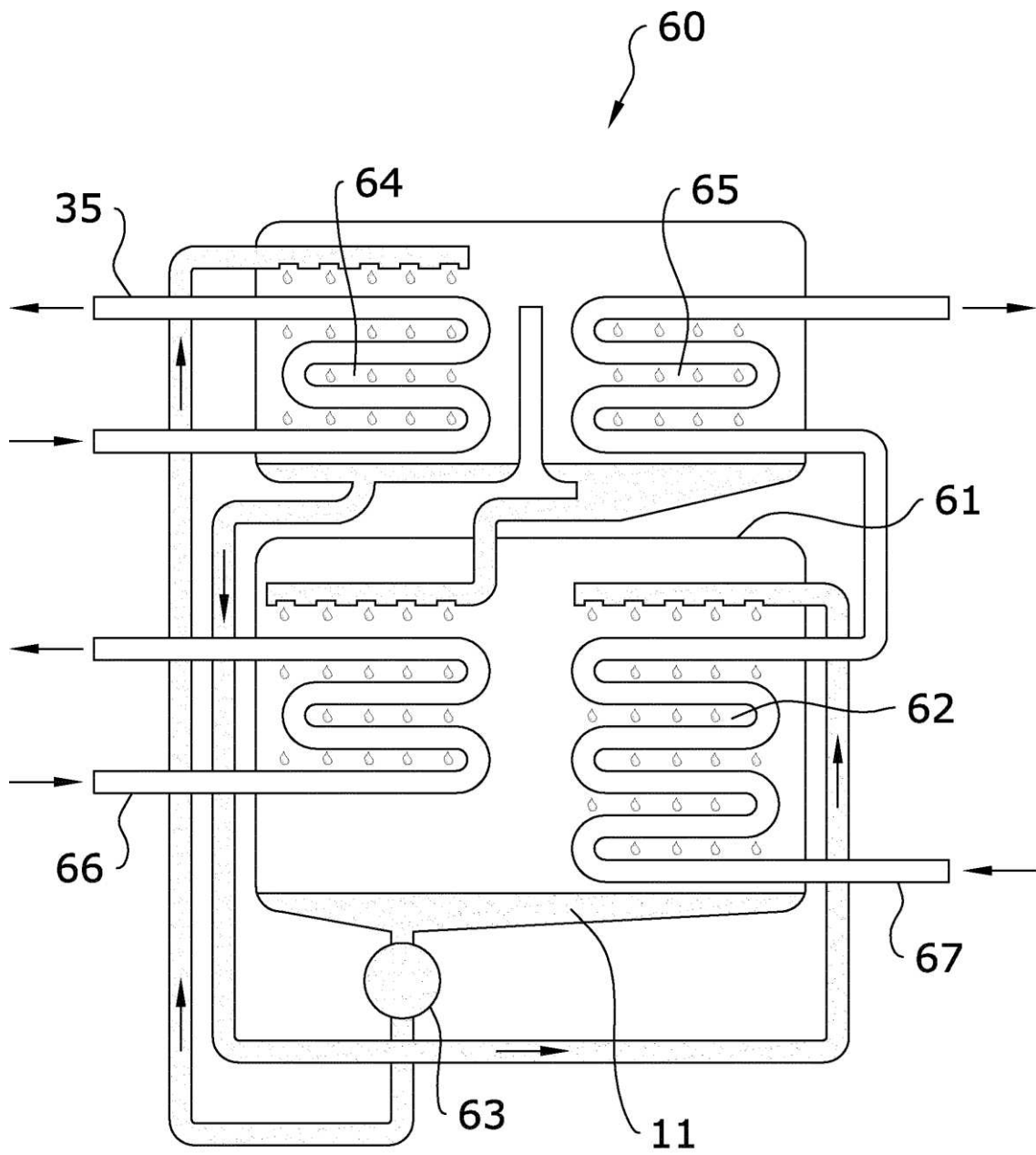


FIG. 5

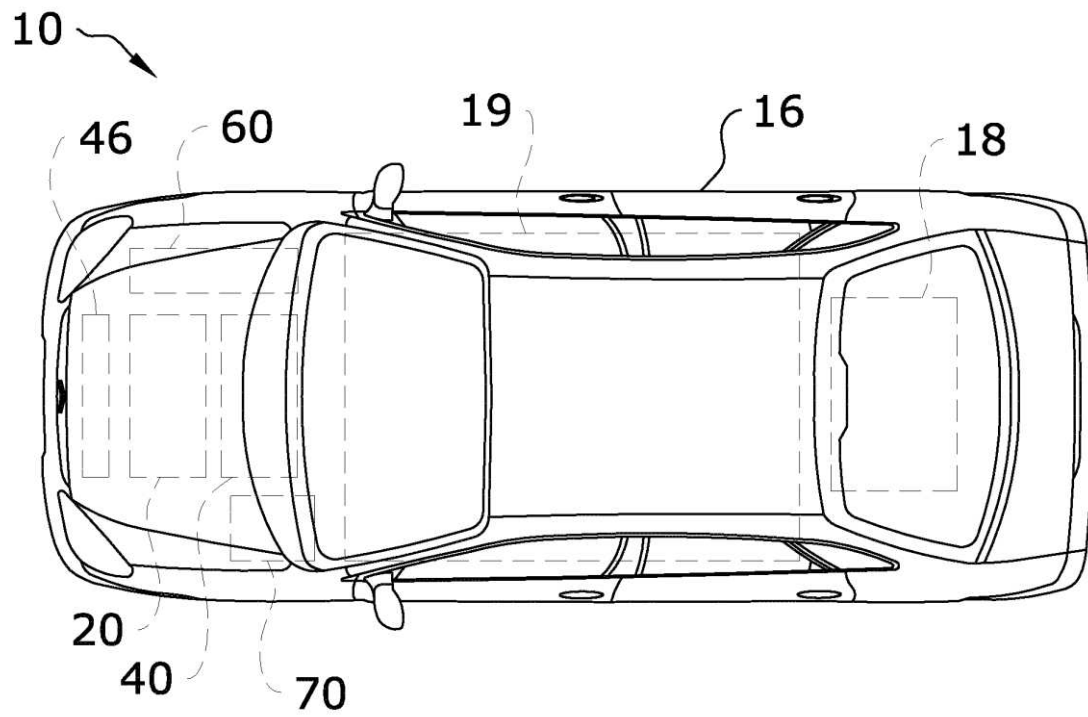


FIG. 6a

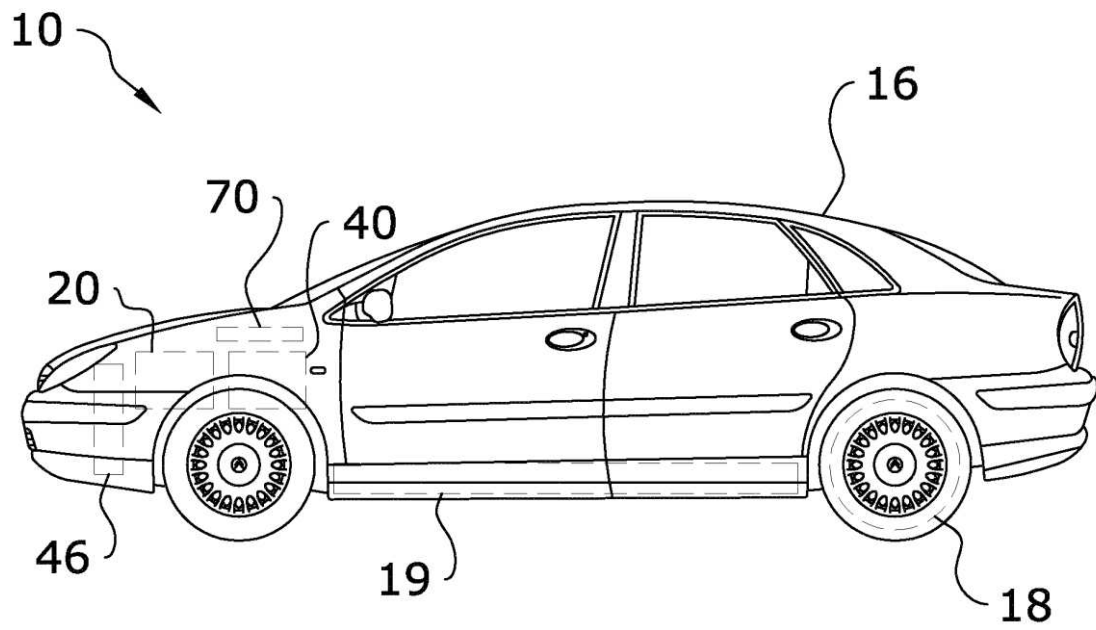


FIG. 6b

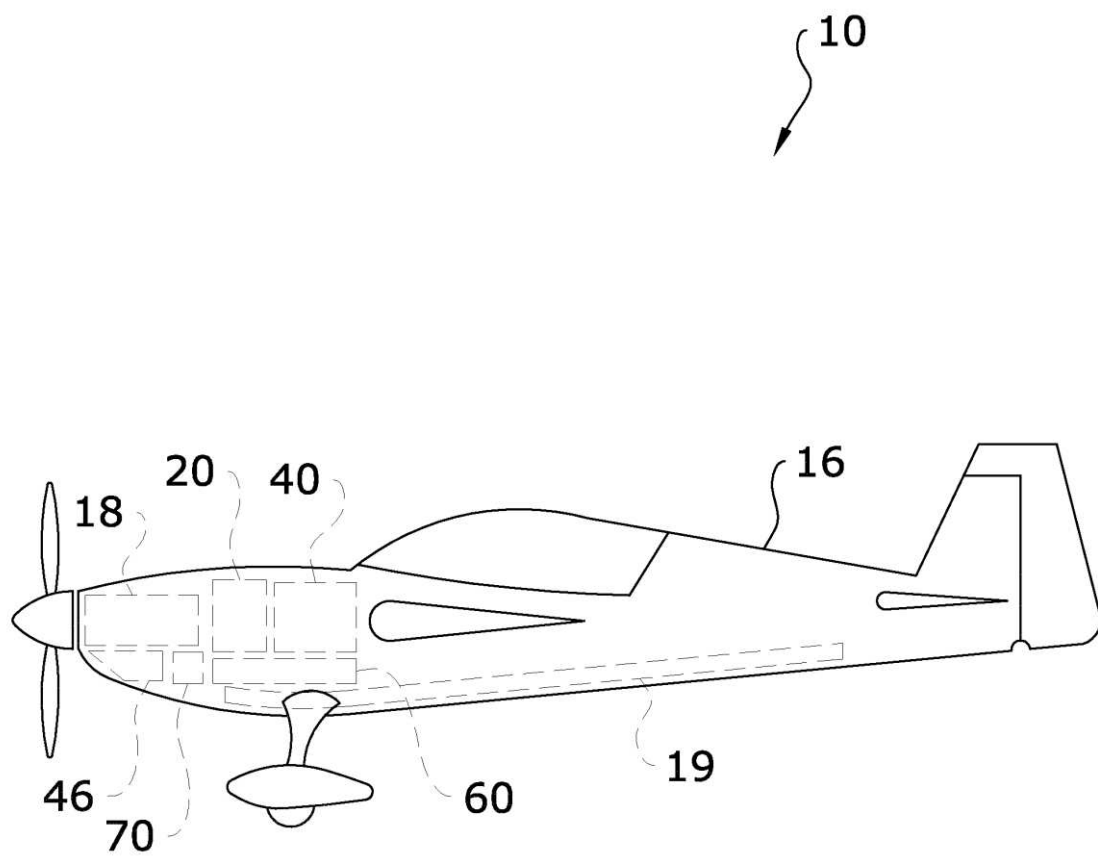


FIG. 7

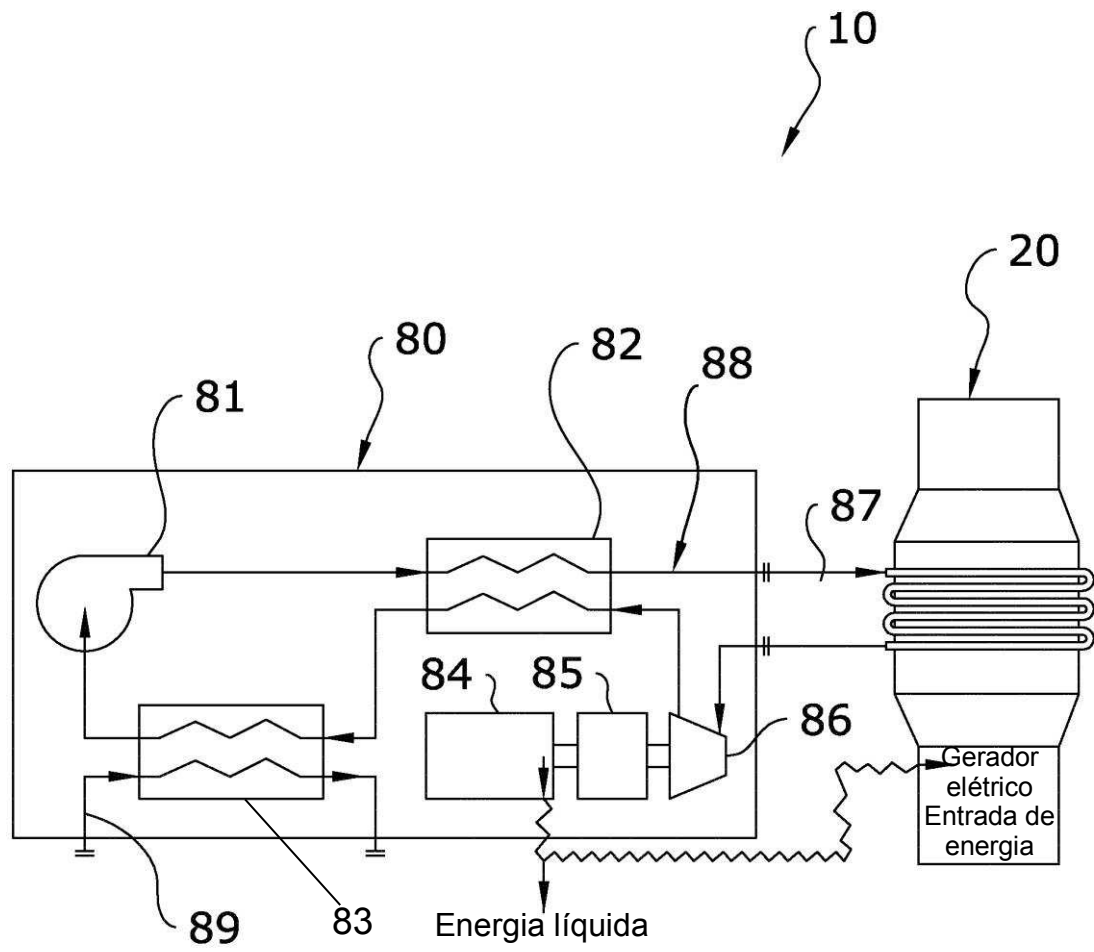


FIG. 8