



(22) Data de Depósito: 10/06/2009
(43) Data da Publicação: 26/12/2012
(RPI 2190)



(51) Int.Cl.:
F24J 2/04

(87) Publicação Internacional: WO 2009/152218de
17/12/2009

Diagrama de un sistema de energía renovable para un hogar. El sistema incluye un panel solar 101 en el techo 109, un inversor 106, un controlador de carga 120, un banco de baterías 107, un generador de hidrógeno 118, un tanque de reserva 108, un sistema de calefacción 111 y un sistema de refrigeración 110. El sistema está conectado a una red eléctrica 117 y a un vehículo 119.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "SISTEMA DE ENERGIA INTEGRADO PARA RESIDÊNCIA OU PRÉDIO INTEIRO".

Este pedido reivindica prioridade do Pedido Provisório U.S. Número 61/060.377, depositado em 10 de Junho de 2008 e intitulado "Geração de Calor e Energia e Hidrogênio Combinados Para Residência ou Prédio Inteiro Com Trocador de Calor de Solo Utilizando Módulos Termoelétricos de efeito "Seebeck", a descrição inteira do qual está por meio disto aqui incorporada por referência para todos os propósitos. O Pedido de Patente Provisória U.S. Número 60/306.274, intitulado "Combinação de placa de aquecimento portátil externa e gerador de eletricidade" está também por meio disto aqui incorporada por referência para todos os propósitos.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a uma residência típica ou outro prédio que inclui diversos sistemas de energia. Por exemplo, o prédio pode estar conectado na grade de energia principal e receber a energia elétrica gerada em uma usina de energia remota. O prédio pode ser suprido com gás natural para o aquecimento de espaços e água. Muitos destes sistemas de energia tradicionais dependem de combustíveis fósseis não renováveis e cada vez mais dispendiosos.

Sistemas de energia alternativos têm sido propostos. No entanto, os sistemas de energia alternativos desenvolveram pouco a pouco. Mais ainda, muitos sistemas elétricos alternativos baseiam em células fotovoltaicas para gerar eletricidade da luz solar, e armazenam a energia elétrica resultante em baterias. Apesar do custo de operação dia a dia de um sistema fotovoltaico ser baixo, estes sistemas tipicamente têm um alto custo de instalação, e as baterias têm uma vida finita, requerendo substituições periódicas dispendiosas. Os sistemas de bateria também são tipicamente superdimensionados, já que a vida das baterias é otimizada evitando descarga de mais do que 20 por cento da energia armazenada das baterias.

BREVE SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Em uma modalidade, um sistema de energia integrado para um prédio compreende pelo menos um reservatório de energia térmica, pelo

menos um coletor solar que provê calor para o reservatório, e pelo menos um loop de tubulação acoplado ao ambiente através do qual um fluido de resfriamento é circulado de modo que o calor é descarregado do fluido de resfriamento para o ambiente. O sistema ainda compreende um gerador termoelétrico que gera energia elétrica de um diferencial de temperatura entre o reservatório de energia térmica e o fluido de resfriamento, e pelo menos uma unidade de aquecimento hidrônica através da qual um fluido aquecido é canalizado, provendo um aquecimento de espaço para pelo menos um espaço dentro do prédio, o fluido aquecido derivando o seu calor do reservatório de energia térmica. O sistema pode também compreender pelo menos um loop de resfriamento hidrônico através do qual pelo menos parte do fluido de resfriamento é canalizado, provendo um resfriamento de espaço para pelo menos um espaço dentro do prédio. Em algumas modalidades o sistema ainda compreende um aquecedor de reserva que provê calor para o reservatório de energia térmica, suplementando o coletor solar. O aquecedor de reserva pode derivar o calor de um combustível fóssil.

Em algumas modalidades, o sistema compreende um tanque de água quente designado para utilização de água quente doméstica. O sistema pode ainda compreender um aquecedor de água doméstico de reserva que supre calor para a água designada para utilização de água quente doméstica quando uma energia insuficiente está de outro modo disponível. O aquecedor de água doméstico de reserva pode compreender pelo menos um aquecedor sob demanda. O aquecedor de água doméstico de reserva pode derivar o calor de um combustível fóssil.

Em algumas modalidades, o sistema ainda compreende uma grade de energia de corrente contínua dentro do prédio. Em algumas modalidades, o sistema inclui um inversor que converte a energia de corrente contínua do gerador termoelétrico para energia de corrente alternada.

Em algumas modalidades, o gerador termoelétrico compreende uma pluralidade de bancos, e o sistema de energia integrado ainda compreende um controlador de gerador termoelétrico e uma chave-matriz que, sob o controle do controlador de gerador termoelétrico, configura a interconexão

dos bancos.

Em algumas modalidades, o sistema ainda compreende um controlador de carga que pelo menos temporariamente impede a operação de pelo menos uma carga com base em parte na quantidade de energia elétrica que está sendo consumida por outras cargas. Em algumas modalidades, o sistema compreende uma conexão de reserva para a grade de energia principal, a conexão de reserva provendo a energia elétrica para o prédio para suplementar o gerador termoelétrico.

Em algumas modalidades, o sistema compreende incluir um gerador de hidrogênio alimentado por eletricidade do gerador termoelétrico. O sistema pode também incluir um aquecedor de água doméstico de reserva, em que o aquecedor de água doméstico de reserva deriva o calor do hidrogênio gerado pelo gerador de hidrogênio.

Em algumas modalidades, o reservatório de energia térmica compreende um tanque de água aquecida. Um meio dentro do reservatório de energia térmica pode ser aquecido diretamente pelo coletor solar. O meio dentro do reservatório de energia térmica pode ser aquecido através de um trocador de calor que carrega um segundo meio aquecido pelo coletor solar.

Em algumas modalidades, o fluido aquecido circulado através da pelo menos uma unidade de aquecimento hidrônica deriva o seu calor do reservatório de energia térmica através de um trocador de calor. O pelo menos um loop de tubulação acoplado ao ambiente pode compreender um loop de tubulação acoplado em terra profunda. O pelo menos um loop de tubulação acoplado ao ambiente pode compreender um loop de tubulação acoplado em terra rasa. O pelo menos um loop de tubulação acoplado ao ambiente pode compreender um loop de tubulação acoplado no ar.

Em outra modalidade, um método de operar um sistema de energia em um prédio compreende aquecer um reservatório de energia térmica utilizando um coletor solar. O fluido aquecido que deriva o seu calor do reservatório de energia térmica é circulado através de um loop de aquecimento hidrônico, provendo um aquecimento de espaço para pelo menos um espaço dentro do prédio. Um fluido de resfriamento é circulado através de

um loop de tubulação acoplado ao ambiente de modo que o calor é descarregado do fluido de resfriamento para o ambiente, e uma energia elétrica é gerada em um gerador termoeletrico sujeito a um diferencial de temperatura entre o reservatório e o fluido de resfriamento.

5 Em algumas modalidades, o método ainda compreende circular pelo menos parte do fluido de resfriamento através de um loop de resfriamento hidrônico, provendo um resfriamento de espaço para pelo menos um espaço dentro do prédio. O método pode compreender gerar hidrogênio utilizando a energia elétrica gerada pelo gerador termoeletrico. Em algumas
10 modalidades, o método compreende armazenar, separadamente do reservatório de energia térmica, água designada para utilização de água quente doméstica. Em algumas modalidades, o método ainda compreende aquecer a água designada para utilização de água quente doméstica com o calor do reservatório de energia térmica. Em algumas modalidades, o método com-
15 preende configurar dinamicamente, utilizando um controlador de gerador termoeletrico, as interconexões de módulos termoeletricos dentro do gerador termoeletrico. Em algumas modalidades, o método compreende impedir temporariamente a operação de pelo menos uma carga elétrica com base em parte na quantidade de energia elétrica que está sendo consumida por
20 outras cargas. Em algumas modalidades, circular o fluido de resfriamento através de um loop de tubulação acoplado ao ambiente compreende circular o fluido de resfriamento através de um loop de tubulação acoplado na terra.

 Em uma modalidade, um aparelho para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoeletrica de acordo com os
25 requisitos de uma carga inclui um gerador termoeletrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura, e pelo menos um componente configurável que afeta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoeletrico. Um monitor detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoeletrico e provê pelo menos um sinal
30 que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoeletrico. Um controlador está configurado para receber o pelo menos um sinal e configurar o pelo menos um componente configurável com base no pelo menos um sinal de

acordo com os requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoeletrico. O controlador pode incluir um microprocessador e uma memória que contém as instruções executáveis pelo microprocessador para receber o pelo menos um sinal e configurar o pelo menos um componente configurável com base no pelo menos um sinal de acordo com os requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoeletrico.

O diferencial de temperatura pode ser provido por um suprimento de fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, e o pelo menos um componente configurável pode incluir uma válvula que, sob o controle do controlador, ajusta uma taxa de fluxo do fluido aquecido. O diferencial de temperatura pode ser provido por um suprimento de fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, e o pelo menos um componente configurável pode incluir uma válvula que, sob o controle do controlador, ajusta a temperatura do fluido aquecido. O diferencial de temperatura pode ser provido por uma fonte relativamente quente e um suprimento de fluido relativamente frio, e o pelo menos um componente configurável pode incluir uma válvula que, sob o controle do controlador, ajusta uma taxa de fluxo do fluido relativamente frio. O diferencial de temperatura pode ser provido por uma fonte relativamente quente e um suprimento de fluido relativamente frio, e o pelo menos um componente configurável pode incluir uma válvula que, sob o controle do controlador, ajusta a temperatura do fluido relativamente frio.

O diferencial de temperatura pode ser provido por um suprimento de fluido aquecido por um coletor solar, e o pelo menos um componente configurável pode incluir um mecanismo de ajuste de coletor solar que ajusta a capacidade do coletor solar transmitir o calor para o fluido aquecido. O coletor solar pode ser um coletor solar de painel plano, e o mecanismo de ajuste de coletor solar pode ajustar a posição de uma persiana sobre o coletor solar de painel plano. O coletor solar pode ser um coletor solar de concentração, e o mecanismo de ajuste de coletor solar pode ajustar a mira ou o foco do coletor solar de concentração.

O controlador pode estar ainda configurado para produzir um

segundo sinal que indica um estado de energia sendo gerada pelo gerador termoeletrico. O segundo sinal pode indicar a quantidade de energia que o gerador termoeletrico esta produzindo. O segundo sinal pode indicar que o gerador termoeletrico e incapaz de produzir a energia de acordo com os requisitos da carga.

O gerador termoeletrico pode compreender pelo menos dois bancos, cada banco incluindo pelo menos um modulo termoeletrico, cada banco produzindo uma porcao da energia produzida pelo gerador termoeletrico. O pelo menos um componente configuravel pode incluir uma chave-matriz que, sob o controle do controlador, configura a interconexao dos bancos. A configuracao da interconexao dos bancos pode incluir desconectar pelo menos um banco. A configuracao da interconexao dos bancos pode incluir colocar pelo menos um banco em serie com pelo menos um outro banco. A configuracao da interconexao dos bancos pode incluir colocar pelo menos um banco em paralelo com pelo menos um outro banco. A configuracao da interconexao dos bancos pode incluir colocar os bancos em uma combinacao de conexoes em serie e em paralelo. A configuracao da interconexao dos bancos pode incluir configurar a interconexao dos bancos para manter uma voltagem de saida desejada para o gerador termoeletrico.

Cada banco pode incluir pelo menos dois modulos termoeletricos, cada modulo termoeletrico produzindo uma porcao da energia produzida por seu respectivo banco. O pelo menos um componente configuravel pode incluir uma chave-matriz que, sob o controle do controlador, configura a interconexao dos modulos dentro de um banco. Em algumas modalidades, o gerador termoeletrico compreende pelo menos dois bancos, em que cada banco produz uma porcao da energia produzida pelo gerador termoeletrico; cada banco compreende pelo menos dois modulos termoeletricos, em que cada modulo termoeletrico produz uma porcao da energia produzida por seu respectivo banco; cada banco compreende uma chave-matriz de nivel de modulo que, sob o controle do controlador, configura a interconexao de modulos dentro de seu respectivo banco; e o aparelho ainda compreende uma chave-matriz de nivel de modulo que, sob o controle do controlador, configu-

ra a interconexão dos bancos.

Em outra modalidade, um método para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica de acordo com os requisitos de uma carga compreende receber, por um controlador, pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada por um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura, e receber, pelo controlador, uma indicação de requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico. O método ainda compreende configurar, pelo controlador com base no pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoelétrico e com base na indicação dos requisitos da carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico, pelo menos um componente configurável que afeta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico.

O diferencial de temperatura pode ser provido por um fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, e a configuração do pelo menos um componente configurável pode incluir ajustar um valor que ajusta uma taxa de fluxo do fluido aquecido. O diferencial de temperatura pode ser provido por um fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, e a configuração do pelo menos um componente configurável ainda pode incluir ajustar uma válvula que ajusta a temperatura do fluido aquecido. O diferencial de temperatura pode ser provido por um suprimento de fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, em que o suprimento de fluido aquecido é aquecido por um coletor solar, e a configuração do pelo menos um componente configurável pode incluir ajustar a capacidade do coletor solar para transmitir o calor para o fluido aquecido.

O gerador termoelétrico pode incluir pelo menos dois bancos, cada banco compreendendo pelo menos um módulo termoelétrico, cada banco produzindo uma porção da energia produzida pelo gerador termoelétrico, e configurar o pelo menos um componente configurável pode ainda incluir controlar uma chave-matriz para configurar a interconexão dos bancos. O gerador termoelétrico pode incluir pelo menos dois módulos termoelétricos, cada módulo produzindo uma porção da energia produzida pelo gera-

dor termoeletrico, e configurar o pelo menos um componente configuravel pode ainda compreender controlar uma chave-matriz para configurar a interconexao dos modulos termoeletricos. O gerador termoeletrico pode incluir pelo menos dois bancos, cada banco compreendendo pelo menos dois modulos termoeletricos, em que cada banco produz uma porcao da energia produzida pelo gerador termoeletrico, em que cada modulo termoeletrico produz uma porcao da energia produzida por seu respectivo banco, e configurar o pelo menos um componente configuravel pode ainda compreender controlar uma chave-matriz de nivel de modulo para configurar a interconexao de pelo menos dois dos modulos termoeletricos, e controlar uma chave-matriz de nivel de banco para configurar a interconexao dos bancos.

Em outra modalidade, o metodo para converter a energia termica armazenada em um reservatorio de fluido aquecido para energia eletrica, inclui passar o fluido aquecido do reservatorio para um lado quente de um gerador termoeletrico e resfriar um lado frio do gerador termoeletrico. O gerador termoeletrico inclui uma pluralidade de modulos termoeletricos. O metodo ainda incluir monitorar uma voltagem de saida produzida pelo gerador termoeletrico, e reconfigurar as interconexoes dos modulos termoeletricos para manter a voltagem de saida dentro de uma faixa desejada conforme a temperatura do fluido aquecido flutua.

O metodo pode ainda incluir aquecer o fluido aquecido utilizando um coletor solar. A pluralidade de modulos termoeletricos pode estar agrupada em bancos, e reconfigurar as interconexoes dos modulos termoeletricos para manter a voltagem de saida dentro de uma faixa desejada pode incluir reconfigurar as interconexoes dos bancos.

Em outra modalidade, um sistema para manter uma caracteristica de energia dentro de uma faixa predeterminada inclui um monitor que mede uma caracteristica de energia sendo suprida para uma carga por um gerador termoeletrico, e um controlador que recebe um sinal do monitor. O sinal comunica a medicao da caracteristica de energia, e o controlador tambem inclui uma especificacao de uma faixa desejada predeterminada para a caracteristica de energia. O sistema tambem inclui uma chave-matriz a qual

tem uma pluralidade de conexões de entrada, os terminais de entrada recebendo as conexões de uma pluralidade de módulos termoeletricos dentro do gerador termoeletrico, e a chave-matriz ainda compreendendo um conjunto de terminais de saída através dos quais a energia gerada pelo gerador termoeletrico é fornecida para a carga. O controlador está configurado para comparar a medição da característica de energia com a faixa predeterminada, e reconfigurar as interconexões entre os terminais de entrada e os terminais de saída para manter a característica de energia dentro da faixa predeterminada. A característica predeterminada pode ser uma voltagem. O controlador pode ainda incluir um microprocessador que executa instruções armazenadas em um meio legível por computador.

Em uma modalidade, um gerador termoeletrico para gerar energia elétrica de uma diferença em temperatura inclui uma pluralidade de módulos termoeletricos. Cada módulo termoeletrico tem um primeiro lado e um segundo lado, e cada módulo termoeletrico gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura entre o seu respectivo primeiro lado e segundo lado. O gerador termoeletrico também inclui uma pluralidade de primeiros elementos térmicos para os quais o calor é suprido por um primeiro fluido, e uma pluralidade de segundos elementos térmicos dos quais o calor é removido por um segundo fluido. O primeiro e o segundo elementos térmicos estão dispostos em uma pilha de um primeiro e um segundo elementos térmicos alternados que têm um da pluralidade de módulos termoeletricos entre cada par adjacente de primeiro e segundo elementos térmicos. Cada módulo termoeletrico está em contato sobre o seu primeiro lado com um dos primeiros elementos térmicos e em contato sobre o seu segundo lado com um dos segundos elementos térmicos de modo que nenhuma face de nenhum elemento térmico contacte mais do que um dos módulos termoeletricos. Cada um do primeiro e do segundo elementos térmicos pode ser um bloco feito de um material termicamente condutivo, e cada bloco pode ainda compreender uma passagem através do bloco através da qual o respectivo fluido flui. O material termicamente condutivo pode ser o alumínio. Cada bloco pode ser geralmente retangular, e cada passagem atravessar o seu res-

pectivo bloco geralmente diagonalmente. Cada passagem pode incluir uma porção de entrada em cada extremidade, cada porção de entrada sendo geralmente cilíndrica e de uma dimensão maior do que a porção média da passagem. O primeiro e o segundo elementos térmicos podem ser mecanicamente intercambiáveis.

Em algumas modalidades, o gerador termoelétrico ainda compreende um grampo que prende a pilha de módulos termoelétricos e o primeiro e o segundo elementos térmicos em compressão. Em algumas modalidades, o gerador termoelétrico ainda compreende um primeiro coletor de entrada de fluido que distribui o primeiro fluido para os primeiros elementos térmicos, e um primeiro coletor de saída de fluido que coleta o primeiro fluido dos primeiros elementos térmicos. Em algumas modalidades, o gerador termoelétrico ainda compreende um segundo coletor de entrada de fluido que distribui o segundo fluido para os segundos elementos térmicos, e um segundo coletor de saída de fluido que coleta o segundo fluido dos segundos elementos térmicos. Em algumas modalidades, o gerador termoelétrico compreende um primeiro coletor de entrada de fluido que distribui o primeiro fluido para os primeiros elementos térmicos, um primeiro coletor de saída de fluido que coleta o primeiro fluido dos primeiros elementos térmicos, um segundo coletor de entrada de fluido que distribui o segundo fluido para os segundos elementos térmicos, e um segundo coletor de saída de fluido que coleta o segundo fluido dos segundos elementos térmicos. O primeiro coletor de entrada de fluido e o segundo coletor de saída de fluido podem estar posicionados adjacentes um ao outro sobre um lado da pilha de módulos termoelétricos e o primeiro e o segundo elementos térmicos.

Em algumas modalidades, o gerador termoelétrico ainda compreende um ou mais tubos flexíveis, pelo menos um dos tubos conectando cada um dos coletores com cada um de seus respectivos primeiro ou segundo elementos térmicos. Pelo menos um dos tubos flexíveis pode ser montado por pressão dentro de seu respectivo coletor e elemento térmico. O primeiro fluido pode ser a água. O segundo fluido pode ser a água.

Em outra modalidade, um método para fabricar um gerador ter-

moelétrico para gerar energia elétrica de uma diferença de temperatura compreende prover uma pluralidade de módulos termoeletricos, cada módulo termoeletrico tendo um primeiro lado e um segundo lado, e cada módulo termoeletrico gerando energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura entre o seu respectivo primeiro lado e segundo lado. O método ainda compreende prover uma pluralidade de primeiros elementos térmicos configurada para receber calor de um primeiro fluido, e prover uma pluralidade de segundos elementos térmicos configurada para ser resfriada por um segundo fluido. O primeiro e o segundo elementos térmicos estão dispostos em uma pilha de primeiros e segundos elementos térmicos alternados que tem um dos módulos termoeletricos entre cada par adjacente de primeiro e segundo elementos térmicos. Cada módulo termoeletrico está em contato sobre o seu primeiro lado com um dos primeiros elementos térmicos e está em contato sobre o seu segundo lado com um dos segundos elementos térmicos de modo que nenhuma face de nenhum elemento térmico contacte mais do que um dos módulos termoeletricos. Em algumas modalidades, o método ainda compreende prover um primeiro coletor de entrada de fluido configurado para receber o primeiro fluido e distribuí-lo para a pluralidade de primeiros elementos térmicos. O método pode ainda compreender prover um segundo coletor de entrada de fluido configurado para receber o segundo fluido e distribuí-lo para a pluralidade de segundos elementos térmicos. O método pode ainda compreender prover um primeiro coletor de saída de fluido configurado para receber o primeiro fluido da pluralidade de primeiros elementos térmicos e carregar o primeiro fluido afastando do gerador termoeletrico. O método pode ainda compreender prover um segundo coletor de saída de fluido configurado para receber o segundo fluido da pluralidade de segundos elementos térmicos e carregar o segundo fluido afastando do gerador termoeletrico. O método pode ainda compreender conectar cada elemento térmico a um coletor de entrada de fluido e a um coletor de saída de fluido. O método pode ainda compreender prender a pilha de primeiros elementos térmicos, segundos elementos térmicos, e módulos termoeletricos, de modo que a pilha seja mantida em compressão.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Figura 1 mostra um sistema de energia integrado para um prédio de acordo com uma primeira modalidade.

Figura 2 mostra uma porção do sistema da figura 1 em maiores
5 detalhes, de acordo com outra modalidade.

Figura 3 mostra um diagrama esquemático da operação de um módulo termoelétrico.

Figura 4 ilustra um sistema de acordo com uma modalidade da invenção.

10 Figura 5 ilustra um sistema de acordo com outra modalidade.

Figura 6 ilustra uma modalidade de um componente configurável.

Figura 7 ilustra uma modalidade que utiliza a energia solar para aquecer um fluido suprido para um gerador termoelétrico.

15 Figura 8 ilustra uma modalidade na qual a saída de um gerador termoelétrico é ajustada eletricamente.

Figura 9 ilustra um exemplo de interconexão de bancos em um gerador termoelétrico.

20 Figura 10 ilustra outro exemplo de interconexão de bancos em um gerador termoelétrico.

Figura 11 ilustra outro exemplo de interconexão de bancos em um gerador termoelétrico.

Figura 12 ilustra a operação de uma chave-matriz.

25 Figura 13 mostra a chave-matriz da figura 12 configurada para colocar os bancos na disposição mostrada esquematicamente na figura 9.

Figura 14 mostra a chave-matriz da figura 12 configurada para colocar os bancos na disposição mostrada esquematicamente na figura 10.

Figura 15 mostra a chave-matriz da figura 12 configurada para colocar os bancos na disposição mostrada esquematicamente na figura 11.

30 Figura 16 ilustra um sistema de acordo com outra modalidade, que inclui tanto as chaves de matriz de nível de módulo quanto uma chave-matriz de nível de banco.

Figura 17 ilustra um fluxograma de um método de acordo com uma modalidade da invenção.

Figura 18 mostra um exemplo de disposição para suprir um diferencial de temperatura para um único módulo termoeletrico.

5 Figura 19 mostra uma consequência possível de colocar dois módulos termoeletricos de diferentes alturas entre um único elemento térmico quente e um único elemento térmico frio.

Figura 20 um gerador termoeletrico de acordo com um exemplo de modalidade da invenção.

10 Figura 21 mostra uma vista esquemática de um gerador termoeletrico de acordo com outra modalidade.

Figura 22 mostra uma vista oblíqua do gerador termoeletrico da figura 21.

15 Figura 23 mostra uma vista oblíqua de um elemento térmico, de acordo com uma modalidade.

Figura 24 mostra o elemento térmico da figura 23 em corte transversal.

Figura 25 ilustra um elemento térmico de acordo com outra modalidade.

20 Figuras 26A e 26B ilustram um método para fazer as conexões entre tubos flexíveis e elementos térmicos, de acordo com uma modalidade.

Figuras 27A a 27D ilustram diversos modos de fabricar coletores, de acordo com as modalidades da invenção.

25 Figura 28 ilustra um gerador termoeletrico de acordo com outro exemplo de modalidade.

Figura 29 ilustra um gerador termoeletrico de acordo com ainda outro exemplo de modalidade.

30 Figura 30 ilustra a utilização de um gerador termoeletrico em um sistema em que um fluido é aquecido utilizando a energia solar, e outro fluido é resfriado utilizando um loop de tubulação acoplado em terra.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

Um sistema de energia integrado para uma residência ou outro

prédio utiliza um reservatório aquecido para armazenamento de energia. O reservatório é principalmente aquecido por um ou mais coletores solares. O sistema também inclui pelo menos um loop de tubulação acoplado ao ambiente através do qual um fluido de resfriamento é circulado de modo que o calor seja descarregado do fluido de resfriamento para o ambiente. A energia térmica do reservatório e do fluido de resfriamento são então utilizadas em um conjunto de sistemas integrados que proveem um aquecimento de espaço, um resfriamento de espaço, e geração elétrica. A eletricidade é gerada por um gerador termoelétrico que explora o diferencial de temperatura entre o reservatório e o fluido de resfriamento. O sistema pode incluir o aquecimento e armazenamento para água quente doméstica, e pode utilizar o excesso de energia para a produção de hidrogênio. Sistemas de aquecimento e elétrico de reserva podem ser providos.

A descrição seguinte provê a(s) modalidade(s) exemplar(es) preferida(s) somente, e não pretende limitar o escopo, a aplicabilidade ou a configuração da descrição. Ao contrário a descrição seguinte da(s) modalidade(s) exemplar(es) preferida(s) proverá aqueles versados na técnica com uma descrição capacitante para implementar uma modalidade exemplar preferida. É compreendido que várias mudanças podem ser feitas na função e na disposição de elementos sem afastar do espírito e do escopo como apresentado nas reivindicações anexas.

Detalhes específicos são dados na descrição seguinte para prover uma compreensão completa das modalidades. No entanto, será compreendido por alguém versado na técnica que as modalidades podem ser praticadas sem estes detalhes específicos. Por exemplo, os circuitos podem ser mostrados em diagramas de blocos de modo a não obscurecer as modalidades com detalhes desnecessários. Em outros casos, circuitos, processos, algoritmos, estruturas, e técnicas bem-conhecidos podem ser mostrados sem detalhes desnecessários de modo a evitar obscurecer as modalidades.

Também, é notado que as modalidades podem ser descritas como um processo o qual está apresentado como um fluxograma, um diagrama de fluxo, um diagrama de fluxo de dados, um diagrama de estrutura,

ou um diagrama de blocos. Apesar de um fluxograma poder descrever as operações como um processo sequencial, muitas das operações podem ser executadas em paralelo ou concorrentemente. Além disso, a ordem das operações pode ser redistribuída. Um processo é terminado quando as suas operações são completadas, mas poderiam ter etapas adicionais não incluídas na figura. Um processo pode corresponder a um método, uma função, um procedimento, uma sub-rotina, um subprograma, etc. Quando um processo corresponde a uma função, a sua terminação corresponde a um retorno da função para a função de origem ou a função principal.

10 O termo "meio legível por máquina" inclui, mas não está limitado a dispositivos de armazenamento portáteis ou fixos, dispositivos de armazenamento óticos, canais sem fio e vários outros meios capazes de armazenar, conter ou carregar instruções e/ou dados. Um segmento de código ou instruções executáveis por máquina pode representar um procedimento, uma função, um subprograma, um programa, uma rotina, uma sub-rotina, um módulo, um pacote de software, uma classe, ou qualquer combinação de instruções, estruturas de dados, ou enunciados de programas. Um segmento de código pode estar acoplado a outro segmento de código ou um circuito de hardware passando e/ou recebendo informações, dados, argumentos, parâmetros, ou conteúdos de memória. As informações, os argumentos, os parâmetros, os dados, etc. podem ser passados encaminhados ou transmitidos através de qualquer meio adequado que inclui o compartilhamento de memória, a passagem de mensagem, a passagem de sinal, transmissão de rede, etc.

25 Mais ainda, as modalidades podem ser implementadas por hardware, software, firmware, middleware, microcódigo, linguagens de descrição de hardware, ou qualquer combinação da mesma. Quando implementado em software, firmware, middleware ou microcódigo, o código de programa ou os segmentos de código para executar as tarefas necessárias podem ser armazenados em um meio legível por máquina. Um processador pode executar as tarefas necessárias.

Os sistemas de energia alternativos anteriores se desenvolve-

ram pouco a pouco. Por exemplo, em uma residência "solar" típica, a geração de eletricidade é provida por células fotovoltaicas com armazenamento de bateria, enquanto que a água quente doméstica é provida por aquecimento solar direto de água. O aquecimento de espaços pode ser melhorado por técnicas de projeto solar passivas, com uma reserva suplementar provida pela queima de gás natural, propano, madeira, ou outro combustível. O resfriamento de espaços pode ou não ser provido. Esta proposta passo a passo para construir o gerenciamento de energia é complexa e envolve muitas tecnologias diferentes. A geração de eletricidade por fotovoltaica requer coletores solares diferentes do que aqueles utilizados para o aquecimento de água, e requer baterias dispendiosas que requerem uma substituição periódica. As baterias são tipicamente superdimensionadas, de modo a maximizar a sua vida útil evitando descargas profundas.

As modalidades da presente invenção exploram as eficiências tornadas possíveis pela integração de vários sistemas de energia em um prédio. Um único coletor solar (ou rede de coletores) aquece um reservatório de energia térmica. O reservatório de energia térmica pode ser um simples tanque de água aquecida que armazena a energia térmica em virtude da temperatura elevada da água. Em outras modalidades, o reservatório de energia térmica pode compreender outro meio, por exemplo um meio eutético ou de mudança de fase tal como o sal de Glauber que armazena energia primariamente na mudança do processo de sal entre as fases sólida e líquida.

O reservatório de energia térmica é utilizado para múltiplos propósitos no sistema. A energia térmica pode ser usada diretamente para o aquecimento de espaço e água doméstica. A geração de eletricidade é provida por um gerador termoelétrico, utilizando a temperatura elevada do reservatório como o lado "quente" de um diferencial de temperatura explorado pelo gerador termoelétrico. O outro lado "frio" do diferencial de temperatura é provido por um fluido de resfriamento, de preferência a água, circulado através de um loop de tubulação acoplado ao ambiente que resfria o fluido através de seu contato térmico com a terra ou a atmosfera. O fluido de resfria-

mento pode também ser utilizado para o resfriamento de espaço hidrônico.

As vantagens de tal sistema serão aparentes para alguém versado na técnica. O armazenamento de energia é provido por um único reservatório, o qual pode ser tão simples quanto um tanque de água. Nenhum produto químico hostil ou perigoso é necessário para o armazenamento de energia, e nenhuma substituição de bateria dispendiosa nunca será necessária. O aquecimento de espaço, o aquecimento de água doméstica, e a geração elétrica são alimentados por um único coletor solar ou uma rede de coletores. O resfriamento de espaço vem como um subproduto de geração elétrica. Tal sistema é mais simples, menos dispendioso, e mais flexível do que a proposta passo a passo tradicional para os sistemas de energia alternativos.

A figura 1 mostra um sistema de energia integrado 100 para um prédio 109 de acordo com uma primeira modalidade. No exemplo de sistema 100, um coletor solar 101 aquece um fluido dentro de um tubo 103, utilizando a energia do sol 104. Neste exemplo, o coletor solar 101 é um coletor solar do tipo de concentração, por exemplo uma calha parabólica que concentra a radiação solar sobre o tubo 103 e rastreia o movimento do sol sob o controle de um motor 102. Um versado na técnica reconhecerá que outros tipos de coletores solares podem ser utilizados, incluindo os coletores de painel plano ou os coletores de tubo de calor. Um coletor ou uma rede de coletores pode ser utilizado, dependendo da capacidade de projeto do sistema. Atualmente, muitos metros quadrados de área de coletor podem ser necessários para prover uma capacidade de geração elétrica suficiente no sistema 100, mas está previsto que futuros aperfeiçoamentos na eficiência de materiais termoelétricos reduzirão a área de coletor requerida dramaticamente.

O fluido dentro do tubo 103 é aquecido e é circulado por uma bomba (não mostrada), que carrega a energia térmica para um reservatório de energia térmica 105. O fluido de trabalho dentro do tubo 103 pode ser a água, um óleo natural ou sintético, ou outro tipo de fluido. O reservatório 105 contém um meio de armazenamento. O meio pode simplesmente ser a á-

gua. Se a água do reservatório 105 for também circulada através do tubo 103, então a água é aquecida diretamente pelo coletor solar 101. Alternativamente, o meio dentro do reservatório 105 pode ser aquecido indiretamente, por exemplo, através de um trocador de calor. Por exemplo, se o fluido de trabalho dentro do fluido 103 for um óleo e o meio de armazenamento no reservatório 105 for a água, a água pode retirar o calor do óleo através de um trocador de calor. Se o meio de armazenamento no reservatório 105 for a água, é estimado que um reservatório de 3785 litros (1000 galões) será suficiente para uma aplicação residencial típica. De preferência, a bomba que circula o fluido dentro do tubo 103 opera somente conforme necessário para manter a temperatura do reservatório 105. Por exemplo, a bomba pode ser desligada à noite quando nenhum aquecimento de fluido efetivo está disponível do coletor solar 101.

O meio de armazenamento no reservatório 105 pode ser outro tipo de meio. Em algumas modalidades, o meio no reservatório 105 pode ser um meio de mudança de fase tal como o sal de Glauber, o qual armazena eficientemente a energia térmica em virtude de uma mudança de fase de sólido para líquido. Outros meios, que incluem outros meios de mudança de fase, podem ser utilizados.

O reservatório 105 provê um armazenamento de energia simples, confiável, e livre de manutenção para o sistema. O meio de armazenamento não precisa ser mudado ou atendido, como seria o caso com as baterias.

A energia térmica do reservatório 105 pode ser utilizada diretamente ou indiretamente para várias necessidades de aquecimento no prédio. Por exemplo, se o meio no reservatório 105 for a água, a água poderia ser retirada do reservatório 105 para utilização de água quente doméstica. Neste caso, o reservatório 105 seria completado com um suprimento de água adicional conforme necessário para substituir aquela retirada para uso. Para os propósitos desta descrição, "água quente doméstica" é a água aquecida utilizada para lavar, banhar, cozinhar, ou outro processamento ou similar, estando o sistema 100 instalado em uma residência, um comércio, ou um am-

biente industrial. A água doméstica é tipicamente descartada para um esgoto sanitário após a utilização. A "água de suprimento" é a água de um suprimento de água externo, tal como uma instalação de água municipal, um poço local, ou outra fonte.

5 De preferência, especialmente onde um meio outro que a água é utilizada no reservatório 105, a água quente doméstica pode ser aquecida do reservatório 105 pela utilização de um trocador de calor, e opcionalmente pode ser armazenada em um tanque separado 106. Um armazenamento separado com controle de temperatura independente pode ser vantajoso
10 porque a água doméstica deve ser armazenada dentro de uma faixa de temperatura estreita por razões de segurança e de utilidade. O meio no reservatório 105 pode sofrer grandes flutuações de temperatura durante a operação do sistema 100, e pode atingir temperaturas que seriam inseguras para a utilização de água quente doméstica.

15 Uma disposição similar pode ser utilizada para a água utilizada para o aquecimento de espaços. A água do reservatório 105 pode ser circulada por um loop de aquecimento hidrônico 107 que pode incluir uma tubulação e conexões de rodapé, subsolo, valência ou outras que proveem calor para os espaços dentro do prédio primariamente através de convecção, radiação, ou ambas. Alternativamente, o fluido circulado através do loop de
20 aquecimento hidrônico 107 pode derivar o seu calor do reservatório 105 através de um trocador de calor. Opcionalmente, um tanque de armazenamento separado 108 pode ser provido para a água ou outro fluido utilizado para o aquecimento hidrônico, permitindo um controle de temperatura separado. Em algumas modalidades, o fluido utilizado para o aquecimento hidrônico
25 pode ser um fluido outro que a água pura, por exemplo, uma mistura de água e anticongelante.

Opcionalmente, um aquecimento de reserva pode ser provido para um ou mais dos reservatórios aquecidos no sistema, incluindo qualquer
30 um, qualquer combinação, ou todos do reservatório 105 e de quaisquer tanques de armazenamento adicionais tais como os tanques 106 e 107. O aquecimento de reserva pode ser na forma de uma caldeira ou outro tipo de

aquecedor que queima combustível sólido, ou pode ser outro tipo de aquecedor. O aquecimento de reserva pode ser requerido durante os períodos extensos sem sol adequado para manter uma temperatura suficiente do reservatório 105, ou durante os momentos quando hóspedes temporários aumentam as demandas de energia do prédio 109.

Se o aquecimento de reserva for suprido para o reservatório 105, então um único aquecedor de reserva pode ser suficiente. Alternativamente, unidades de aquecimento de reserva separadas podem ser providas para o tanque de água quente doméstica 106 e o tanque de armazenamento de aquecimento de espaços 108, se estes estiverem presentes. Em ainda outra alternativa atrativa, o aquecimento de reserva para a água quente doméstica pode ser um aquecedor do tipo "sob demanda" que aquece a água somente conforme esta é utilizada, ao invés de manter um tanque de água quente a uma temperatura especificada. Um aquecedor sob demanda pode ser colocado em uma localização central e aquecer a água para uso de água quente doméstica através de todo o prédio, ou múltiplos aquecedores sob demanda podem ser colocados nos vários pontos de uso de água quente, tal como um em cada banheiro e cozinha.

Em outro aspecto do sistema 100, a água ou outro fluido é circulada por uma bomba (não mostrada) através de um loop de tubulação acoplado ao ambiente tal como um loop de tubulação acoplado em terra profunda 110. O loop de tubulação acoplado em terra profunda 110 resfria este "fluido de resfriamento" em virtude de seu contato térmico com a terra. O calor é descarregado do fluido de resfriamento para a terra, por meio disto mantendo o fluido de resfriamento a uma temperatura relativamente fria. Em profundidades suficientes, usualmente aproximadamente 1,6 m (cinco pés) ou mais abaixo da superfície, a terra mantém uma temperatura relativamente constante, por exemplo aproximadamente 12 a 14°C (54 a 57°F) em muitas partes dos Estados Unidos. Alternativamente ou além disso, outros loops de tubulação acoplados ao ambiente tais como um loop de tubulação acoplado em terra rasa 122 ou um loop de tubulação acoplado ao ar 123 podem ser utilizados como descrito abaixo em mais detalhes. Opcionalmente, um tan-

que de armazenamento 111 para parte do fluido de resfriamento está provido. O fluido de resfriamento pode também ser utilizado para múltiplos propósitos. Em uma utilização, parte do fluido de resfriamento é circulado conforme necessário através de um loop de resfriamento hidrônico 112 que pode

5 incluir tubulações e conexões de rodapé, subsolo, valência ou outras que removem o calor de espaços dentro do prédio primariamente através de convecção, radiação, ou ambas. É estimado que 304 metros (1000 pés) de tubulação bobinada dentro de uma vala de 30,4 metros (100 pés) de comprimento pode prover uma tonelada (12.000 BTU/h ou 3,516 kW) de capaci-

10 dade de resfriamento. Poços de resfriamento verticais podem ser utilizados para economizar espaço, mas a um custo de instalação ligeiramente mais alto. De preferência, a bomba que circula o fluido de resfriamento opera somente conforme necessário para manter uma temperatura relativamente fria no fluido suprido para o loop de resfriamento hidrônico 112, e para a geração

15 de eletricidade como abaixo descrito. Tipicamente, o fluido será circulado através de somente um do loop de resfriamento hidrônico 112 e do loop de aquecimento hidrônico 107 a qualquer momento.

A geração de eletricidade é provida por um gerador termoelétrico 113. Um gerador termoelétrico gera a energia elétrica de uma diferença em

20 temperatura utilizando o efeito termoelétrico exibido por muitos materiais. Um gerador termoelétrico típico compreende muitos elementos termoelétricos dispostos em pares termoelétricos. Cada elemento termoelétrico pode ser um elemento condutivo ou semicondutivo, por exemplo, porções de material semicondutor do tipo n e do tipo p. Os elementos são conectados ele-

25 tricamente em série e termicamente em paralelo em um módulo termoelétrico. O módulo produz uma voltagem de corrente contínua (CC) que é uma função das propriedades dos materiais utilizados, do diferencial de temperatura, da temperatura absoluta na qual o gerador é operado, do tamanho do módulo, e outros fatores. Mais informações sobre os geradores termoelétricos

30 são abaixo fornecidas. Um gerador termoelétrico pode ter uma vida útil de 200.000 horas, tornando-o adequado para utilização de longo prazo sem uma substituição dispendiosa.

No sistema 100, o diferencial de temperatura entre o reservatório 105 e o fluido de resfriamento que circula através de um loop de tubulação acoplado ao ambiente é explorado para gerar eletricidade. O fluido retirado do ou aquecido pelo reservatório 105 pode ser circulado para um lado "quente" do gerador termoelétrico 113, enquanto que o fluido de resfriamento é circulado para um lado "frio" do gerador termoelétrico 113. Em algumas modalidades, para utilização residencial, o gerador termoelétrico 113 produz aproximadamente 1 kW quando sujeito a um diferencial de temperatura de 61°C (110°F). Esta quantidade de energia é suficiente para suprir a maioria das necessidades elétricas de uma residência conservadoramente administrada. O sistema pode ser escalado conforme necessário adicionando uma capacidade adicional ao reservatório 105 e módulos termoelétricos adicionais ao gerador termoelétrico 113.

Apesar do loop de tubulação acoplado à terra profunda 110 ser um exemplo de um loop de tubulação acoplado ao ambiente que pode ser utilizado para resfriar o fluido de resfriamento, o sistema pode ser adicionalmente otimizado pela utilização de outros tipos de loops acoplados ao ambiente também. Por exemplo, um loop acoplado à terra rasa 122 pode ser provido. O loop de tubulação acoplado à terra rasa 122 pode ser colocado, por exemplo, dentro de aproximadamente 0,5 m (1,5 pés) da superfície do solo. Durante o inverno, as temperaturas do solo próximo da superfície podem ser significativamente mais frias do que a temperatura relativamente constante mantida a diversos pés abaixo da superfície. Em alguns lugares, o solo pode até congelar a uma profundidade de diversas polegadas durante o inverno. O diferencial de temperatura experimentado pelo gerador termoelétrico 113, e portanto também a quantidade de energia gerada pelo gerador termoelétrico 113, pode ser aumentada se o fluido de resfriamento for circulado através do loop de tubulação acoplado à terra rasa 122 ao invés do loop de tubulação acoplado à terra profunda 110 durante os tempos quando a temperatura de superfície é mais fria. Similarmente, alternativamente ou adicionalmente, um loop de tubulação acoplado ao ar 123 pode ser provido. Durante os tempos de clima extremamente frio, o loop de tubulação acoplado ao ar 123 ex-

posto à atmosfera pode experimentar temperaturas ainda mais frias do que o loop de tubulação acoplado à terra rasa 122, e pode, portanto resfriar o fluido de resfriamento para uma temperatura ainda mais fria de modo que a quantidade de energia gerada pelo gerador termoelétrico 113 pode ser ainda
5 adicionalmente aumentada pela circulação do fluido de resfriamento através do loop de tubulação acoplado ao ar 123.

Quando qualquer um dos loops de tubulação acoplados ao ambiente é esperado experimentar temperaturas abaixo do congelamento, o fluido de resfriamento circulado através daquele loop é de preferência não a
10 água pura, mas pode ser água misturada com um anticongelante, ou outro tipo de fluido. Não é necessário que todos os loops de tubulação acoplados ao ambiente estejam presentes para carregar o mesmo fluido de resfriamento, desde que os fluidos de resfriamento possam eficientemente remover o calor do gerador termoelétrico 113. Tipicamente, o fluido de resfriamento
15 seria circulado através de somente um loop de tubulação acoplado ao ambiente de cada vez. Em cenário, o controlador de sistema seleciona qual loop de tubulação acoplado ao ambiente utilizar em qualquer tempo específico com base nas temperaturas experimentadas por cada um destes.

Como um gerador termoelétrico produz CC, o sistema 100 pode
20 incluir tantos aparelhos e outros dispositivos elétricos quanto possível que possam operar com energia CC. Por exemplo, a iluminação 114 pode ser baseada em diodos de emissão de luz (LEDs) para uma produção de luz muito eficiente de energia CC. Muitos outros aparelhos estão disponíveis que operam com energia CC, e é previsto que o número de aparelhos ali-
25 mentados por CC disponíveis crescerá no futuro. Para aquelas cargas que podem utilizar a energia CC, o sistema 100 de preferência inclui um barramento de energia CC através de todo prédio 109.

Neste íterim, algumas cargas podem ainda melhor utilizar a energia de corrente alternada (CA), por exemplo, um refrigerador 115. O sistema 100 pode portanto incluir um ou mais inversores 116, os quais conver-
30 tem a saída CC do gerador termoelétrico 113 para energia CA. Em algumas modalidades, múltiplos pequenos inversores podem ser utilizados no lugar

de um único inversor de grande capacidade, de modo que no caso de uma falha de inversor, um sistema de capacidade reduzida possa ainda ser operado até que o inversor defeituoso seja reparado ou substituído.

5 Uma reserva pode também ser provida para a porção elétrica do sistema 100, na forma de uma conexão 117 a uma grade principal, por exemplo, um serviço público. Alternativamente, um gerador acionado por gasolina local ou outro gerador pode ser conectado na conexão 116 para utilização de emergência ou durante os tempos de utilização elétrica aumentada, por exemplo, quando hospedando convidados.

10 Como fica aparente da discussão acima, o sistema 100 provê muitas vantagens úteis, incluindo a utilização de energia armazenada no reservatório 105 para múltiplos propósitos, incluindo tanto o aquecimento quanto a geração elétrica. Como a energia está armazenada no reservatório 105, o aquecimento, o resfriamento, e a geração elétrica podem continuar
15 mesmo à noite ou durante um clima inclemente quando pouca ou nenhuma radiação solar está disponível.

A figura 1 também mostra outras características opcionais do sistema 100, de acordo com outras modalidades. O gerador termoelétrico 113 pode alimentar um gerador de hidrogênio 118 que gera hidrogênio, por
20 exemplo, da água de suprimento por meio de eletrólise ou outro processo, quando a energia está disponível do gerador termoelétrico 113. Em um modo de operação, a energia pode ser desviada para o gerador de hidrogênio durante a noite quando as demandas elétricas do prédio 109 são de outro modo baixas. O hidrogênio do gerador de hidrogênio 118 poderia ser suprido
25 para um veículo acionado por hidrogênio 119, ou poderia ser armazenado para outras utilizações, por exemplo, para aquecer a água quente doméstica quando um aquecimento de reserva é necessário. O gerador de hidrogênio 118 e o armazenamento associado assim proveriam um armazenamento de energia adicional utilizada durante os tempos quando o reservatório 105 está
30 na sua capacidade térmica e uma energia excedente é disponível do gerador termoelétrico 113.

Como o gerador termoelétrico 113 tem uma capacidade de saída

de energia finita, pode ser útil gerenciar a demanda de energia do prédio 109. Em algumas modalidades, um controlador de carga 120 pode ser provido que gerencia a operação de certos aparelhos. O controlador de carga 120, pode ser, por exemplo, um dispositivo computadorizado que monitora a

5 operação de vários aparelhos e outras cargas, e controla a disponibilidade de energia para estes. O efeito pode ser um deslocamento no tempo de certas cargas em deferência a outras cargas de modo que a energia seja tornada disponível onde necessário, mas a operação geral dos aparelhos é ainda satisfatória. Em um exemplo simples da operação do controlador de carga

10 120, o refrigerador 115 pode ser impedido de operar quando um forno de micro-ondas 121 está em operação. Um forno de micro-ondas é um aparelho que o usuário tipicamente deseja utilizar imediatamente por um curto tempo. Um refrigerador opera intermitentemente, e as pessoas na residência frequentemente não estão mesmo cientes se o refrigerador está funcionando.

15 Um curto retardo na operação de um refrigerador tem um efeito insignificante sobre o seu desempenho. Retardar a operação do refrigerador 115 até que o micro-ondas 121 tenha acabado impede que ambos contribuam para a demanda elétrica ao mesmo tempo, com pouco ou nenhum efeito percebido sobre a operação de ambos os aparelhos. Potencialmente, esta disposição

20 reduz a demanda elétrica de pico do prédio 109. Muitas outras estratégias de tempo, retardo, ou intertravamento de aparelhos podem ser previstas. Por exemplo, a operação de uma secadora de roupas pode ser impedida enquanto um fogão elétrico está em operação, ou a intensidade de iluminação pode ser reduzida para liberar capacidade elétrica para a operação de um

25 secador de cabelo. Muitos outros exemplos são possíveis. Em outras modalidades, certos aparelhos podem ser restringidos a operar somente durante certas horas do dia. Por exemplo, uma secadora de roupas pode ser permitida operar somente entre 10:00AM e 3:00PM, quando a radiação solar máxima está tipicamente disponível.

30 A figura 2 mostra uma porção do sistema 100 em maiores detalhes, de acordo com outra modalidade. Conforme a energia térmica é retirada do reservatório 105, seja para aquecimento ou geração elétrica, o dife-

rencial de temperatura através do gerador termoelétrico 113 diminui, e consequentemente a voltagem produzida pelo gerador termoelétrico 113 também diminui. Certas cargas podem ter faixas de voltagem específicas nas quais estas devem operar. Por exemplo, o inversor 116 pode requerer que a

5 sua voltagem de entrada esteja dentro de uma certa faixa, ou os aparelhos de CC podem operar mais efetivamente quando supridos com energia dentro de uma faixa de voltagem especificada, por exemplo, próximo de 36 ou 48 volts. Na modalidade da figura 2, o gerador termoelétrico 113 compreende múltiplos bancos 201 de elementos termoelétricos. Cada banco produz

10 uma porção da energia elétrica disponível do gerador termoelétrico 113, e emite a sua energia em um de conjuntos de condutores 209. Uma chave-matriz 206 configura dinamicamente as interconexões dos bancos para manter certas características de energia nos condutores de saída principais 210. Por exemplo, quando o diferencial de temperatura total está disponível, a

15 chave-matriz pode configurar os bancos em paralelo, mas quando o diferencial de temperatura é reduzido de modo que cada banco produz somente uma fração da voltagem que este produz na potência total, a chave-matriz 206 pode conectar os bancos em série de modo que a voltagem de saída seja mantida dentro dos níveis requeridos. A chave-matriz 206 pode também

20 interconectar os bancos em várias combinações em série e paralelo conforme necessário.

Um monitor 202 detecta o caráter da energia que está sendo produzida nos condutores de saída principais 210, e envia um sinal 203 para um controlador 204, o qual então sinaliza 205 a chave-matriz 206 para mu-

25 dar a sua interconexão. O monitor 202 pode medir a voltagem produzida nos condutores 210 utilizando conexões de detecção 207, pode medir a corrente que está sendo suprida utilizando uma sonda de corrente 208, ou pode medir alguma outra característica sobre a qual tomar uma decisão sobre a interconexão dos bancos.

30 Deste modo, praticamente toda a energia armazenada no reservatório 105 pode ser extraída para a geração de eletricidade. (Apesar da quantidade de energia disponível poder declinar conforme a temperatura do

reservatório 105 declina). Por comparação, as baterias podem ser restritas a suprir somente 20% de sua energia armazenada. Mais detalhes sobre a operação da chave-matriz 206 são abaixo fornecidos.

CONFIGURAÇÃO AUTOMÁTICA DO GERADOR TERMOELÉTRICO

5 Um módulo termoeletrico é um dispositivo que explora o efeito termoeletrico exibido por muitos materiais. A figura 3 mostra um diagrama esquemático da operação de um módulo termoeletrico 300. Um módulo termoeletrico tal como o módulo 300 tem a propriedade que quando uma corrente é passada através do módulo, por exemplo, nos terminais 301, um lado 302 do módulo é resfriado e outro lado 303 é aquecido. Os módulos termoeletricos são utilizados deste modo em certos dispositivos de consumidor tais como os resfriadores de água e similares.

O efeito termoeletrico é reversível, de modo que quando os dois lados de um módulo termoeletrico são mantidos a diferentes temperaturas, o
15 módulo pode gerar energia elétrica. Por exemplo, na figura 3, ao invés de acionar uma corrente através dos terminais 301 para aquecer e resfriar os lados de módulo 302 e 303, os lados de módulo 302 e 303 podem ser mantidos em um diferencial de temperatura, e uma voltagem será produzida através dos terminais 301. Quando utilizado para gerar energia, o módulo
20 termoeletrico pode ser denominado um gerador termoeletrico (TEG). A voltagem produzida e quantidade de energia disponível do módulo dependem do diferencial de temperatura entre os dois lados 302 e 303, dos materiais utilizados para construir o módulo, da temperatura absoluta na qual o módulo é operado, do tamanho do módulo, e outros fatores.

25 Esta variabilidade de energia disponível torna difícil utilizar a geração termoeletrica para explorar os diferenciais de temperatura ou os gradientes que são variáveis, especialmente para suprir energia para uma carga que tem requisitos específicos para o caráter da energia que esta recebe.

O módulo termoeletrico 300 é apenas um exemplo de um dispositivo termoeletrico utilizável por modalidades da invenção. O módulo 300 é
30 composto de um número de elementos termoeletricos 304, cada um dos quais é um comprimento de material condutivo ou semicondutivo com pro-

priedades termoelétricas favoráveis. Por exemplo, os elementos podem ser porções de um material semicondutor do tipo n e do tipo p, identificados "N" e "P" na figura 3. Os elementos termoelétricos 304 estão dispostos em pares termoelétricos, cada par termoelétrico incluindo um elemento "N" e um elemento "P". As extremidades dos elementos em cada par termoelétrico estão eletricamente conectadas no lado quente 303 do módulo 300 por um dos condutores 305, e estão adicionalmente termicamente conectadas a uma fonte de calor através de uma placa 306 opcional. Vários pares termoelétricos estão conectados em série no lado frio 302 do módulo 300, por condutores 307, e estão também termicamente conectados a uma fonte "fria" ou placa 308 no lado frio 303 do módulo 300. Cada par termoelétrico gera uma voltagem relativamente pequena, e a voltagem que aparece nos condutores 301 é a voltagem acumulada dos pares termoelétricos conectados em série. Apesar de muitos módulos termoelétricos serem feitos utilizando os materiais de semicondutor do tipo n e do tipo p para os elementos termoelétricos 304, será compreendido que a invenção não está assim limitada. Muitos outros tipos de materiais conhecidos e ainda a serem desenvolvidos exibem o efeito termoelétrico, e podem ser utilizados nas modalidades. Similarmente, outras disposições dos elementos podem ser previstas.

De preferência, os módulos termoelétricos utilizados nas modalidades da invenção são otimizados para a geração de energia. A pesquisa mostrou que a energia total disponível é maximizada quando o comprimento "L" dos elementos termoelétricos é bastante curto - por exemplo, aproximadamente 0,5 milímetro. No entanto, a eficiência de conversão de um módulo termoelétrico (a fração de energia térmica disponível realmente convertida para energia elétrica) aumenta com o aumento do comprimento L. Por exemplo, um elemento termoelétrico com um comprimento de 5,0 milímetros pode ser diversas vezes mais eficiente do que um com um comprimento de 0,5 milímetro. O comprimento ótimo para uma aplicação específica (proveniente do custo mínimo por unidade de energia elétrica esperada) será uma função do custo dos módulos termoelétricos e do hardware associado, o custo da energia térmica suprida para o gerador termoelétrico, e a vida esperada

do gerador termoelétrico. Uma discussão mais completa dos fatores envolvidos na otimização do desempenho de um módulo termoelétrico pode ser encontrada em D.M. Rowe e Gao Min, Evaluation of thermoelectric modules for power generation, Journal of Power Sources 73 (1998) 193-198.

5 A figura 4 ilustra um sistema 400 de acordo com uma modalidade da invenção. Um gerador termoelétrico (TEG) 401 gera energia elétrica quando este está sujeito a um diferencial de temperatura. Na figura 4, o diferencial de temperatura está provido por um fluido aquecido 402 e um fluido relativamente frio 403 canalizados para os lados opostos do TEG 401. Para
10 os propósitos desta descrição, um gerador termoelétrico é um dispositivo que produz energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura. Um gerador termoelétrico pode, mas não precisa, incluir muitos módulos termoelétricos tal como o módulo termoelétrico 300, o qual pode por sua vez incluir muitos elementos termoelétricos dispostos em pares termoelétricos.

15 Deve ser compreendido que um diferencial de temperatura pode ser provido por qualquer um de muitos, muitos meios e aparelhos diferentes. Por exemplo, o fluido aquecido 402 pode ser produzido especificamente para o propósito de gerar eletricidade, por exemplo, aquecendo a água utilizando os combustíveis fósseis convencionais, a energia solar, ou por algum
20 outro meio. Alternativamente, o fluido aquecido 402 pode ser um subproduto de um processo industrial, água de refugo de um estabelecimento tal como uma lavadora de carros ou uma lavanderia, água de nascente quente que ocorre naturalmente, ou outro tipo de fluido.

 O lado "quente" de um diferencial de temperatura pode ser provido por outro meio além de um fluido, por exemplo, o ar descarregado de
25 um sistema de condicionamento de ar de prédio, os gases de descarga de um motor, a superfície de qualquer componente tal como um cano de descarga de veículo, exterior de forno, ambiente de alto forno, ou outra fonte de calor adequada.

30 Similarmente, o fluido relativamente frio 403 pode ser obtido especialmente para o propósito de geração de energia, ou pode ser o subproduto de algum outro processo. Por exemplo, o fluido 403 pode ser a água

que é circulada através de um tubo subterrâneo para resfriar a água para a temperatura do solo - tipicamente aproximadamente 12 a 14°C (54 a 57°F) em muitas partes dos Estados Unidos. Ou o fluido 403 pode ser qualquer fluido relativamente frio que ocorra naturalmente, por exemplo a água desviada de um rio ou córrego. O lado "frio" de um diferencial de temperatura pode ser provido por meios e materiais outros que fluidos, por exemplo, o ar ambiente, um objeto metálico, ou alguma outra fonte "fria" adequada.

Praticamente qualquer diferencial de temperatura pode ser explorado para a geração de energia, e os termos "quente", "aquecido", "frio", e similares devem ser compreendidos serem termos relativos. Por exemplo, ambos os lados "quente" e "frio" de um diferencial de temperatura podem ser percebidos como quentes para os sentidos humanos, mas o diferencial pode ainda ser explorado por um TEG. Similarmente, ambos os lados "quente" e "frio" de um diferencial de temperatura podem ser percebidos como frios para os sentidos humanos.

Retornando à figura 4, o TEG 401 produz energia elétrica, a qual é emitida sobre condutores 404 e suprida, diretamente ou indiretamente, para uma carga 405. A carga 405 está mostrada em linhas tracejadas na figura 4 para enfatizar que esta não é considerada ser uma parte da invenção, a menos que especificamente reivindicado. A carga 405 pode ter requisitos específicos para a energia que esta recebe de modo a operar apropriadamente. Por exemplo, a carga 405 pode incluir um inversor configurado para suprir uma corrente alternada para uma área, e o inversor pode operar apropriadamente somente quando suprido com uma voltagem CC entre 36 e 48 volts. Ou a carga pode compreender um sistema baseado em microprocessador quer requer uma quantidade mínima de energia para uma operação livre de erros.

Um monitor 406 detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo TEG 401. Por exemplo, condutores de sonda 407 podem conectar nos condutores 404 para permitir que o monitor 406 meça a voltagem que está sendo emitida pelo TEG 401. Uma sonda de corrente 408 pode permitir o monitor 406 medir a corrente que está sendo emitida pelo TEG 401. Ou-

tras medições são possíveis, e outros aspectos da energia podem ser medidos ou derivados. Por exemplo, o monitor 406 pode multiplicar a voltagem e a corrente de saída para medir a quantidade de potência que está sendo provida pelo TEG 401.

5 O monitor 406 provê pelo menos um sinal 409 que caracteriza a energia que está sendo gerada pelo TEG 401. Apesar do sinal ser representado na figura 4 como uma linha, deve ser compreendido que o sinal pode ser um sinal analógico, um sinal digital, um valor numérico carregado ou em forma analógica ou digital, ou outro tipo de sinal.

10 O sinal 409 é suprido para um controlador 410. O controlador 410 é de preferência um dispositivo baseado em microprocessador que inclui um processador, uma memória, e uma capacidade de entrada / saída, mas pode ser outro tipo de controlador também. O controlador 410 está suprido com uma descrição dos requisitos de energia da carga 405. Por exemplo,
15 uma indicação dos requisitos pode estar armazenada em uma memória compreendida no controlador 410. O controlador 410 de preferência inclui instruções de programa armazenadas na memória ou em outro tipo de meio legível por máquina. As instruções de programa, quando executadas pelo processador, permitem que o controlador execute as suas funções. O controlador 410 está configurado para receber o sinal 409 e configurar pelo me-
20 nos um componente configurável com base no sinal 409 de acordo com os requisitos da carga 405. Por exemplo, o controlador 410 pode reconhecer se a voltagem que está sendo produzida pelo TEG 401 está acima ou abaixo do ótimo para a carga 405, e pode tomar uma ação para ajustar a voltagem
25 configurando outro componente no sistema.

Um exemplo de um componente configurável é a válvula 411 mostrada na figura 4. Neste exemplo, a válvula 411 está colocada em uma linha de fluxo 412 que carrega o fluido aquecido 402 para o lado "quente" do TEG 401. A válvula 411 é controlável pelo controlador 410.

30 Em outro exemplo de cenário, o controlador 410 pode reconhecer que a voltagem que está sendo suprida pelo TEG 401 está acima ou quase acima da voltagem máxima que a carga 405 pode aceitar, e pode ins-

truir a válvula para fechar, por meio disto reduzindo o fluxo de fluido aquecido para o TEG 401. Muitos outros cenários de controle são possíveis. Por exemplo, o controlador 410 pode reconhecer que a voltagem que está sendo produzida pelo TEG 401 está abaixo ou quase abaixo da voltagem mínima
5 requerida pela carga 405, e pode fazer com que a válvula 411 abra, por meio disto aumentando o fluxo de fluido aquecido para o TEG 401. Similarmente, uma válvula poderia ser inserida na linha de fluxo 413 que carrega o fluido relativamente frio para o lado "frio" do TEG 401, e o controlador 410 pode regular o fluxo do fluido relativamente frio de acordo com o sinal 409 e os
10 requisitos da carga 405. Em outro cenário, o controlador 410 pode reconhecer que a carga 405 está desligada e não consumindo nenhuma corrente, e o controlador 410 pode então controlar a válvula 411 para fechar completamente o fluxo de fluido aquecido de modo a não esgotar um reservatório de fluido aquecido.

15 Em algumas modalidades, o controlador 410 produz um segundo sinal de saída 414 que indica um estado da energia sendo gerada pelo TEG 401. Apesar do segundo sinal 414 ser mostrado na figura 4 como sendo direcionado para a carga 405, o segundo sinal 414 pode ser direcionado para qualquer outra localização adequada. O segundo sinal 414 pode indicar, por exemplo, a quantidade de energia sendo gerada pelo TEG 401, ou
20 pode ser uma indicação de que o sistema não é mais capaz de produzir energia de acordo com os requisitos da carga 405. O segundo sinal 414 pode ser um sinal analógico, um sinal digital, um sinal sem fio, pode ser transmitido por um fio ou cabo, pode ser apresentado em um display, ou pode ser
25 comunicado em qualquer outro modo adequado.

Em outro cenário, o controlador 410 pode regular a temperatura ou do fluido aquecido 402, ou do fluido relativamente frio 403, ou ambas. A figura 5 ilustra um sistema 500, uma modalidade na qual o controlador 410 regula a temperatura do fluido aquecido 402 utilizando uma válvula de mistura
30 ra 501 que mistura variavelmente o fluido frio no fluido aquecido 402 para controlar a temperatura do fluido aquecido 402. Por exemplo, se o controlador 410 reconhecer que a voltagem que está sendo emitida pelo TEG 401

excede ou quase excede o requisito de voltagem da carga 405, o controlador 410 pode ajustar a válvula 501 para fazer com que a temperatura do fluido aquecido 402 seja reduzida, de modo a reduzir o diferencial de temperatura experimentado pelo TEG 401, por meio disto reduzindo a voltagem produzida pelo TEG 401. Similarmente se o controlador 410 reconhecer que a voltagem sendo produzida pelo TEG 401 está abaixo ou quase abaixo do mínimo requerido pela carga 405, o controlador 410 pode reduzir a quantidade de fluido frio misturado com o fluido aquecido 402 pela válvula 501 ou pode parar toda a mistura de modo a aumentar o diferencial de temperatura experimentado pelo TEG 401, por meio disto aumentando a voltagem produzida pelo TEG 401. Alguém versado na técnica reconhecerá que um fluido morno poderia também ser misturado no fluido relativamente frio 403, e ajustado para ajustar a voltagem produzida pelo TEG 401.

Muitos outros tipos de componentes configuráveis são possíveis. Por exemplo, se o ar for utilizado para prover um diferencial de temperatura para o TEG 401, um componente configurável pode incluir um ventilador que esfria o lado "frio" do TEG 401, e o ventilador pode ser ligado ou desligado, ou ajustado em velocidade pelo controlador 410. Um componente configurável pode ajustar o meio no lado "quente" do TEG 401, ou no lado "frio" do TEG 401, ou ambos.

A figura 6 ilustra um sistema 600 que inclui outro tipo de componente configurável. No sistema da figura 6, o fluido aquecido 402 é suprido de um coletor solar de concentração 601, o qual é girado pelo motor 602. Por exemplo, o coletor solar 601 pode ter uma forma parabólica que focaliza a radiação solar que entra sobre o tubo 603 quando o coletor 601 está apropriadamente mirado para o sol 604. O fluido do tubo 603 pode ser circulado para o TEG 401, provendo o lado "quente" do diferencial de temperatura explorado pelo TEG 401 para gerar energia elétrica. Nesta modalidade, o componente configurável ajustado pelo controlador 410 pode ser o ângulo rotacional do coletor 601, como controlado pelo motor 602. Por exemplo, se o controlador 410 reconhecer que a voltagem sendo produzida pelo TEG 401 está acima ou quase acima da voltagem máxima aceitável para a carga 405,

o controlador 410 pode enviar um sinal para o motor 602 desfocalizar ou ajustar a mira do coletor 601 de modo que o coletor 601 não mais aponte diretamente para o sol 604. Neste caso, menos calor será suprido para o fluido aquecido 402, reduzindo o diferencial de temperatura experimentado pelo TEG 401, reduzindo a voltagem produzida pelo TEG 401. Ao contrário, quando o controlador 410 reconhece que a voltagem produzida pelo TEG 401 está abaixo ou quase abaixo do mínimo requerido pela carga 405, e que o controlador 410 não está mirado para o sol 604, o controlador 410 pode controlar o motor 602 para mais uma vez mirar o coletor 610 para o sol, aumentando a quantidade de calor suprido para o fluido 402, aumentando o diferencial de temperatura experimentado pelo TEG 401, e aumentando a voltagem produzida pelo TEG 401. A posição do sol 604 pode ser rastreada por sensores não mostrados na figura 6 para simplicidade de ilustração. Alguém versado na técnica reconhecerá que o motor 602 pode ser qualquer tipo de motor adequado, incluindo um motor de passo, um servomotor CC, e um servomotor CA, ou outro tipo de motor. A eletrônica de controle para acionar o motor 602 está omitida da figura 6 para clareza.

A figura 6 também mostra uma modalidade específica para prover o fluido relativamente frio 603 para o TEG 401. Na figura 6, um tubo 613 conecta com um loop subterrâneo 605. Como é bem-conhecido, a temperatura do solo em níveis suficientemente profundos permanece relativamente constante através de todo o ano. Em algumas partes dos Estados Unidos, por exemplo, a temperatura subterrânea pode ser de aproximadamente 12 a 14°C (54 a 57°F). A água pode ser circulada por uma bomba (não mostrada) através do loop 605 após absorver o calor do lado "frio" do TEG 401, por meio disto resfriando a água transferindo o seu calor absorvido para o solo. Deste modo, o lado "frio" do TEG pode ser mantido a uma temperatura suficientemente fria com pouco custo. Apesar do loop 605 ser mostrado como uma única seção reta na figura 6, muitas outras configurações são possíveis. Por exemplo, o loop 605 pode estar em uma orientação substancialmente vertical em um poço relativamente profundo, ou o loop 605 pode incluir uma série de espiras colocadas dentro de uma vala.

Alguém versado na técnica reconhecerá que outros tipos de ajustes podem ser feitos em um sistema que utiliza a energia solar para aquecer o fluido aquecido provido para o TEG 401. Por exemplo, ao invés de um coletor de concentração, um coletor solar de painel plano poderia ser utilizado, e o controlador 410 pode controlar uma persiana que pode ser mo-
5 vida para bloquear a radiação solar de atingir o coletor de painel plano, ou para permitir que a radiação solar atinja o coletor.

A figura 7 ilustra outra modalidade que utiliza a energia solar para aquecer um fluido suprido para o TEG 401. Esta modalidade é similar à
10 modalidade mostrada na figura 6, mas inclui um tanque de armazenamento 701, por exemplo, para conter água. O fluido que circula através do coletor 601 aquece a água ou outro fluido dentro do tanque 701, a qual é então circulada para o TEG 401 para prover o lado "quente" do diferencial de temperatura para o TEG 401. Os fluidos utilizados pelo coletor 601 e o TEG 401
15 podem ser mas não precisam ser os mesmos. Por exemplo, um óleo tolerante à alta temperatura pode ser circulado através do coletor 601, transmitindo o seu calor para a água dentro do tanque 701 utilizando um trocador de calor. Similarmente, o tanque 701 pode utilizar outro fluido além da água. Muitas combinações são possíveis.

A modalidade da figura 7 tem a vantagem valiosa para armazenar o calor que pode ser utilizado para uma geração posterior de energia elétrica pelo TEG 401. Por exemplo, a água dentro do tanque 701 pode ser aquecida durante o dia, e a água aquecida pode ser circulada para o TEG para gerar a energia elétrica à noite. De preferência, o tanque 701 é isolado,
25 de modo que este reterá o calor por períodos prolongados.

Apesar das modalidades de controle acima descritas terem incluído componentes configuráveis que ajustam o diferencial de temperatura ou a quantidade de energia térmica disponível para um TEG, outros tipos de componentes configuráveis podem ser utilizados. No lugar ou além dos ajustes feitos ao diferencial de temperatura ou à energia térmica suprida para o
30 TEG, a saída do TEG pode também ser configurada utilizando técnicas e componentes elétricos. O controle sobre o lado elétrico do sistema pode ser

especialmente vantajoso em conjunto com um sistema que inclui um armazenamento de líquido quente, tal como o sistema 700.

A figura 8 ilustra outra modalidade 800, na qual a saída de um TEG 801 é ajustada eletricamente. Apesar do TEG 401 mostrado na figura 4 ter sido representado como um bloco monolítico, o TEG 801 mostra uma estrutura interna adicional. O TEG 801 é composto de múltiplos bancos 802. Cada banco 802 inclui pelo menos um módulo termoelétrico, e gera pelo menos uma porção da energia gerada pelo TEG 801. Apesar dos bancos 802 serem mostrados como empilhados juntos na figura 8, este não é um requisito. De preferência, cada banco 802, e até cada módulo dentro de cada banco 802, está exposto ao diferencial de temperatura total experimentado pelo TEG 801. Uma tubulação interna ou outro roteamento de fluidos está omitida da figura 8 para clareza.

Os condutores 803 dos módulos 802 são individualmente roteados para uma chave-matriz 804, a qual será abaixo descrita em mais detalhes. Apesar da chave-matriz 804 ser mostrada na figura 8 como separada do TEG 801, os dois componentes podem ser integrados em uma única unidade. A chave-matriz 804 é controlável pelo controlador 410, e pode reconfigurar dinamicamente as interconexões dos módulos 802 para ajustar o caráter da energia sendo fornecida pelo TEG 801. Deve ser compreendido que o sinal de controle 805 mostrado passando do controlador 401 para a chave-matriz 804 pode de fato compreender diversos sinais separados, incluindo as linhas de endereçamento e as linhas de comando. Alternativamente, o sinal de controle 805 pode ser uma mensagem transmitida para a chave-matriz 804, a qual pode ter a sua própria inteligência interna para interpretar o sinal de controle e executar as operações necessárias.

Por exemplo, cada banco 802 pode nominalmente produzir energia a 24 volts quando sujeito a um diferencial de temperatura de 50°C, e a carga 405 pode requerer que a energia seja suprida a uma voltagem entre 30 e 50 volts. Quando o diferencial de temperatura está em ou ligeiramente abaixo de 50 graus, uma interconexão eficiente dos bancos seria colocar pares de bancos em série, e então colocar os conjuntos em série em parale-

lo, de modo que a voltagem emitida da chave-matriz 804 seja aproximadamente duas vezes a voltagem produzida por um banco individual, ou nominalmente 48 volts. Esta disposição está mostrada esquematicamente na figura 9. Alternativamente, pares de bancos poderiam ser colocados em paralelo, e os conjuntos colocados em série, também resultando em 48 volts nominais.

Se o diferencial de temperatura declinar, por exemplo, se o sistema operar nesta configuração por um período prolongado quando o tanque 701 não está sendo reaquecido, a voltagem produzida por cada banco declinará dos 24 volts nominais, e a voltagem suprida para a carga 405 declinará. Quando a voltagem produzida por cada banco atinge 16 volts, a voltagem suprida para a carga será somente de 32 volts (duas vezes 16). Se a voltagem produzida por cada banco cair abaixo de 15 volts, a voltagem para a carga cairá abaixo de 30 volts - abaixo do requisito mínimo para a carga 405.

Neste ponto, seria vantajoso reconfigurar as interconexões dos bancos, por exemplo, para colocar os bancos em paralelo, e colocar aquele par em série com os dois outros bancos, de modo que a voltagem de saída resultante seja nominalmente três vezes aquela produzida por cada módulo individual. Esta configuração está mostrada esquematicamente na figura 10. Esta configuração trás a voltagem de saída de volta dentro de uma faixa utilizável. A quantidade total de energia pode declinar como uma consequência inevitável do declínio em diferencial de temperatura.

Se o diferencial de temperatura cair adicionalmente, por exemplo, para o ponto em que cada banco produz menos de 10 volts, então mesmo três vezes a voltagem de um banco individual estará fora da faixa requerida pela carga 405. Neste ponto, seria vantajoso colocar todos os quatro bancos em série, de modo que a voltagem de saída seja quatro vezes a voltagem de um banco individual, ou mais precisamente, a soma das voltagens produzidas pelos quatro bancos individuais. Para facilidade de explicação, é assumido na maior parte desta discussão que os bancos operam identicamente uns aos outros. Esta suposição é suficientemente precisa para explicar a operação nominal do sistema, mas na prática, podem existir varia-

ções em desempenho entre os bancos, de modo que a voltagem de saída do sistema pode não ser um múltiplo inteiro exato da voltagem de qualquer um banco. Deve ser compreendido que as reivindicações abrangem tal operação do mundo real. A disposição de todos os quatro bancos em série está mostrada esquematicamente na figura 11.

Pela configuração apropriada da interconexão dos bancos, é possível conseguir uma voltagem de saída que seja nominalmente qualquer inteiro múltiplo da voltagem produzida por um banco individual, até o número de bancos. Com quatro bancos como mostrado na figura 8, a voltagem suprida para a carga 405 pode ser 1, 2, 3, ou 4 vezes a voltagem produzida por um banco individual. Se 12 bancos forem utilizados, então a voltagem suprida para a carga poderia ser nominalmente 1, 2, 3, ..., 11, ou 12 vezes a voltagem produzida por um banco individual. A utilização de um maior número de bancos permite um controle mais fino da voltagem de saída total, e permite o controle dentro de uma faixa mais estreita.

A reconfiguração das interconexões de banco pode ser executada utilizando a chave-matriz 804, sob o controle do controlador 410. A figura 12 mostra um diagrama esquemático mais detalhado da chave-matriz 804. Em sua forma geral, a chave-matriz 804 compreende dois conjuntos de condutores que podem formar um padrão de grade. Para facilidade de referência, estes serão referidos como condutores horizontais 1201 e condutores verticais 1202, no entanto estes termos referem somente às representações nas figuras, e não limitam a invenção a condutores em orientações estritamente horizontais e verticais. Os condutores não precisam formar um padrão de grade uniforme. Este tipo de chave é também algumas vezes referido como uma "chave de barras cruzadas". A chave-matriz 804 também compreende chaves endereçáveis 1203 (somente umas poucas das quais estão rotuladas) que podem fazer ou interromper as conexões entre os pares cruzados de condutores 1201, 1202. Se cada interseção na chave-matriz for provida com uma chave endereçável, então qualquer condutor horizontal 1201 pode ser conectado a qualquer ou todos os condutores verticais 1202, e vice-versa. As chaves endereçáveis podem ser qualquer tipo de chave ou

relé adequado, incluindo os relés eletromecânicos, os dispositivos de estado sólido, ou outros tipos de chaves. As chaves endereçáveis não precisam ser todas iguais.

As chaves endereçáveis 1203 são operadas utilizando as linhas de endereço 1204 e as linhas de controle 1206 do controlador 410. Os detalhes da lógica de decodificação 1205 e as interconexões de componentes não estão mostrados na figura 12, como alguém versado na técnica reconhecerá que muitas disposições diferentes são adequáveis, desde que o controlador 410 possa fechar ou abrir as chaves endereçáveis 1203 para reconfigurar as conexões na chave-matriz 804. As chaves endereçáveis 1203 podem ser individualmente endereçáveis, de modo que o controlador 410 possa mudar o estado de qualquer uma chave sem afetar as outras, ou as chaves endereçáveis 1203 podem ser endereçáveis em grupos, tal como em pares ou outras combinações. Em algumas modalidades, nem todas as interseções entre os condutores horizontais e verticais podem ter chaves endereçáveis associadas. Neste exemplo, a chave-matriz 804 tem dois condutores verticais 1202 para cada banco, e cinco condutores horizontais 1201, os quais são suficientes para fazer as conexões necessárias para os quatro bancos 802. Seis linhas de endereço 1204 permitem uma seleção individual de qualquer uma das 40 chaves 1203. As linhas de controle 1206 proveem uma indicação sobre se a chave selecionada deve ser aberta ou fechada, e um sinal estroboscópico ou de disparo pode fazer com que a operação selecionada ocorra. O controlador 410 pode ser configurado para executar as configurações de chave em uma ordem compatível com as características dos bancos 802, e os requisitos de carga. Por exemplo, o controlador 410 pode evitar colocar em curto os terminais de qualquer banco 802, e pode executar as operações de chaveamento em uma ordem de "fazer antes de interromper" ou "interromper antes de fazer", para evitar interrupções no suprimento de energia para a carga 405, para proteger os bancos 802 de danos, ou por outras razões. Os bancos 802 podem ser caracterizados antes da montagem do sistema, e o controlador 410 pode ser configurado para selecionar os bancos de preferência com características similares para as

conexões paralelas.

A figura 13 mostra a chave matriz 804 configurada para colocar os bancos 802 na disposição mostrada esquematicamente na figura 9. (A lógica de decodificação da chave 804 está omitida para clareza). Isto é, os
5 bancos 1301 e 1302 estão conectados em série para formar um conjunto 1305, os bancos 1303 e 1304 estão conectados em série para formar um segundo conjunto 1306, e os conjuntos 1305 e 1306 estão conectados em paralelo de modo que a voltagem de saída através dos terminais 1307 é duas vezes a voltagem produzida por um único banco.

10 A figura 14 mostra a chave-matriz 804 configurada para colocar os bancos 802 na disposição mostrada esquematicamente na figura 10. Isto é, os bancos 1301 e 1302 estão conectados em paralelo para formar um conjunto 1401, o qual é então conectado em série com os bancos 1303 e 1304 de modo que a voltagem de saída através dos terminais 1307 é nominalmente três vezes a voltagem produzida por um único banco. Em outra
15 configuração possível, quaisquer três dos bancos poderiam ser conectados em série, e o quarto banco deixado desconectado, de modo que a voltagem de saída através dos terminais 1307 é nominalmente três vezes a voltagem produzida por um único banco.

20 A figura 15 mostra a chave-matriz 804 configurada para colocar os bancos 1301, 1302, 1303, e 1304 todos em série, de modo que a voltagem de saída através dos terminais 1307 é nominalmente a soma das voltagens produzidas pelos quatro bancos, ou quatro vezes a voltagem produzida por um banco individual.

25 Deste modo, as interconexões dos bancos podem ser dinamicamente reconfiguradas para ajustar a voltagem de saída de TEG 801 para atender um requisito da carga 405. De preferência, a reconfiguração é executada em uma sequência que evita possíveis danos aos bancos 802. Por exemplo, certas conexões pode ser interrompidas antes que outras sejam
30 feitas, de modo a evitar conectar ambos os terminais de um único banco juntos a qualquer momento. Alguém versado na técnica reconhecerá que chaves de matriz muito maiores podem ser construídas, que podem reconfigurar

números de bancos muito maiores do que os quatro mostrados nestes exemplos. Deste modo, variações muito grandes na capacidade de geração de bancos individuais podem ser acomodadas, enquanto produzindo uma energia de saída de acordo com os requisitos de uma carga.

5 Apesar da chave-matriz 804 ser apresentada para facilidade de explicação e conceitualização como sendo disposta em uma matriz retangular, que tem uma chave 1203 para cada interseção entre qualquer condutor horizontal 1201 e condutor vertical 1202 (um total de 40 chaves 1203), e estes não são requisitos. Nos exemplos de configurações mostrados nas figuras 13 a 15, somente 12 das chaves 1203 sempre mudam de estado. Das outras 28 chaves apresentadas, 25 não são nunca fechadas e poderiam ser omitidas, e três permanecem fechadas e poderiam ser substituídas por conexões elétricas permanentes. Alguém versado na técnica reconhecerá que é desejável construir um sistema com menos componentes possíveis de modo a minimizar o custo do sistema. Deve também ser compreendido que a chave-matriz 804 não precisa ser implementada como um único dispositivo integrado e não precisa fisicamente assemelhar uma matriz, mas pode compreender componentes lógicos e de chave que estão localizados juntos ou separadamente em quaisquer localização adequadas no sistema.

20 A capacidade de reconfigurar as interconexões entre os módulos pode ser especialmente útil em um sistema com armazenamento térmico, tal como o sistema 700 mostrado na figura 7. Durante os períodos prolongados sem sol, a temperatura do fluido dentro do tanque 701 pode declinar até que o diferencial de temperatura experimentado pelo TEG seja somente de poucos graus. Pela reconfiguração da interconexão dos módulos no TEG, a energia utilizável (em uma quantidade declinante) pode ser extraída sobre uma faixa muito larga de temperaturas dentro do tanque 701, e praticamente toda a energia térmica armazenada pode ser utilizada. Isto está em contraste com a energia elétrica armazenada em baterias. Apesar de uma bateria poder armazenar uma energia considerável, alguns tipos de baterias não podem ser totalmente descarregadas sem comprometer as vidas das baterias, e portanto nem toda a sua energia armazenada pode ser utilizada confi-

avelmente.

Em outras modalidades, um ou mais dos bancos 802 podem ser compostos de múltiplos módulos termoeletrônicos (TEMs). Por exemplo, cada um dos bancos 802 pode compreender 12 TEMs, cada um nominalmente produzindo 2 volts. Quando todos os 12 TEMs estão conectados em série, um banco então produz 24 volts nominais. Cada banco pode ainda compreender uma chave-matriz de nível de módulo que permite a reconfiguração das interconexões dos módulos dentro de um banco. Neste caso, a chave-matriz 804 pode ser referida como uma chave-matriz de "nível de banco", já que esta reconfigura as interconexões dos bancos uns com os outros. Neste exemplo, com 12 módulos em um banco, um banco pode ser configurado para produzir qualquer múltiplo da voltagem produzida por um módulo, até 12 vezes a voltagem de módulo.

A figura 16 ilustra um sistema 1600 em que cada um de dois bancos 802 inclui 12 TEMs 300. Cada banco inclui uma chave-matriz de nível de módulo 1601, a qual, sob o controle do controlador 410, reconfigura as interconexões dos TEMs 300 dentro de seu respectivo banco. A chave-matriz de nível de banco 804 pode reconfigurar as interconexões dos bancos 802. A matriz de nível de módulo 1601 pode ser construída similarmente à matriz de nível de banco 804, como está ilustrado na figura 12. Como antes, o monitor 406 pode medir uma ou mais características da energia sendo gerada pelo sistema, e pode prover um sinal 409 para o controlador 410 que caracteriza a energia sendo gerada. Com base nas características de energia e nos requisitos da carga 405, o controlador 410 pode reconfigurar as interconexões dos TEMs 300 dentro de cada ou ambos os bancos 802, ou pode reconfigurar as interconexões de bancos 802, ou pode reconfigurar as conexões dos módulos 300 e dos bancos 802, em qualquer combinação. Em uma modalidade alternativa, o sistema pode monitorar o caráter da energia sendo gerada por cada banco individualmente, além ou invés de monitorar a energia sendo fornecida para a carga 405, e o controlador 410 pode incorporar estas medições diferentes ou adicionais na sua decisão de reconfigurar as conexões de TEMs 300, bancos 802, ou ambos.

A figura 17 ilustra um fluxograma 1700 de um método de acordo com uma modalidade da invenção. Na etapa 1701, um sinal é recebido caracterizando a energia gerada por um gerador termoeletrico. Na etapa 1702, uma indicação é recebida dos requisitos de uma carga. Na etapa 1703, pelo menos um componente configurável é configurado, o componente configurável afetando pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoeletrico.

MODALIDADES DE GERADOR TERMOELÉTRICO

Um módulo termoeletrico disponível comercialmente típico de aproximadamente 34 x 31 milímetros pode produzir aproximadamente 1,5 watt de potência a aproximadamente 2,8 volts quando sujeito a um diferencial de temperatura de aproximadamente 100°C. Apesar desta quantidade de potência ser suficiente para certas cargas pequenas, esta é pequena em comparação com os requisitos de potência de uma residência típica. Para uma geração de energia prática, pode ser necessário combinar as saídas de um número de módulos termoeletricos. De preferência, os módulos podem compartilhar as mesmas fontes quentes e frias, e estão eletricamente interconectados de modo que a sua saída de energia combinada seja disponível para utilização.

De preferência, os módulos termoeletricos utilizados em modalidades da invenção são otimizados para a geração de energia, como acima descrito.

Para uma saída de energia máxima, é vantajoso suprir calor para o lado quente de cada módulo termoeletrico tão eficientemente quanto possível, e remover o calor do lado frio tão eficientemente quanto possível. A figura 18 mostra um exemplo de disposição para um único módulo termoeletrico 1800. Na figura 18, o módulo termoeletrico 1800 está sanduichado entre uma fonte de calor 1801 e um dissipador de calor 1802. Por exemplo, a fonte de calor 1801 pode ser um bloco termicamente condutivo através do qual um fluido relativamente quente 1803 é circulado, e o dissipador de calor 1802 pode ser um bloco condutivo através do qual um fluido relativamente frio 1804 é circulado. A fonte de calor 201 e o dissipador de calor 202 podem

ser blocos de alumínio através dos quais uma água relativamente quente e fria pode ser circulada, respectivamente. Alguém versado na técnica reconhecerá que os termos "quente", "frio", "aquecido", e "resfriado" são utilizados em um sentido relativo. O fluido quente 1803 pode não parecer quente para os sentidos humanos normais, e o fluido frio 1804 pode não parecer frio. "Quente" e "frio" significam que o fluido quente está a uma temperatura mais alta do que o fluido frio, e não que uma pessoa necessariamente perceberia os fluidos como "quente" ou "frio". Similarmente, uma fonte de calor e um dissipador de calor podem ser providos por uma estrutura outra que um simples bloco. Para os propósitos desta descrição, um elemento que supre calor para ou remove calor de um módulo termoeletrico será referido como um "elemento térmico".

O conjunto mostrado na figura 18 pode também ser sujeito a uma força compressiva F , por exemplo, suprida por uma disposição de retenção não mostrada. Uma força compressiva ajuda a assegurar que a fonte de calor 1801 e o dissipador de calor 1802 façam um bom contato térmico com o módulo termoeletrico 1800, minimizando a resistência térmica nas interfaces.

Se as saídas de mais do que um módulo termoeletrico devem ser combinadas, é preferível que a complexidade de conexões de fluido e elétricas seja minimizada, e que cada módulo termoeletrico faça um bom contato térmico com uma fonte de calor e um dissipador de calor. A obtenção de um bom contato térmico para todos os módulos termoeletricos pode ser complicada pela variabilidade de dimensões inerentes em qualquer processo de fabricação. Por exemplo, nem todos os módulos termoeletricos podem ser da mesma altura. A figura 19 mostra uma consequência possível de colocar dois módulos termoeletricos 1901, 1902 de diferentes alturas entre um único elemento térmico quente 1903 e um único elemento térmico frio 1904. (A diferença em altura entre os módulos termoeletricos 1901 e 1902 está um tanto exagerada na figura 19. Como é facilmente visto, pode não ser possível conseguir um contato plano com todas as superfícies dos módulos termoeletricos 1901 e 1902, e a transferência de calor entre os módulos ter-

moelétricos 1901 e 1902 e os elementos térmicos 1903 e 1904 pode ser comprometida. Folgas tais como a folga 1905 podem ser formadas, finalmente resultando em um fraco desempenho de geração de energia do sistema. O aumento da força compressiva F pode aperfeiçoar o contato entre os componentes de sistema para curvar ou conformar os componentes, mas forças excessivas podem resultar em danos aos vários componentes.

Uma proposta para este problema está descrita no Pedido de Patente Copendente U.S. Número 10/823.353, depositado em 13 de Abril de 2004 e intitulado "Sistema de Montagem Termoelétrica Múltipla de Mesmo Plano", a descrição de cujo pedido está por meio disto aqui incorporada em sua totalidade para todos os propósitos. Este pedido descreve uma disposição na qual pelo menos alguns dos elementos térmicos são configuráveis para acomodar as variações de tolerância nos componentes de sistema, permitindo o acoplamento eficiente de múltiplos módulos termoelétricos.

A figura 20 ilustra um gerador termoelétrico 2000 de acordo com uma modalidade. Para os propósitos desta descrição, um "gerador termoelétrico" é uma disposição de um ou mais módulos termoelétricos e outros componentes que gera energia elétrica utilizando o efeito termoelétrico. Cada módulo termoelétrico pode ser composto de uma pluralidade de elementos termoelétricos, dispostos em pares termoelétricos.

O gerador termoelétrico 2000 exemplar inclui uma pluralidade de módulos termoelétricos 2001. Cada módulo termoelétrico 2001 gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura entre os seus dois lados. O gerador termoelétrico 2000 também inclui uma pluralidade de primeiros elementos térmicos 2002 para os quais o calor é suprido por um primeiro fluido 2003, e uma pluralidade de segundos elementos térmicos 2004, dos quais o calor é removido por um segundo fluido 2005. O primeiro e o segundo elementos térmicos 2002 e 2004 estão dispostos em uma pilha de primeiros e segundos elementos térmicos alternados, com um módulo termoelétrico 2001 sanduichado entre cada par adjacente de um primeiro elemento térmico 2002 e um segundo elemento térmico 2004. Apesar de somente quatro módulos termoelétricos 2001 serem mostrados na figura, com

três primeiros elementos térmicos 2002 e dois segundos elementos térmicos 2004, alguém versado na técnica reconhecerá que mais ou menos módulos termoeletrônicos podem ser utilizados.

Além dos primeiros elementos térmicos sobre as extremidades da pilha, cada primeiro elemento térmico 2002 está então em contato com dois dos módulos termoeletrônicos 2001, um em cada uma de duas faces opostas do respectivo primeiro elemento térmico 2002. Similarmente, cada segundo elemento térmico 2004 está em contato com dois dos módulos termoeletrônicos 2001, um em cada uma de duas faces opostas do respectivo segundo elemento térmico 2004. No entanto, nenhuma face de nenhum elemento térmico está em contato com mais do que um módulo termoeletrônico 2001. Deste modo, uma utilização eficiente dos elementos térmicos 2002, 2004 é feita, mas variâncias de fabricação nos componentes são toleradas. As variações de altura nos módulos termoeletrônicos 2001 não comprometem o desempenho do sistema, porque cada face dos elementos térmicos 2002, 2004 precisam somente conformar planamente a um lado do módulo termoeletrônico 2001. Os módulos termoeletrônicos 2001 e os elementos térmicos 2002, 2004 estão livres para conformar em vários graus de liberdade translacionais e rotacionais durante a montagem para executar a conformação.

Os elementos térmicos 2002, 2004 podem ser feitos de um material termicamente condutivo, tal como um metal. O alumínio é um material preferido, devido à sua alta condutividade térmica e resistência à corrosão. Exemplos de elementos térmicos serão abaixo descritos em maiores detalhes.

O primeiro fluido 2003 é distribuído para os primeiros elementos térmicos 2002 por um primeiro coletor de entrada de fluido 2006. O primeiro fluido 2003 pode ser, por exemplo, a água que foi aquecida para o propósito de gerar energia elétrica do gerador termoeletrônico 2000, água quente de refúgio de um processo industrial, ou de alguma outra fonte. O primeiro fluido 2003 pode ser outro tipo de fluido, por exemplo, um óleo natural ou sintético, ou qualquer outro tipo de fluido adequado. Para os propósitos desta descrição, o termo "fluido", pretende ser interpretado amplamente, e abrange líqui-

dos tais como a água, o óleo, ou outros líquidos, e abrange gases tais como o ar, o vapor, e outros gases. O primeiro fluido 2003 de preferência passa através de uma passagem dentro de cada um dos primeiros elementos térmicos 2002, exemplificada pela passagem 2007. Após passar através dos
5 primeiros elementos térmicos 2002, o primeiro fluido 2003 é coletado por um primeiro coletor de saída de fluido 2008 para ser carregado afastando do gerador termoeletrico 2000. O fluido 2003 pode ser retornado para um sistema de aquecimento, ou simplesmente descarregado do sistema.

Similarmente, o segundo fluido 2005 é distribuído para os se-
10 gundos elementos térmicos 2004 por um segundo coletor de entrada de fluido 2009. O segundo fluido 2005 está a uma temperatura diferente do que o primeiro fluido 2003, e pode ser do mesmo tipo que o primeiro fluido 2003, ou pode ser um tipo de fluido diferente. Por exemplo, tanto o primeiro quanto o segundo fluidos 2003 e 2005 podem ser a água, ou um pode ser a água e
15 o outro ser um tipo de óleo. Qualquer combinação adequada é possível. De preferência, o segundo fluido passa através de passagens nos segundos elementos térmicos 2004, exemplificada pela passagem 2010. Após passar através dos segundos elementos térmicos 2004, o segundo fluido 2005 é coletado por um segundo coletor de saída de fluido 2011, para ser carregado
20 embora. O segundo fluido 2005 pode ser reciclado, ou descarregado do sistema.

O resultado líquido é que cada um dos módulos termoeletricos 2001 é exposto a um diferencial de temperatura, em virtude de estar entre um dos primeiros elementos térmicos 2002 e um dos segundos elementos
25 térmicos 2004. A energia térmica que flui através de cada módulo termoeletrico 2001 é convertida em energia elétrica, e uma voltagem é desenvolvida através de cada conjunto de condutores elétricos 2012. Em algumas modalidades, os condutores 2012 podem ser conectados de modo que o gerador termoeletrico 400 produza uma única voltagem sobre um único conjunto de
30 condutores. Por exemplo, os módulos termoeletricos 2001 podem ser conectados em série, de modo que o gerador termoeletrico 2000 produza uma voltagem que seja a soma das voltagens produzidas pelos módulos termoeletri-

cos 2001 individuais.

Apesar de uma disposição de componentes específica ter sido acima descrita, alguém versado na técnica reconhecerá que variações são possíveis dentro do escopo das reivindicações. Por exemplo, o gerador termoelétrico 2000 foi descrito como tendo primeiros elementos térmicos "quentes" 2002 e segundo elementos térmicos "frios" 2004. Esta relação pode ser invertida, de modo que os elementos térmicos finais sejam "frios". Similarmente o gerador termoelétrico 2000 está mostrado tendo um primeiro fluido 2003 e um segundo fluido 2005 que fluem um contra o outro através dos elementos térmicos 2002, 2004. Isto é, como mostrado na figura 20, o primeiro fluido 2003 flui da direita para a esquerda através dos primeiros elementos térmicos 2002, e o segundo fluido 2005 flui da esquerda para a direita através dos segundos elementos térmicos 2004. Em algumas modalidades, os fluidos poderiam fluir na mesma direção, ou em fluxo paralelo. Muitas outras variações são possíveis. Por exemplo, as passagens 2007, 2010 no primeiro e no segundo elementos térmicos 2002, 2004 podem ser orientadas perpendiculares uma à outra, ou em alguma outra orientação. Uma disposição preferida está abaixo descrita em mais detalhes.

A figura 21 mostra uma vista esquemática de um gerador termoelétrico 2100 de acordo com outra modalidade. Apesar da orientação empilhada dos módulos termoelétricos 2001 e dos elementos térmicos 2002, 2004, permitir um bom contato térmico apesar de variações nas dimensões dos vários componentes, estas variações podem também afetar outros aspectos do conjunto. Por exemplo, como mostrado na figura 21, os espaçamentos das passagens através dos elementos térmicos 2002, 2004, podem variar. Duas destas distâncias estão rotuladas D_1 e D_2 na figura 21. Se os módulos termoelétricos 2001 não forem todos da mesma altura, ou se existirem variações de fabricação nos elementos térmicos 2002, 2004, D_1 e D_2 podem diferir, e os orifícios formados nos coletores tal como o primeiro coletor de entrada de fluido 2006 podem ficar desalinhados com as passagens. Como o espaçamento não é preditível sem uma medição extensa e uma classificação dos componentes individuais, é preferível acomodar estas vari-

ações também. Na figura 21, os elementos térmicos 2002, 2004 estão conectados nos coletores 2006, 2008, 2009, 2011, através de tubos flexíveis 2101. (Nem todos os tubos flexíveis estão rotulados na figura 21). Os tubos flexíveis 2101 podem ser feitos, por exemplo, de uma tubulação de borracha ou de plástico que é facilmente conformável para acomodar pequenos deslocamentos entre as passagens nos elementos térmicos 2002, 2004 e as aberturas nos coletores 2006, 2008, 2009, 2011.

A figura 22 mostra uma vista oblíqua do gerador termoeletrico da figura 21. Os módulos termoeletricos 2001 não são visíveis na figura 22, além de que os seus condutores elétricos 2012 estão mostrados projetando dentre pares adjacentes de primeiros elementos térmicos 2002 e segundos elementos térmicos 2004. O primeiro fluido 2003 entra no primeiro coletor de entrada de fluido 2006, flui através de alguns dos tubos flexíveis 2101, através dos primeiros elementos térmicos 2002, através de mais dos tubos flexíveis 2101 para dentro do primeiro coletor de saída de fluido 2008, e para fora do sistema. Similarmente, o segundo fluido 2005 entra no segundo coletor de entrada de fluido 2009, flui através de alguns dos tubos flexíveis 2101, através dos segundos elementos térmicos 2004, através de mais dos tubos flexíveis 2101 para dentro do segundo coletor de saída de fluido 2011, e para fora do sistema. Para clareza de ilustração, os tubos flexíveis 2101 estão mostrados na figura 22 como tendo um comprimento apreciável, com os vários coletores sendo mantidos a uma distância afastados dos elementos térmicos. Na prática, é preferível fazer os tubos flexíveis curtos, de modo a reduzir a área de superfície da qual a energia térmica utilizável pode ser perdida. Em uma modalidade exemplar, os coletores 2006, 2008, 2009, 2011 são feitos de uma tubulação quadrada de 25,4 mm (uma polegada), e somente aproximadamente 6,35 mm (1/4 polegada) de cada um dos tubos flexíveis 2101 está exposto entre o seu respectivo coletor e elemento térmico.

Em uma disposição, os fluidos passam através de seus respectivos elementos térmicos geralmente diagonalmente. Como está mostrado na figura 22, a passagem 2007 atravessa o primeiro elemento térmico superior 2002 geralmente de um canto para o canto oposto. Esta disposição assegu-

ra que o primeiro fluido 2003 transmita o calor para os primeiros elementos térmicos 2002 próximo do centro dos módulos termoeletricos, e também provê uma superfície de contato relativamente grande entre o fluido 2003 e cada um dos elementos térmicos 2002. Os primeiros elementos térmicos 2002 restantes estão de preferência dispostos na mesma orientação. Os segundos elementos térmicos 2004 podem ser invertidos, de modo que as suas passagens internas (não mostradas na figura 22) também atravessam os segundos elementos térmicos 2004 geralmente diagonalmente, e cruzam as passagens dos primeiros elementos térmicos 2002. Os primeiros e os segundos elementos térmicos 2002, 2004 podem ser mecanicamente os mesmos, e o fluxo de fluido atravessado cruzado executado simplesmente invertendo os segundos elementos térmicos 2004 de cabeça para baixo com relação aos primeiros elementos térmicos 2002. Mais detalhes sobre os elementos térmicos serão abaixo fornecidos.

A figura 22 também ilustra um grampo que retém a pilha de módulos termoeletricos e os primeiros e segundos elementos térmicos em compressão. Na modalidade exemplar mostrada, uma placa superior 2201 e uma placa inferior 2202 estão presas juntas por hastes 2203, as quais são mantidas em tensão por parafusos 204. Muitas outras disposições de retenção são possíveis. Por exemplo, as hastes 2203 podem ser hastes rosca-das, e uma porca em cada extremidade pode puxar as placas 2201 e 2202 juntas. Em outra modalidade, uma ou mais molas podem ser presas entre as placas 2201, 2202. Muitos outros mecanismos são possíveis para manter os módulos em compressão.

A figura 23 mostra uma vista oblíqua de um dos primeiros elementos térmicos 2002, de acordo com uma modalidade. Um módulo termoeletrico 2001 (simplificado na figura 23) é mostrado como este pode ser posicionado com relação ao elemento 2002. Uma abertura 2301 é visível sobre uma face, levando a uma passagem 2007 através do elemento 2002. A passagem 2007 leva geralmente diagonalmente a uma abertura complementar sobre a face oposta do elemento 2002. Uma seção de tubo flexível 2101 está mostrada projetando da abertura no lado oposto do elemento 2002. A figu-

ra 24 mostra o primeiro elemento térmico 2002 em corte transversal, e mais claramente ilustra a estrutura interna do elemento 2002. A abertura 2301 pode ser um furo escalonado que inclui uma porção de entrada que é de um maior diâmetro do que a porção média da passagem, provendo um ressalto

5 2401 contra o qual um tubo tal como o tubo flexível 2101 pode topar quando o tubo é inserido na abertura 2301. O ressalto 2401 pode assim ajudar na montagem apropriada do gerador termoelétrico 2000. A passagem 2007 passa inteiramente através do elemento 2002, alcançando uma abertura escalonada similar 2402 no outro lado do elemento 2002. A passagem 2007

10 pode ser formada, por exemplo, furando ou usinando furos sobrepostos das aberturas 2301 e 2402.

O atravessamento geralmente diagonal do elemento 2002 pela passagem 2007 permite que peças mecânicas idênticas sejam utilizadas para os primeiros elementos térmicos 2002 e os segundos elementos térmicos

15 2004. Em outras palavras, o primeiro e o segundo elementos térmicos 2002, 2004 são mecanicamente intercambiáveis. Os primeiros elementos térmicos 2002 e os segundos elementos térmicos 2004 são simplesmente invertidos um em relação ao outro, de modo que as suas respectivas passagens cruzem. Quando os módulos termoelétricos 2001 estão posicionados

20 como mostrado na figura 23, as passagens diagonais atravessam os elementos térmicos geralmente através da dimensão mais longa dos módulos termoelétricos 2001.

Muitas outras disposições são possíveis. Por exemplo, as passagens através dos elementos térmicos podem ser ortogonais aos lados dos

25 elementos térmicos. A figura 25 ilustra esta disposição, em uma vista oblíqua parcialmente explodida. Na figura 25, o primeiro elemento térmico 2501 inclui uma abertura 2502 na face 2503, levando a uma passagem 2504 que atravessa o elemento térmico 2501 e outras aberturas similares podem ser aberturas escalonadas. A passagem 2504 leva a uma abertura complementar

30 2505 sobre a face oposta do elemento térmico 2501. Uma seção de tubulação flexível 2101 está mostrada projetando da abertura complementar 2505. Um segundo elemento térmico 2506 pode ser mecanicamente inter-

cambiável com o primeiro elemento térmico 2501, mas invertido ou girado de modo que sua passagem 2507 fique perpendicular à passagem 2504 no primeiro elemento térmico 2501. Um módulo termoeletrico 2001 está sanduíchado entre o primeiro e o segundo elementos térmicos 2501 e 2506. Estes

5 componentes podem fazer parte de uma pilha maior de primeiros e segundos elementos térmicos 901, 906 alternados com um módulo termoeletrico 401 entre cada par adjacente de elementos térmicos 901, 906. Nesta modalidade, os coletores seriam colocados um de cada lado da pilha de elementos térmicos 2501, 2506, ao invés de em pares sobre dois lados da pilha

10 como mostrado na figura 22. Dois coletores 2509, 2510 estão mostrados na figura 25. Os módulos termoeletricos podem ser colocados em alinhamento com os elementos térmicos, já que o módulo termoeletrico 2001 está mostrado alinhado com o elemento térmico 2506 na figura 25. Alternativamente, os módulos termoeletricos podem ser girados com relação aos elementos

15 térmicos, nas disposições mostradas pelo módulo termoeletrico 2508 tracejado na figura 25. Esta disposição posiciona os módulos termoeletricos de modo que as passagens 2504, 2507 atravessem os módulos termoeletricos geralmente diagonalmente, se desejado.

Em outras modalidades, as várias conexões entre os componentes

20 podem ser feitas em vários modos. Um método para conectar os tubos flexíveis 2101 nos elementos térmicos 2002, 2004 foi ilustrado na figura 24. Referindo novamente à figura 24, de preferência as aberturas 2301 e 2402 e a tubulação 2101 estão dimensionadas de modo que inserindo uma peça de tubulação 2101 em uma das aberturas resulte em um ajuste de pressão se-

25 guro. Em algumas modalidades, os fluidos que passam através dos elementos térmicos 2002, 2004 não precisam estar a uma alta pressão, de modo que um ajuste de pressão leve pode ser suficiente para impedir o vazamento de fluido das conexões. Ajustes de pressão similares podem ser utilizados para conectar as seções de tubulação 2101 nos coletores, tais como os cole-

30 tores 2006, 2008, 2009, e 2011. Tais ajustes por pressão, com os tubos flexíveis 2101 pressionados para dentro de materiais relativamente rígidos utilizados para os coletores e os elementos térmicos, podem acomodar bem as

flutuações de pressão, já que uma pressão mais alta dentro dos tubos flexíveis 2101 tende a aperfeiçoar a vedação entre os tubos e os receptáculos dentro dos quais os tubos estão inseridos. De preferência os tubos flexíveis 2101 são feitos tão curtos quanto possível, enquanto ainda acomodando as variações de tolerância, de modo a ajudar a maximizar a eficiência do gerador termoelétrico 2000 minimizando a perda de calor do fluido mais quente para o ambiente circundante, ou o ganho de calor para o fluido mais frio. Por exemplo, quando uma tubulação de plástico ou de borracha de 12,7 mm (1/2 polegada) é utilizada para os tubos flexíveis 2101, tão pouco quanto 6,35 mm (1/4 polegada) ou menos de tubulação pode ficar exposto entre cada respectivo coletor e elemento térmico.

As figuras 26A e 26B ilustram outro método para fazer as conexões entre os fluxos flexíveis 2101 e os elementos térmicos, representados pelo elemento térmico 2601. Nesta modalidade, o elemento térmico 2601 compreende um tubo protuberante substancialmente rígido 2602, sobre o qual uma seção de tubulação flexível 2101 pode estar presa ou de outro modo montada. Por exemplo, o tubo 2602 pode ser um tubo metálico ou plástico que é montado por pressão dentro de uma abertura escalonada no elemento térmico 2601, ou rosqueado dentro de um furo roscado no elemento térmico 2601. O tubo 2602 pode incluir serrilhas ou cumes 2603 sobre a sua superfície externa, para agarrar e vedar na tubulação 2101. Se o tubo 2602 e o elemento térmico 2601 forem ambos feitos de metal, estes podem ser feitos do mesmo metal de modo a reduzir a possibilidade de corrosão no sistema. Alternativamente, o tubo 2602 pode ser feito de um polímero, tal como o náilon, o cloreto de polivinila, o acetal, ou outro polímero adequado. Na figura 26A, o tubo 2101 está mostrado apoiado para conexão no tubo 2602. Na figura 26B o tubo 2101 foi montado no tubo 2602, e um grampo 2604 opcional afixado para ajudar a assegurar uma montagem segura e livre de vazamentos. O grampo 2604 exemplar está afixado por crimpagem, mas muitos outros tipos de grampos são possíveis, incluindo os grampos de mola, grampos que são apertados pela utilização de um parafuso, ou outros tipos de grampos.

Tipos similares de conexões podem ser utilizados para conectar os tubos flexíveis 2101 nos coletores de entrada e saída de fluido, tal como os coletores 2006, 2008, 2009, e 2011. Isto é, os tubos 2101 podem ser pressionados, roscados, ou de outro modo inseridos em aberturas nos coletores, podem ser montados sobre tubos que projeta dos coletores, com ou sem grampos, ou podem ser conectados em qualquer outro modo adequado. Combinações de tipos de conexão podem ser utilizadas. Por exemplo, as conexões nos elementos térmicos podem ser de um tipo, enquanto que as conexões nos coletores podem ser de outro tipo. Os tipos de conexão podem também ser misturados dentro das conexões nos elementos térmicos, dentro das conexões nos coletores, ou ambos.

As figuras 27A a 27D ilustram diversos modos para fabricar os coletores tais como os coletores 2006, 2008, 2009, 2011, de acordo com as modalidades da invenção. Na modalidade da figura 27A, um coletor 2701 inclui um segmento de tubo redondo 2702 que está soldado ou brazado dentro de um tubo quadrado 2703. O tubo redondo 2702 é conveniente, por exemplo, para receber um tubo ou mangueira 2704 que em operação supre o fluido para o ou recebe o fluido do coletor 2701. A mangueira ou tubo 2704 pode ser montada por compressão, grampeada, ou de outro modo conectada no tubo redondo 2702. De preferência, tubo redondo 2702 e o tubo quadrado 2703 são feitos do mesmo metal, de modo que o risco de corrosão possa ser reduzido no sistema. O tubo quadrado 2706 também inclui furos laterais 2705 para receber os tubos flexíveis 2101 que conduzem para os seus respectivos elementos térmicos. O número de furos laterais 2705 dependerá do número de elementos térmicos na pilha de elementos térmicos no gerador termoelétrico específico do qual o coletor 2701 faz parte, e sobre se o coletor é para o primeiro ou o segundo fluido. A extremidade mais distante 2706 do coletor 2701 pode ser plugada tampada, crimpada, ou de outro modo vedada.

A figura 27B mostra um coletor 2707 de acordo com outra modalidade. Nesta modalidade, o coletor 2707 é formado de uma única peça de tubulação, com uma porção redonda 2708 e uma porção quadrada 2709. A

transição 2710 entre a porção redonda 2708 e a porção quadrada 2709 pode ser formada, por exemplo, por um processo de forjamento. A porção quadrada 2609 pode incluir os furos laterais 2711, e pode ser vedada na sua extremidade mais distante 2712.

5 A figura 27C mostra um coletor 2713 de acordo com outra modalidade, o coletor 2713 está mostrado como geralmente fabricado no mesmo modo que o coletor 2701, com um tubo redondo 2714 soldado ou brazado dentro de um tubo quadrado 2715, mas o coletor 2713 pode ser fabricada em qualquer outro modo adequado também. O coletor 2713 inclui tubos laterais 2716 para receber os tubos flexíveis 2101. Os tubos laterais 2716 podem ser, por exemplo, soldados ou brazados na porção quadrada 2715, podem ser prensados os roscados dentro de furos na porção quadrada 2715, ou podem ser afixados em qualquer outro modo adequado. Alternativamente, o coletor 2713 pode ser moldado de um polímero tal como o náilon, o cloreto de polivinila, o acetal, ou outro polímero adequado. O tubo redondo 15 2714, os tubos laterais 2716, ou ambos podem incluir serrilhas ou cumes para facilitar a conexão segura das mangueiras 2704, dos tubos flexíveis 2101, ou ambos.

 A figura 27D mostra um coletor de acordo com ainda outra modalidade. O coletor 2717 é feito de um único tubo redondo 2718 com uma 20 extremidade aberta 2719 para receber a mangueira 2704, e uma extremidade vedada 2720. Os furos laterais 2721 recebem os tubos flexíveis 2101 em qualquer modo adequado conforme necessário.

 Apesar de diversos coletores exemplares terem sido descritos, 25 deve ser compreendido que estes são exemplos, e outras disposições que utilizam diferentes combinações de características e técnicas de fabricação podem ser previstas dentro do escopo das reivindicações.

 A figura 28 ilustra um gerador termoeletrico 2800 de acordo com outra modalidade exemplar. No gerador termoeletrico 2800 exemplar, existem 30 duas pilhas 2801, 2802 de primeiros e segundos elementos térmicos 2002, 2004, e um elemento termoeletrico 2001 entre cada para verticalmente adjacente de primeiros e segundos elementos térmicos em cada pilha. (Os

elementos termoeletricos 2001 são visíveis somente por seus condutores 2012 na figura 28). Pares horizontalmente adjacentes de primeiros elementos térmicos 2002 estão acoplados por um tubo 2101, e pares horizontalmente adjacentes de segundos elementos térmicos 2004 estão do mesmo modo acoplados. De preferência os tubos 2101 são bastante curtos para evitar uma perda de calor radiante ou outra para o ambiente circundante. As posições relativas do primeiro coletor de entrada de fluido 2006 e do segundo coletor de saída de fluido 2011 estão intercambiadas, se comparado com o gerador mostrado na figura 22. O primeiro fluido 2003 assim flui para dentro do primeiro coletor de entrada de fluido 2006, flui em série através dos primeiros elementos térmicos 2002, e para fora do primeiro coletor de saída de fluido 2008. Em cada um dos percursos paralelos através dos primeiros elementos térmicos 2002, o fluido passa através de dois primeiros elementos térmicos 2002 em série. O segundo fluido 2005 segue um percurso similar através dos segundos elementos térmicos 2004. A passagem através de um conjunto de primeiros e segundos elementos térmicos 2002, 2004 pode reduzir o diferencial de temperatura entre o primeiro e o segundo fluidos 2003, 2005 por somente uma pequena quantidade, de modo que passando através de outro conjunto de primeiros e segundos elementos térmicos 2002, 2004 pode ainda produzir uma energia elétrica útil de um módulo termoeletrico sanduichado entre o segundo conjunto.

Um gerador termoeletrico na configuração do gerador 2800 pode ser especialmente adequado para os sistemas que não recirculam os fluidos aquecido ou frio. O gerador 2800 pode produzir mais energia elétrica de uma única passada de fluidos 2003, 2005 através deste se comparado com um gerador com elementos térmicos conectados em série, apesar da eficiência do gerador 2800 poder ser ligeiramente reduzida. Se utilizar os elementos térmicos conectados em série ou não pode ser uma decisão econômica baseada em muitos fatores, tal como o custo de módulos termoeletricos 2001, se o fluido é reciclado para reaquecimento após passar através do gerador termoeletrico, e outros fatores. Alguém versado na técnica reconhecerá que qualquer número prático de colunas conectadas em série de elementos tér-

5 micos pode ser utilizado, e as colunas podem conter qualquer número prático de elementos termoelétricos 2001, de tão poucos quanto um e variando para cima. Os módulos termoelétricos 2001 podem ser eletricamente conectados em qualquer configuração adequada, incluindo em série, em paralelo, ou em uma combinação de conexões em série e em paralelo.

10 Apesar de um gerador termoelétrico como aqueles mostrados nas figuras 22 e 28 combinar as saídas elétricas de diversos módulos termoelétricos 2001, este tipo de gerador pode ainda produzir poucos watts de energia elétrica utilizável. De acordo com as estatísticas publicadas pela Administração de Informações de Energia nos Estados Unidos, uma residência americana média pode consumir acima de 10.600 quilowatt-hora de energia elétrica por ano. Isso traduz em um consumo de energia contínuo médio de aproximadamente 1.200 watts (W) através de todo o ano. Mesmo se medidas de conservação insignificantes forem implementadas, um gerador termoelétrico para uso doméstico seria desejavelmente capaz de produzir diversas centenas de watts de potência.

20 A figura 29 mostra um gerador termoelétrico 2900, de acordo com outra modalidade. No gerador termoelétrico 2900, diversos geradores tais como aqueles mostrados nas figuras 22 e 28 estão adicionalmente conectados. Para o propósito de discutir a figura 29, um gerador tal como é mostrado nas figuras 22 e 28 será referido como um "banco". Cada banco provê um diferencial de temperatura para diversos elementos termoelétricos 2001. O gerador termoelétrico 2900 ainda conecta diversos bancos para aumentar adicionalmente a quantidade de energia gerada. Os bancos são montados em uma rede sobre um gabinete 2901, mostrado em vista em corte. Os tubos de entrada e de saída dos vários coletores estão assim apresentados em uma rede atrás do gabinete 2901.

25 Os fluidos são providos e recebidos dos coletores de banco através de grandes coletores 2902, 2903, 2904, 2905. Os grandes coletores 2902-2905 podem ser feitos, por exemplo, de tubulação quadrada de 50,8 mm (2 polegadas) com tubos de conexão de mangueira redondos formados, soldados, ou brazados sobre as extremidades. As extremidades inferiores

são crimpadas, tampadas, soldadas fechadas, ou de outro modo vedadas.

No exemplo na figura 29, o coletor grande 2902 supre o fluido aquecido para cada coletor de entrada de fluido aquecido do banco, e o coletor grande 2903 supre o fluido frio para cada respectivo coletor de entrada de fluido frio do banco. Os coletores grandes 2904 e 2905 recebem o fluido aquecido e o fluido frio respectivamente após os fluidos terem passado através dos bancos. Os vários fluxos de fluido estão mostrados somente por setas na figura 29. Nenhuma tubulação ou encanamento está mostrado, de modo a não obscurecer as interconexões. Alguém versado na técnica reconhecerá que tubos, mangueiras, ou canos podem ser utilizados para fazer as conexões reais, e que os coletores grandes 2903-2905 serão de preferência posicionados próximos dos bancos de modo a minimizar a perda de energia térmica utilizável. Utilizando a disposição de gabinete da figura 29, muitos bancos, que compreendem muitos módulos termoeletrônicos, podem ser termicamente conectados. Os condutores 2012 dos vários módulos termoeletrônicos podem ser convenientemente eletricamente conectados, de modo que o sistema é escalável para produzir grandes quantidades de energia. (As interconexões elétricas não estão mostradas nas figuras).

Os bancos na figura 29 estão configurados para uma troca de calor de fluido "paralelo", com todas as entradas nos lados inferiores dos bancos, e todas as saídas nos lados superiores dos bancos. Nesta disposição, todo o fluxo de fluido através dos elementos térmicos é (diagonalmente) ascendente, e o aprisionamento de ar dentro dos elementos térmicos pode ser minimizado ou evitado. O ar aprisionado dos elementos térmicos pode reduzir a eficiência de transferência de calor entre os respectivos fluidos e elementos térmicos, e finalmente reduz a energia disponível do gerador termoeletrônico.

Um gerador termoeletrônico tal como o gerador termoeletrônico 2100, 2800, ou 2900 pode ser especialmente adequado para utilização quando fontes de baixo custo de fluidos quente e frio estão disponíveis. Por exemplo, a figura 30 ilustra a utilização do gerador termoeletrônico 2100 em um sistema 3000 em que um fluido é aquecido utilizando a energia solar, e outro

fluido é resfriado utilizando um loop de tubulação acoplado na terra.

No sistema 3000, um coletor solar 3001 concentra a energia que vem do sol 3004 por sobre um tubo 3003 que carrega um fluido tal como a água ou um óleo. O coletor solar 3001 pode ser acionado por um motor 3002
5 ou outro atuador para acompanhar o sol durante o dia, para um coletamento de energia ótimo. Alguém versado na técnica reconhecerá que outros tipos de coletores solares podem ser utilizados além do coletor do tipo de calha de concentração 3001. O fluido dentro do tubo 3003 aquece um reservatório 3005. De preferência, o reservatório 3005 está cheio com água, a qual tem
10 boas características de armazenamento térmico e é econômica, apesar de outros meios poderem ser utilizados. O fluido do reservatório 3006 pode ser circulado diretamente através do tubo 3003, ou pode ser aquecido indiretamente, tal como por um trocador de calor que extrai o calor do fluido dentro do tubo 3003 e transmite-o para o fluido dentro do reservatório 3005. De preferência,
15 o fluido dentro do reservatório 3005 é circulado através do gerador termoeletrico 2100, provendo o lado "quente" de um diferencial de temperatura do qual o gerador termoeletrico 2100 gera a energia elétrica.

Apesar do gerador termoeletrico 2100 ser apresentado na figura 30 como um simples bloco, será reconhecido que este pode incluir os componentes mostrados na figura 21, incluindo múltiplos módulos termoeletricos,
20 elementos térmicos, coletores, e tubulação flexível.

No sistema 3000, o lado frio do diferencial de temperatura é provido por um fluido, de preferência a água, que é esfriada utilizando um loop de tubulação acoplado em terra 3006. Tal loop se aproveita do fato de que
25 em profundidades suficientes, a temperatura de solo subterrâneo permanece relativamente constante através de todo o ano. Por exemplo, em algumas partes dos Estados Unidos, a temperatura subterrânea pode ser de aproximadamente 12 a 14°C (54 a 57°F). Um loop acoplado na terra suficientemente longo descarregará para a terra o calor acumulado pelo fluido frio durante a geração de eletricidade no gerador termoeletrico 2100, resfriando o
30 fluido de modo que este possa mais uma vez prover o lado frio do diferencial de temperatura explorado pelo gerador termoeletrico 2100. Tanto o fluido

quente quanto o fluido frio e o fluido dentro do tubo 3003 podem ser circulados por bombas não mostradas na figura 30.

A energia elétrica é assim gerada e está disponível nos condutores 3007 do gerador termoeletrico 2100. Múltiplos módulos termoeletricos dentro do gerador termoeletrico 2100 podem ser conectados em série, em paralelo, ou em uma combinação de conexões em série e em paralelo para prover energia que tenha uma voltagem apropriada, uma corrente, ou outras características. Um ou mais componentes do sistema podem ser configuráveis para ajustar a quantidade ou o caráter da energia disponível. Por exemplo, uma chave-matriz pode ser provida que configura as interconexões elétricas dos módulos termoeletricos ou dos bancos de tais módulos incluídos no gerador termoeletrico 2100. Tais componentes configuráveis, que incluem uma chave-matriz, estão acima descritos.

A invenção foi agora descrita em detalhes para os propósitos de clareza e compreensão. No entanto, será apreciado que certas mudanças e modificações podem ser praticadas dentro do escopo das reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoeletrica conforme os requisitos de uma carga, o aparelho compreendendo:

5 um gerador termoeletrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura;

 pelo menos um componente configurável que afeta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoeletrico através do ajuste de uma taxa de fluxo de um fluido;

10 um monitor que detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoeletrico e proporciona pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoeletrico; e

 um controlador configurado para receber pelo menos um sinal e para, com base no pelo menos um sinal, configurar o pelo menos um componente configurável para ajustar a taxa de fluxo do fluido conforme a quantidade de potência requerida por uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoeletrico.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, em que o diferencial de temperatura é proporcionado uma fonte relativamente quente e um suprimento de fluido relativamente frio,, e em que o pelo menos um componente configurável ajusta a taxa de fluxo do fluido relativamente frio ou do fluido relativamente quente, ou de ambos os fluidos relativamente frio e relativamente quente.

3. Aparelho para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoeletrica conforme os requisitos de uma carga, o aparelho compreendendo:

25 um gerador termoeletrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura proporcionado por um suprimento de fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, em que o suprimento de fluido aquecido é aquecido por um coletor solar;

30 um mecanismo de ajuste de coletor solar que ajusta a capacidade do coletor solar transmitir o calor para o fluido aquecido;

um monitor que detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico e proporciona pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoelétrico; e

5 um controlador configurado para receber o pelo menos um sinal e fazer com que o mecanismo de ajuste de coletor solar, com base no pelo menos um sinal, ajuste a capacidade do coletor solar transmitir o calor para o fluido aquecido.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 4, em que o coletor solar é um coletor solar de painel plano, e em que o mecanismo de ajuste de
10 coletor solar ajusta a posição de uma sombra sobre o coletor solar de painel plano.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, em que o coletor solar é um coletor solar de concentração, e em que o mecanismo de ajuste de coletor solar ajusta a mira ou foco do coletor solar de concentração.

15 6. Aparelho para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga, o aparelho compreendendo:

um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura entre um fluido relativamente quente e um
20 fluido relativamente frio;

pelo menos um componente configurável que afeta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico através da mistura do fluido relativamente quente com o fluido relativamente frio para controlar o diferencial de temperatura;

25 um monitor que detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico e proporciona pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoelétrico; e

um controlador configurado para receber o pelo menos um sinal e configurar o pelo menos um componente configurável para, com base no
30 pelo menos um sinal, misturar o fluido relativamente quente com o fluido relativamente frio para controlar o diferencial de temperatura.

7. Aparelho para configurar automaticamente um sistema de ge-

ração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga, o aparelho compreendendo:

- 5 um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura, o gerador termoelétrico compreendendo ainda pelo menos dois bancos, em que cada banco produz uma porção uma porção da energia produzida pelo gerador termoelétrico, e em que cada banco compreende pelo menos dois módulos termoelétricos e cada módulo termoelétrico produz uma porção da energia produzida por seu respectivo banco;
- 10 um monitor que detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico e proporciona pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoelétrico;
- um comutador de matriz em nível de módulo associado a cada banco que configura a interconexão dos módulos em seu respectivo banco;
- 15 um comutador de matriz em nível de banco que configura a interconexão dos bancos; e
- um controlador que recebe o pelo menos um sinal e, com base no pelo menos um sinal configura o pelo menos um dos comutadores de matriz conforme os requisitos de uma carga a qual é suprida pelo gerador termoelétrico.
- 20 8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, em que o controlador configura a interconexão dos módulos termoelétricos em pelo menos um banco usando pelo menos um dos comutadores em nível de módulo.
- 9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 8, em que o controlador configura a interconexão dos módulos termoelétricos usando uma ou mais técnicas selecionadas a partir do grupo de técnicas que consiste em desconectar pelo menos um módulo termoelétrico, colocar pelo menos um módulo termoelétrico em série com pelo menos um outro módulo termoelétrico, colocar pelo menos um módulo termoelétrico em paralelo com pelo menos um outro módulo termoelétrico, e colocar módulos termoelétricos em
- 25 combinação de conexões em série e em paralelo.
- 30 10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, em que o contro-

lador configura a interconexão dos bancos utilizando o comutador em nível de banco.

5 11. Aparelho, de acordo com a reivindicação 10, em que o controlador configura a interconexão dos módulos de bancos usando uma ou mais técnicas selecionadas a partir do grupo de técnicas que consiste em desconectar pelo menos um banco, colocar pelo menos um banco em série com pelo menos um outro banco, colocar pelo menos um banco em paralelo com pelo menos um outro banco, e colocar bancos em combinação de conexões em série e em paralelo.

10 12. Aparelho, de acordo com a reivindicação 7, em que o controlador configura pelo menos um dos comutadores de matriz para manter uma tensão de saída desejável para o gerador termoelétrico.

13. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 12, em que o controlador compreende:

15 um microprocessador; e
instruções de armazenamento em memória executáveis pelo microprocessador para receber o pelo menos um sinal e configurar o pelo menos um componente configurável com base no pelo menos um sinal conforme os requisitos de uma carga para a qual energia é suprida pelo gerador termoelétrico.

20

14. Aparelho, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, em que o controlador é configurado ainda para produzir um segundo sinal indicando um estado da energia sendo gerada pelo gerador termoelétrico.

25 15. Método para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga, o método compreendendo as etapas de:

receber, através de um controlador, pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada por um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura;

30

receber, através do controlador, uma indicação de requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico;

configurar, através do controlador com base no pelo menos um sinal e conforme os requisitos de energia da carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico, pelo menos um componente configurável para ajustar a taxa de fluxo de um fluido para afetar pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico.

16. Método, de acordo com a reivindicação 15, em que o diferencial de temperatura é proporcionado por um fluido relativamente quente e um fluido relativamente frio e em que o pelo menos um componente configurável ajusta a taxa de fluxo do fluido relativamente frio, fluido relativamente quente, ou de ambos os fluidos relativamente frio e relativamente quente.

17. Método para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga, o método compreendendo as etapas de:

receber, através de um controlador, pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada por um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura proporcionado por um suprimento de fluido aquecido e um dissipador relativamente frio, e em que o suprimento de fluido aquecido é aquecido por um coletor solar;

configurar, através do controlador com base no pelo menos um sinal, pelo menos um componente configurável que ajusta a capacidade do coletor solar de transmitir calor ao fluido aquecido.

18. Método, de acordo com a reivindicação 17, em que o componente configurável ajusta a mira ou foco do coletor solar.

19. Método para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga, o método compreendendo as etapas de:

receber, através de um controlador, pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada por um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura, em que o diferencial de temperatura é suprido por um fluido relativamente quente e um fluido relativamente frio;

configurar, através do controlador com base no pelo menos um

sinal, pelo menos um componente configurável para misturar o fluido relativamente quente e o fluido relativamente frio para controlar o diferencial de temperatura;

20. Método para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga, o método compreendendo as etapas de:

receber, através de um controlador, pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada por um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura, o gerador termoelétrico compreendendo pelo menos dois bancos, em que cada banco produz uma porção da energia produzida pelo gerador termoelétrico, e em que cada banco compreende pelo menos dois módulos termoelétricos e cada módulo termoelétrico produz uma porção da energia produzida por seu respectivo banco, e em que o gerador termoelétrico compreende ainda um comutador de matriz em nível de módulo associado a cada banco que configura a interconexão de módulos em seu respectivo banco, e o gerador termoelétrico compreende ainda um comutador de matriz em nível de banco que configura a interconexão dos bancos;

receber, através do controlador, uma indicação de requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico; e

configurar, através do controlador com base no pelo menos um sinal, pelo menos um dos comutadores de matriz conforme os requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico.

21. Método, de acordo com a reivindicação 20, em que configurar pelo menos um dos comutadores de matriz compreende configurar pelo menos um dos comutadores de matriz em nível de módulo, configurar pelo menos um dos comutadores de matriz em nível de banco, ou configurar ambos os pelo menos um dos comutadores de matriz em nível de módulo e os pelo menos um dos comutadores de matriz em nível de banco.

22. Método para converter a energia térmica armazenada em um reservatório de fluido aquecido para energia elétrica, o método compreendendo as etapas de:

passar o fluido aquecido do reservatório para um lado quente de um gerador termoelétrico, o gerador termoelétrico compreendendo uma pluralidade de módulos termoelétricos dispostos em pelo menos dois bancos;

resfriar um lado frio do gerador termoelétrico;

5 monitorar uma tensão de saída produzida pelo gerador termoelétrico; e

reconfigurar as interconexões dos módulos termoelétricos e as interconexões dos bancos para manter a voltagem de saída dentro de uma faixa desejada conforme a temperatura do fluido aquecido que flutua.

10 23. Método, de acordo com a reivindicação 22, compreendendo ainda aquecer o fluido aquecido utilizando um coletor solar.

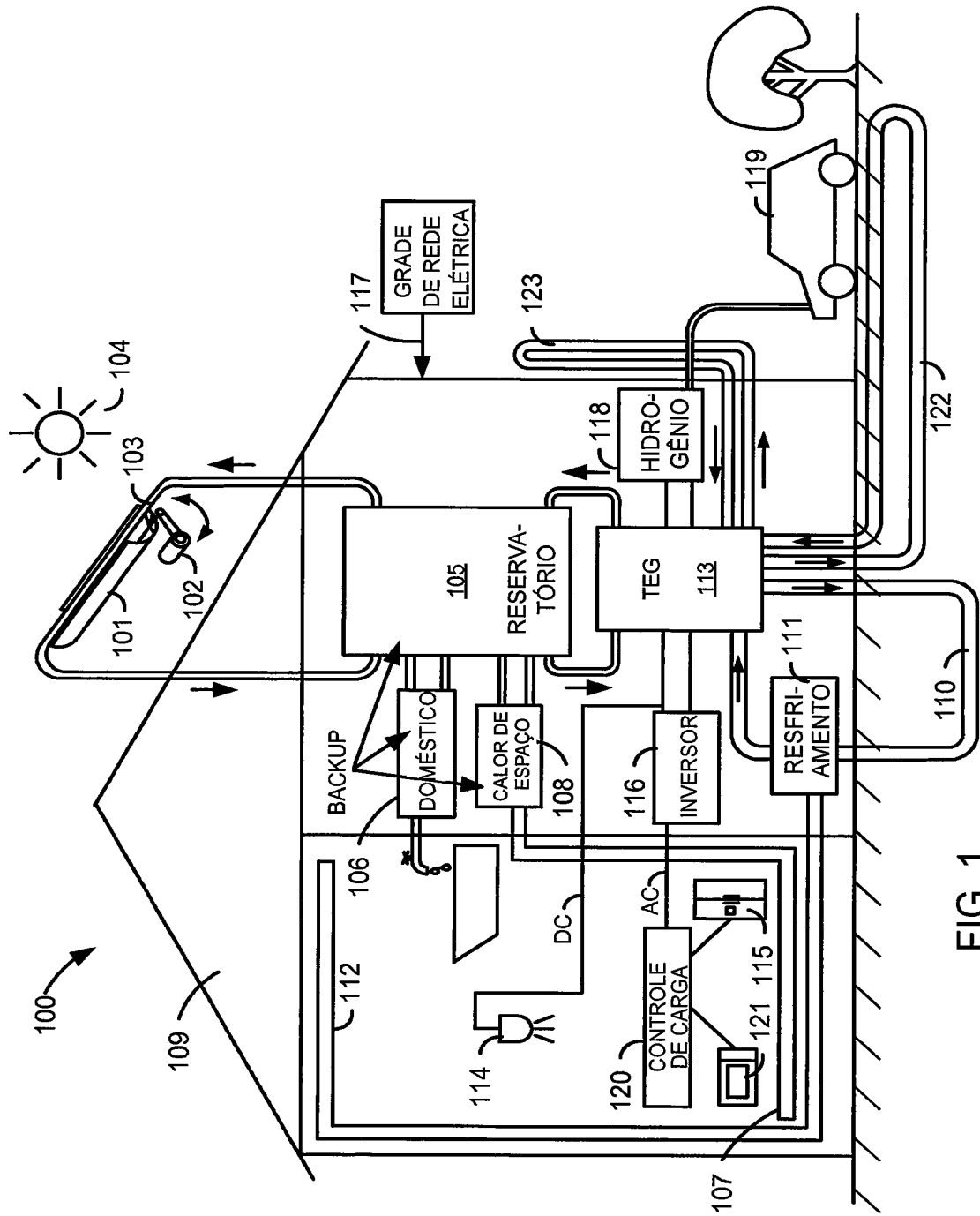


FIG. 1

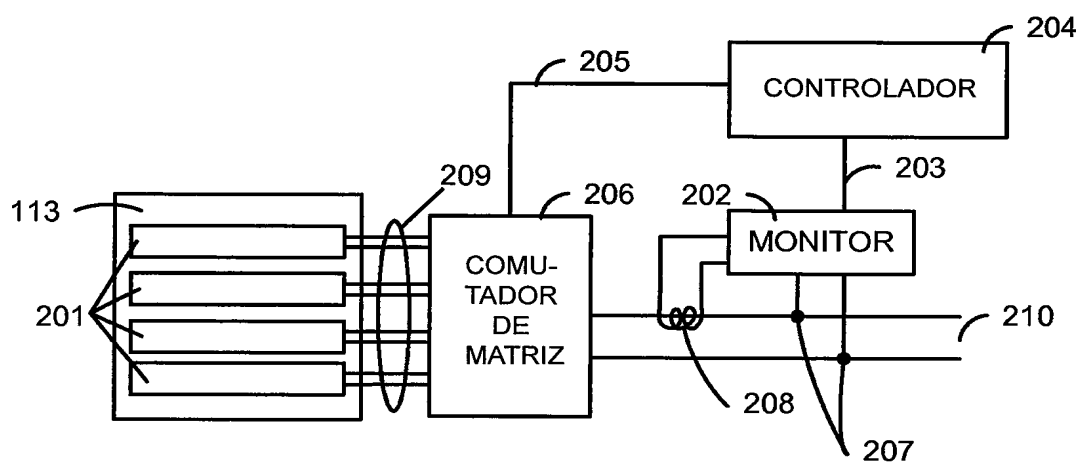


FIG. 2

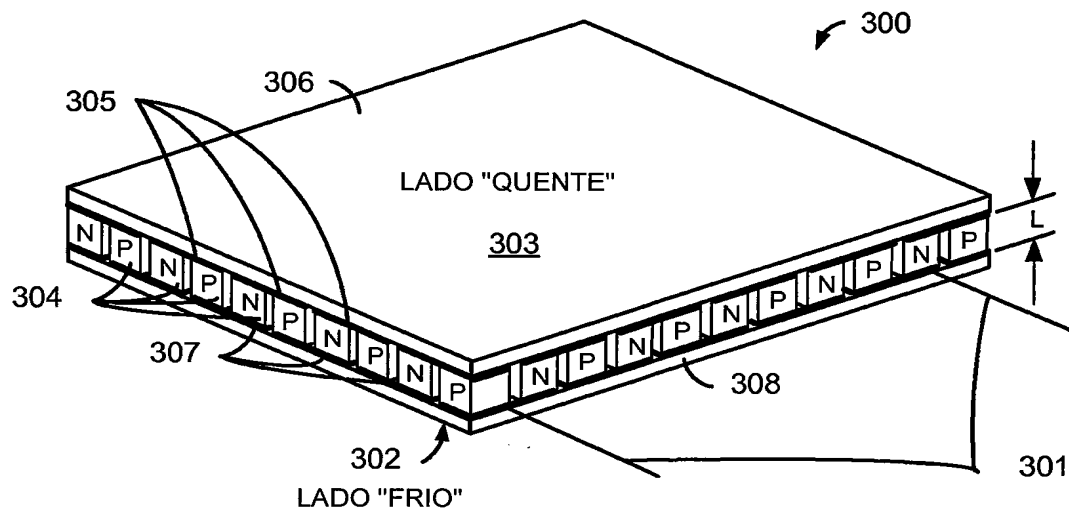


FIG. 3

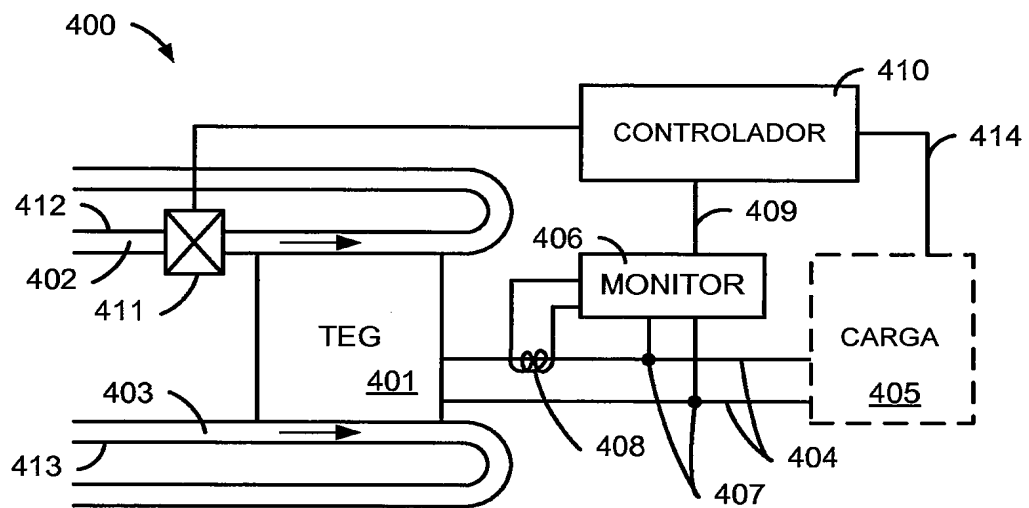


FIG. 4

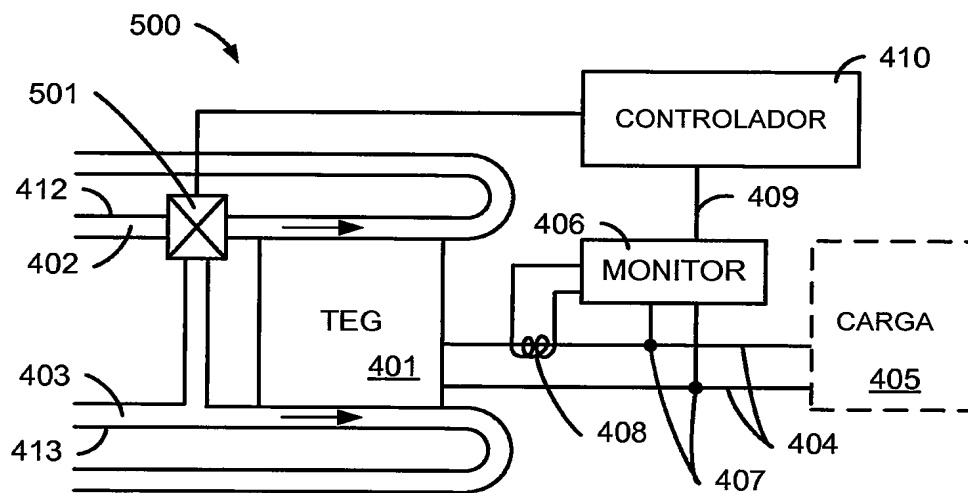


FIG. 5

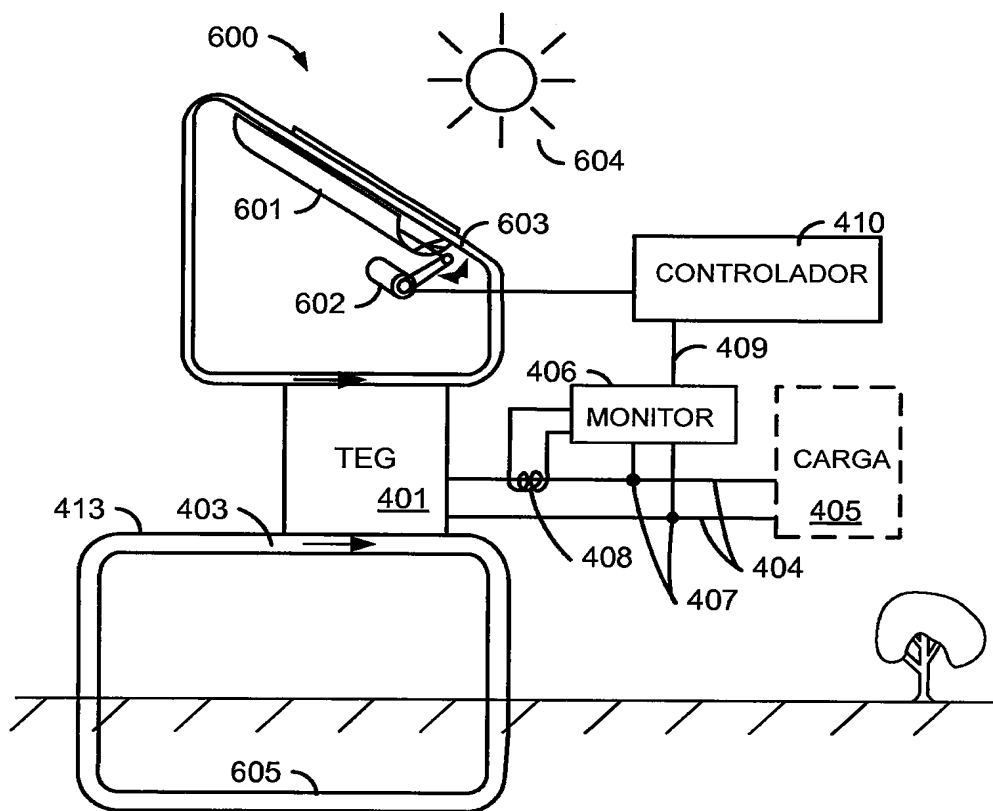


FIG. 6

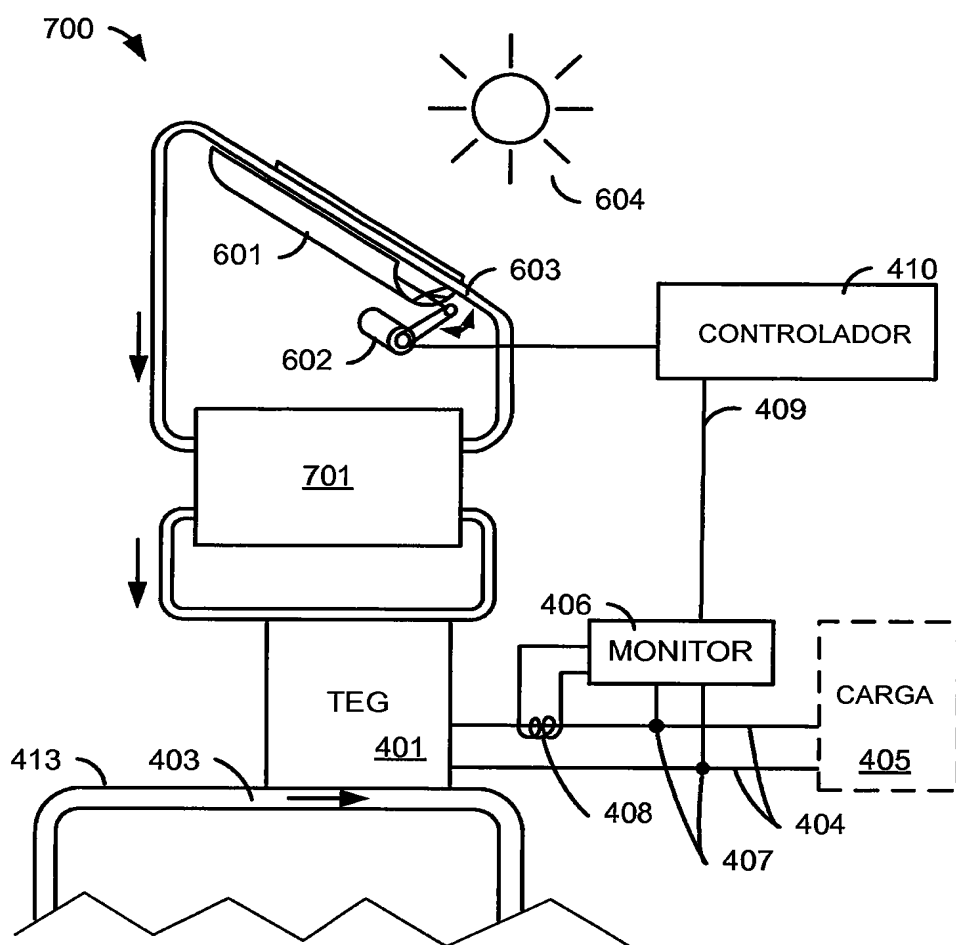


FIG. 7

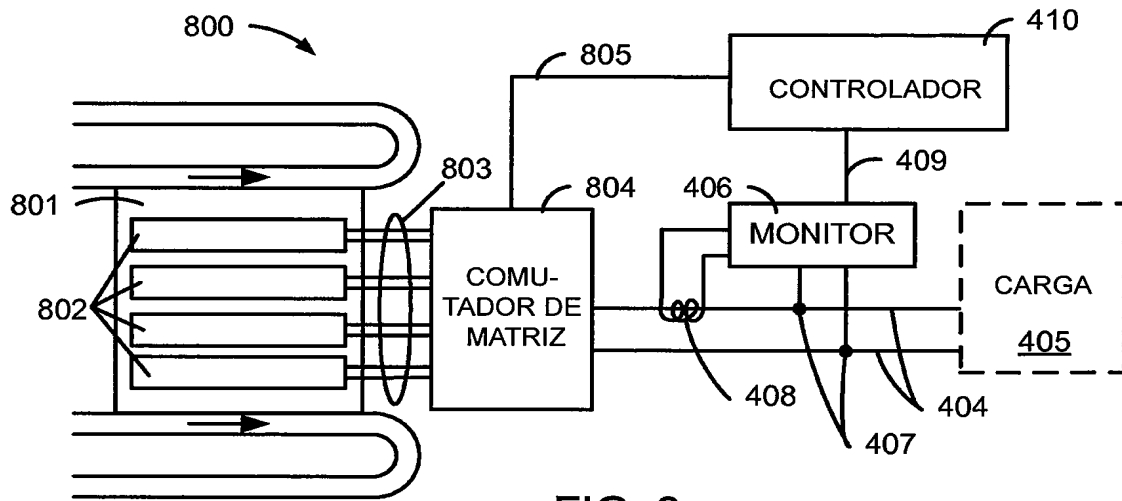


FIG. 8

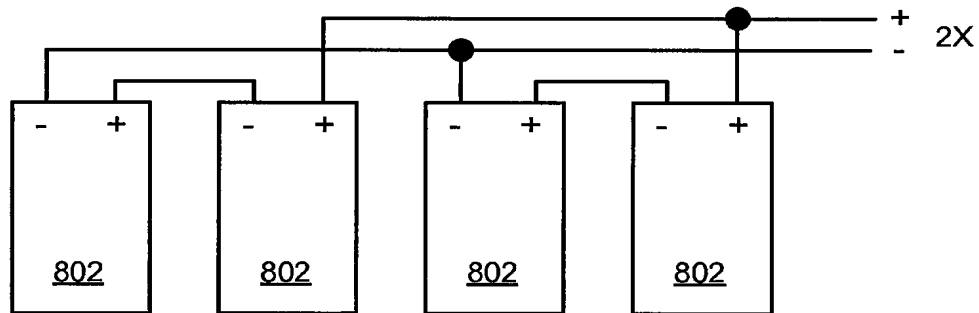


FIG. 9

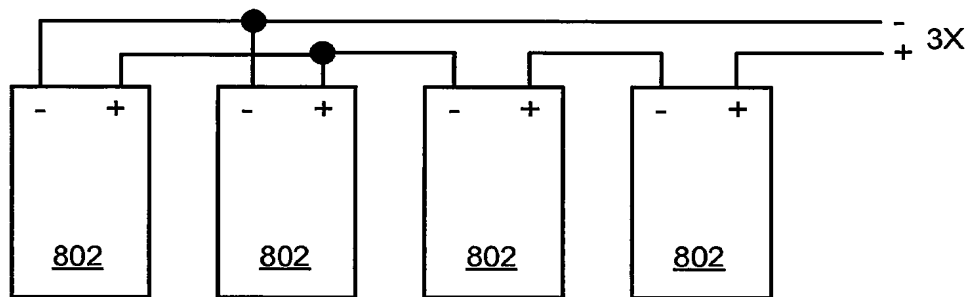


FIG. 10

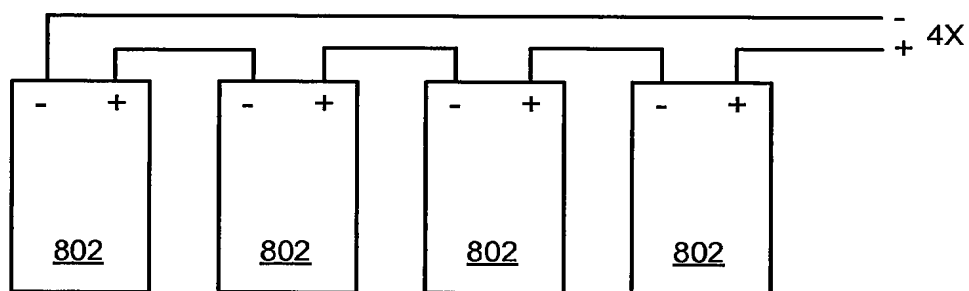


FIG. 11

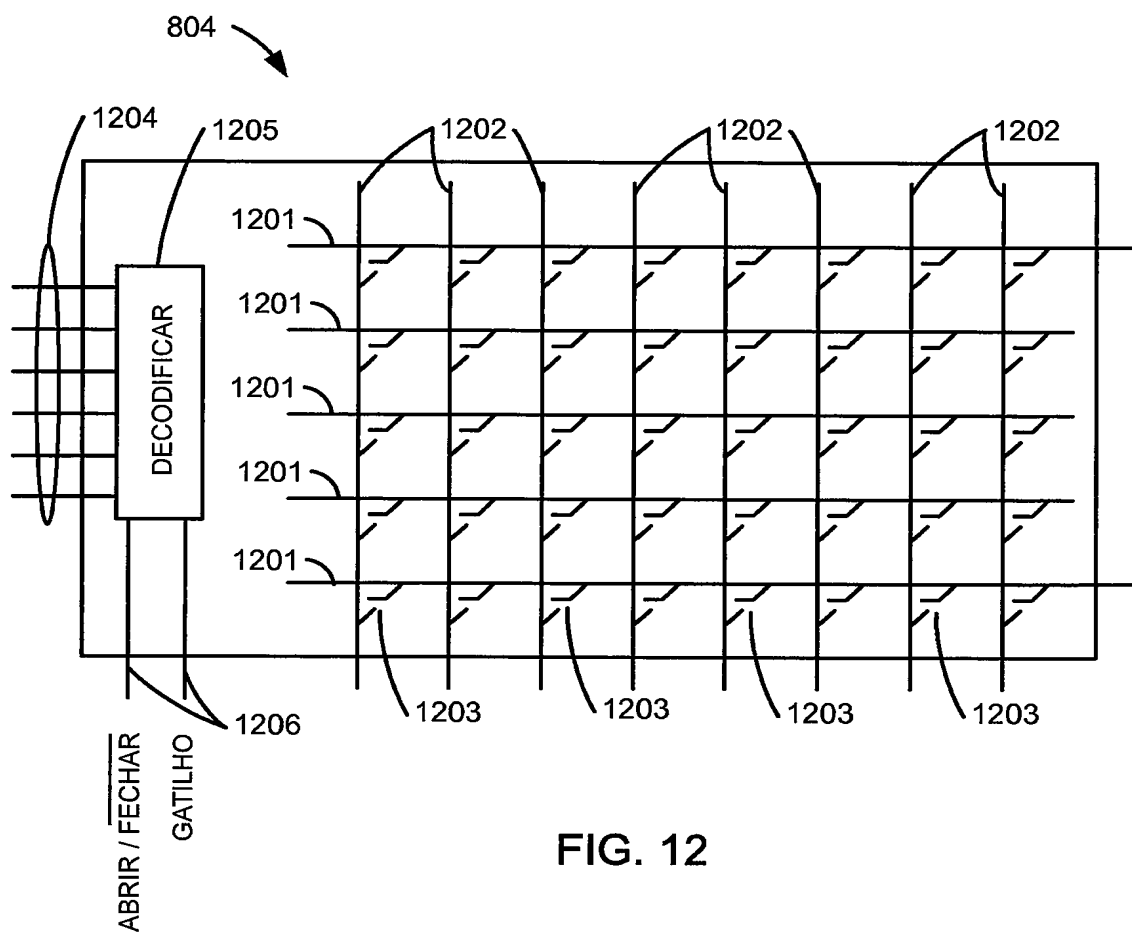


FIG. 12

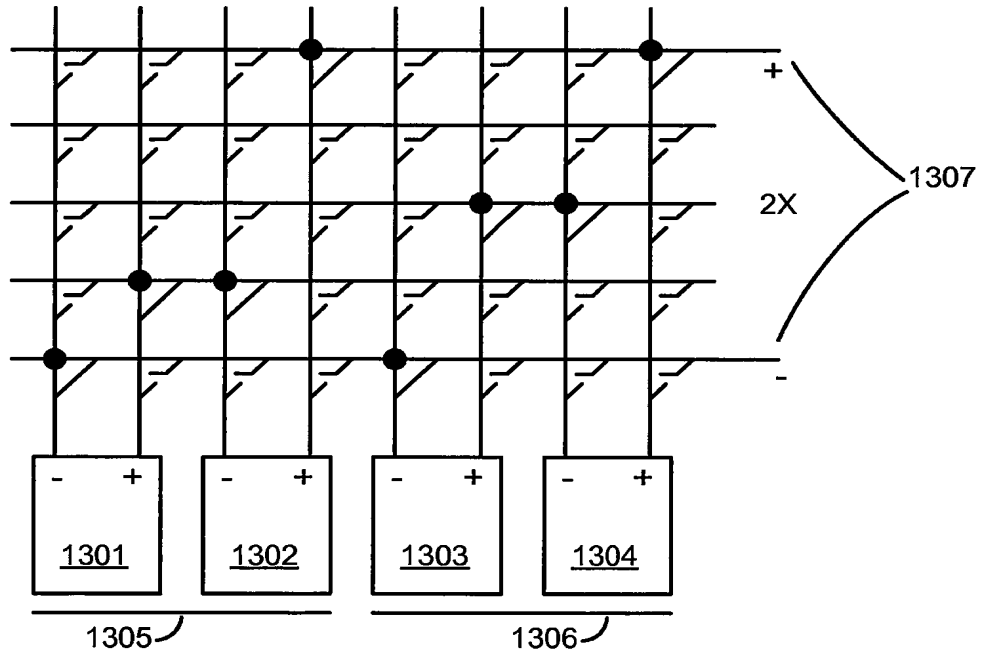


FIG. 13

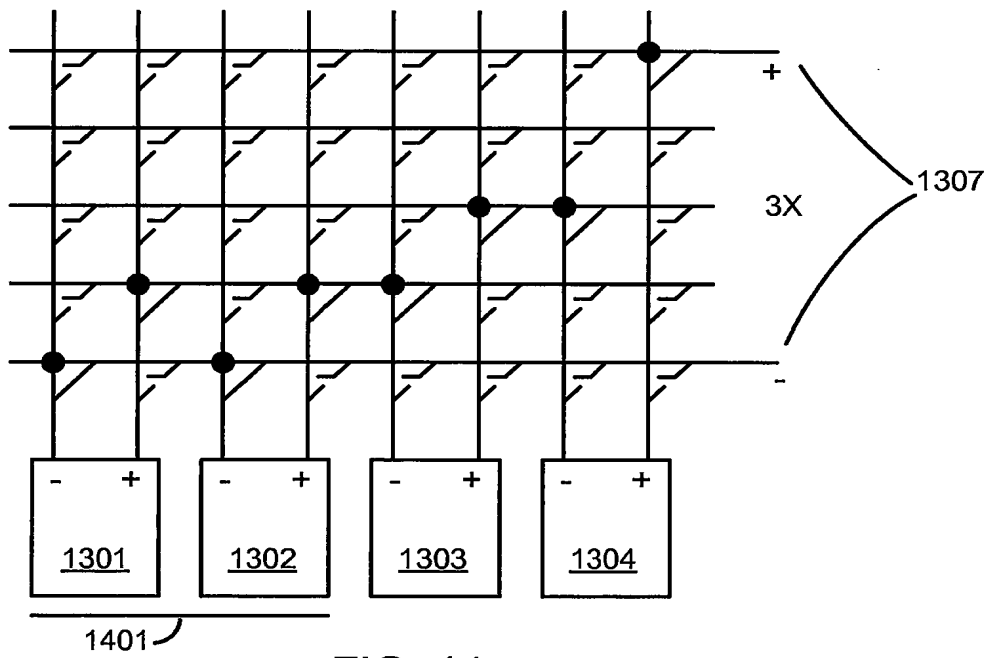


FIG. 14

9/22

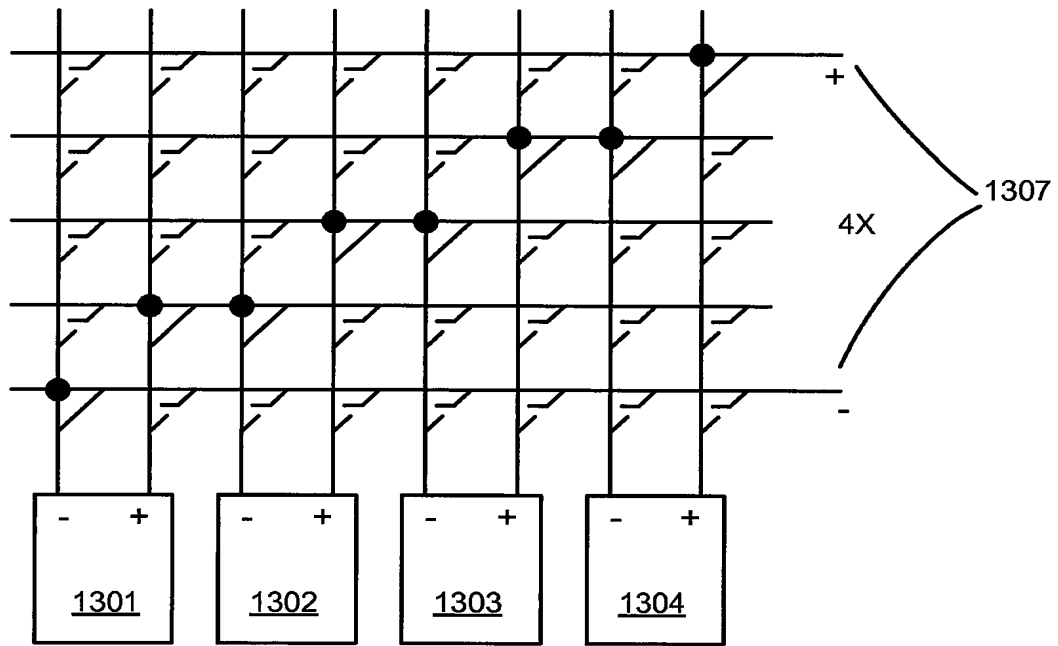


FIG. 15

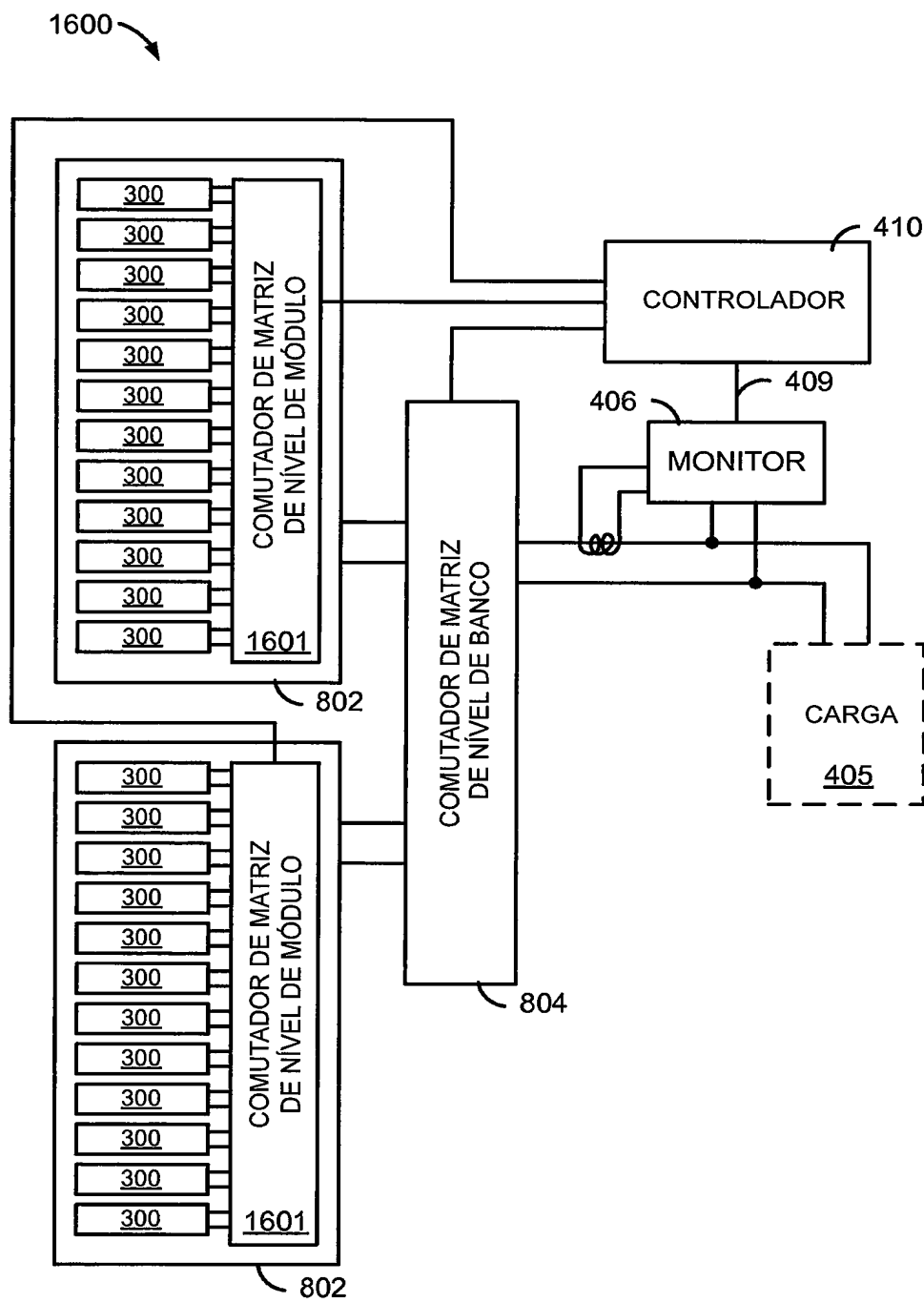


FIG. 16

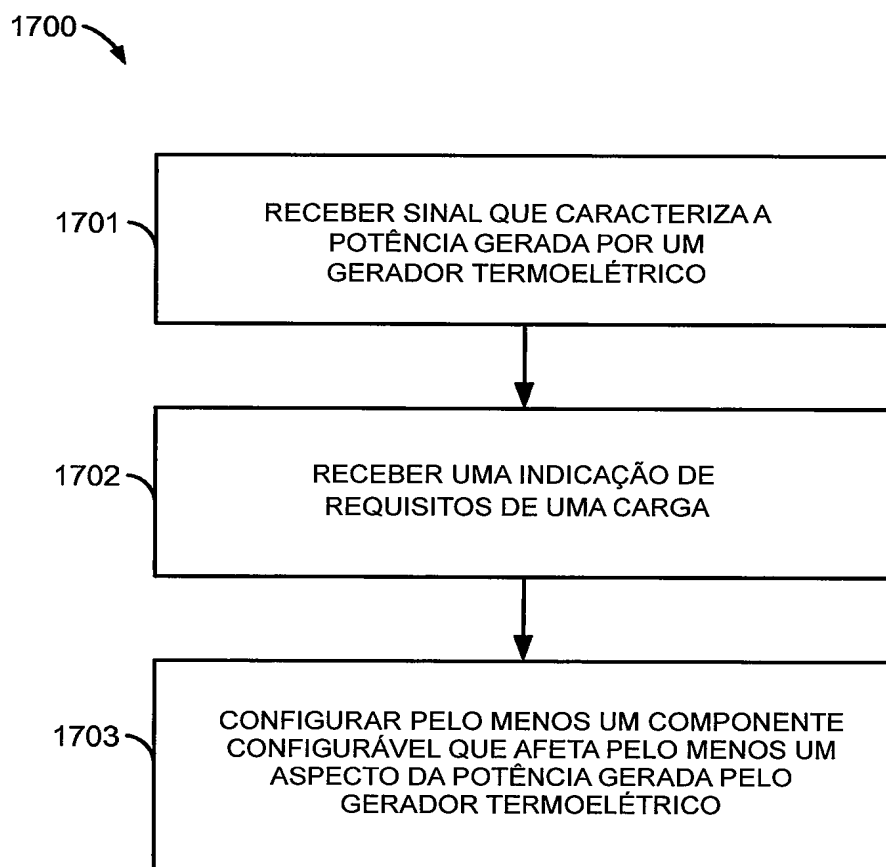


FIG. 17

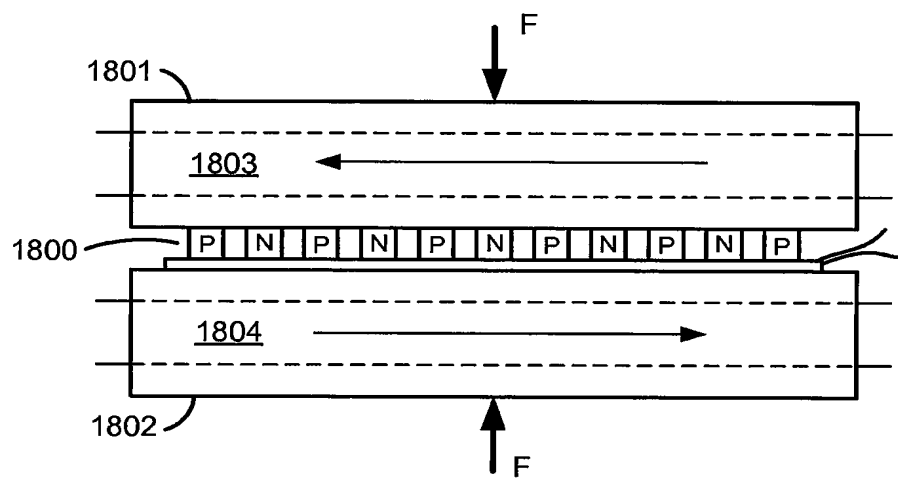


FIG. 18

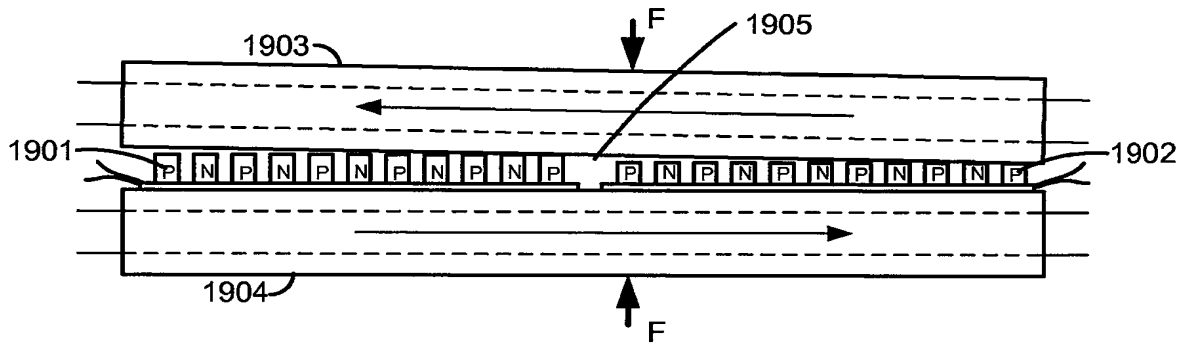


FIG. 19

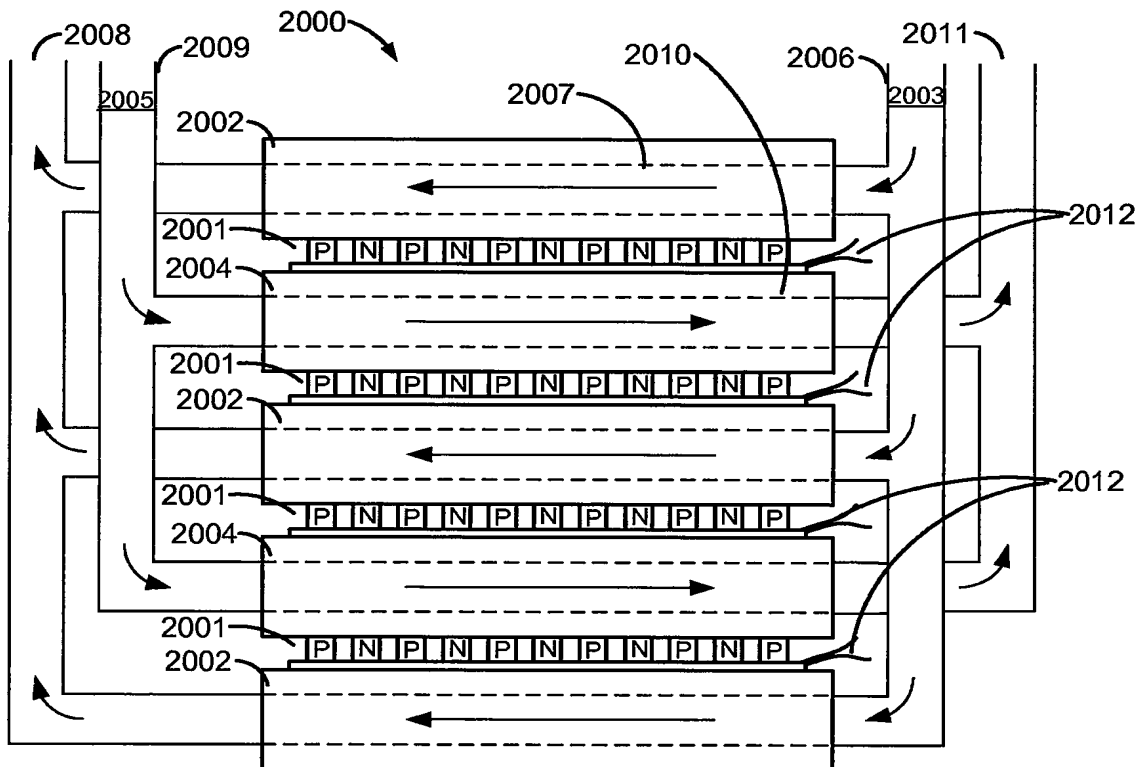


FIG. 20

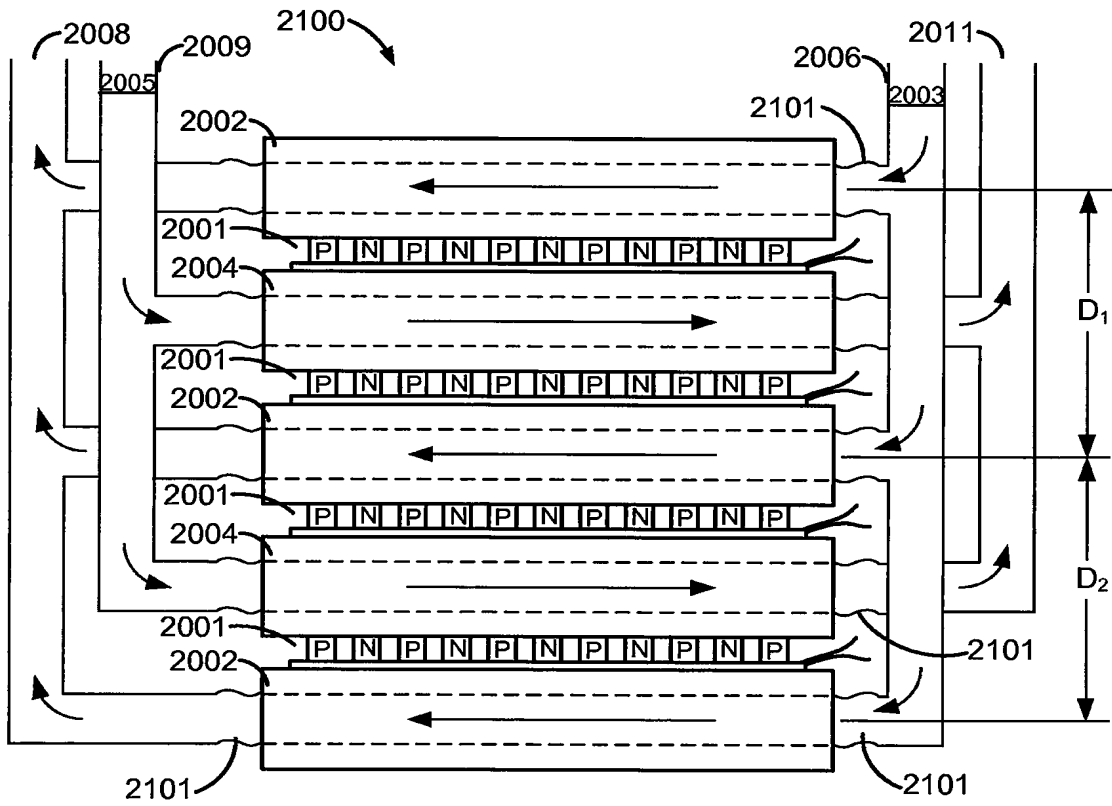


FIG. 21

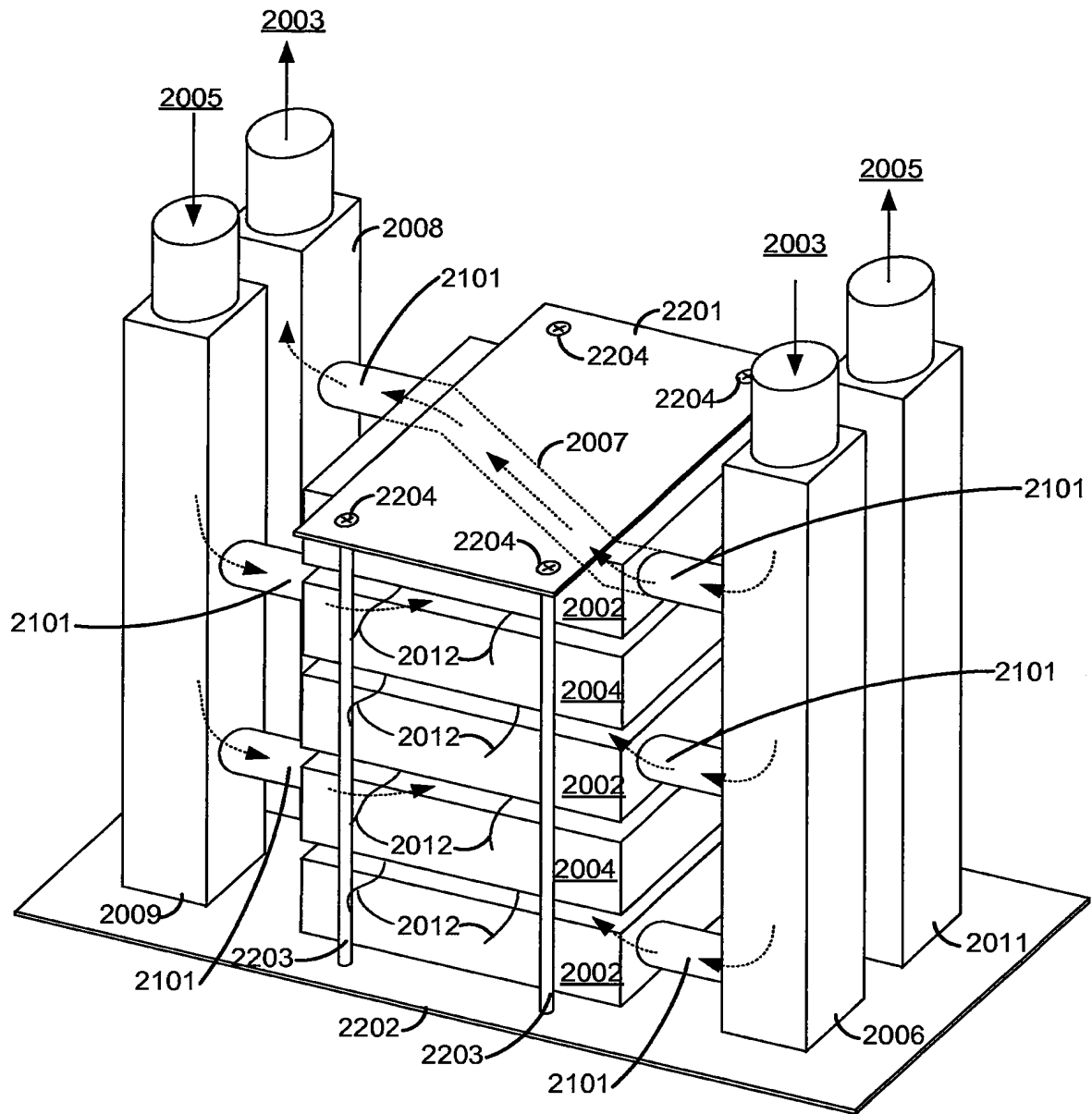


FIG. 22

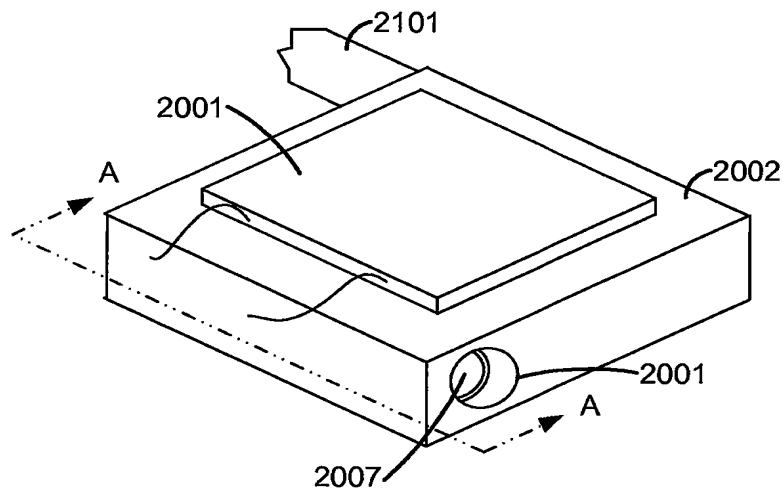


FIG. 23

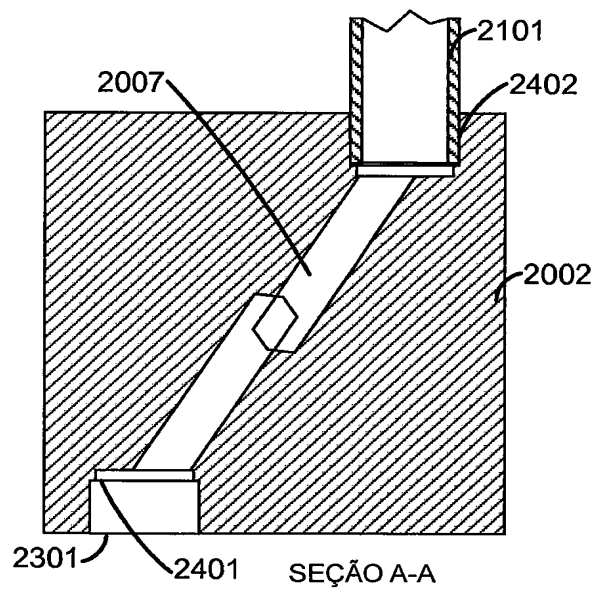


FIG. 24

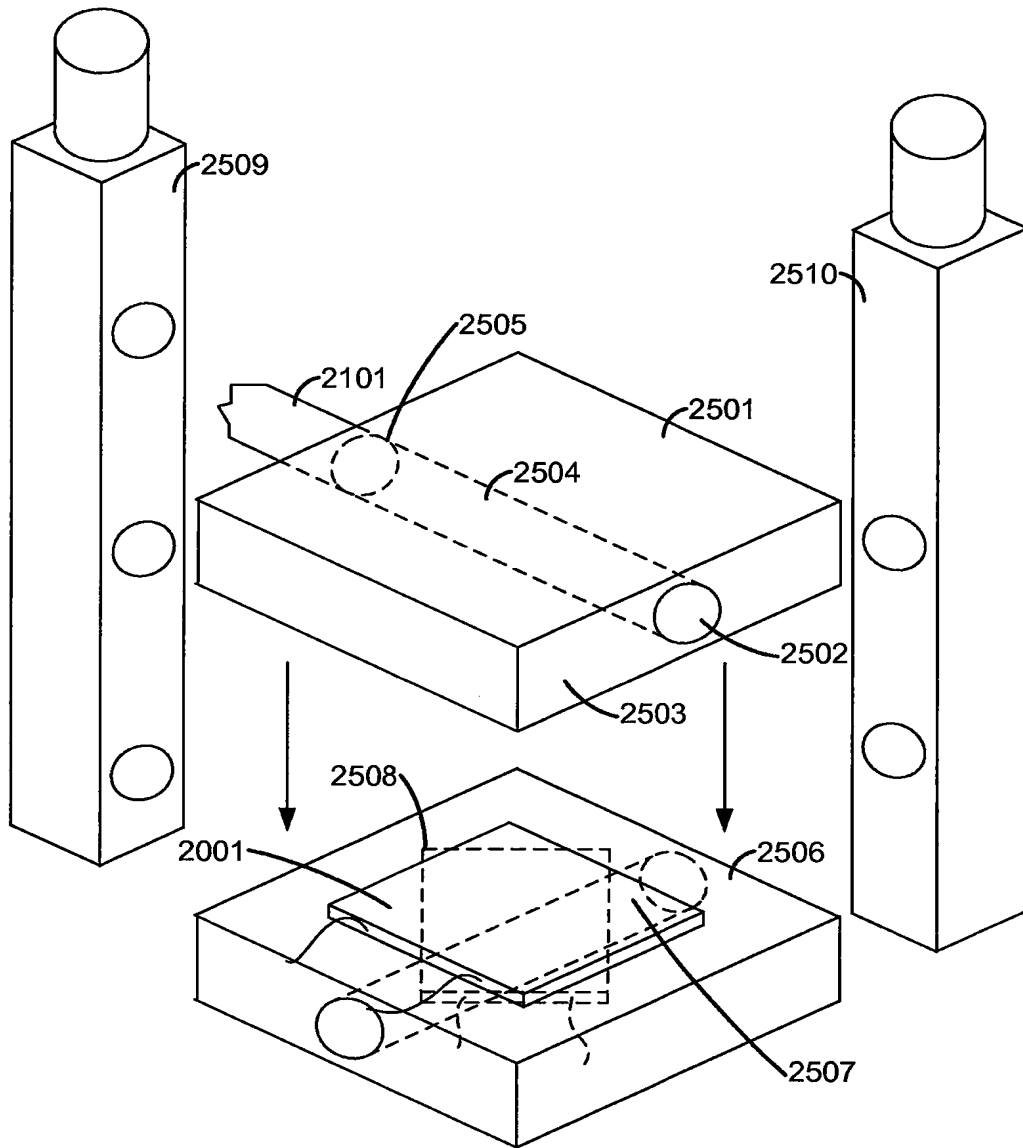


FIG. 25

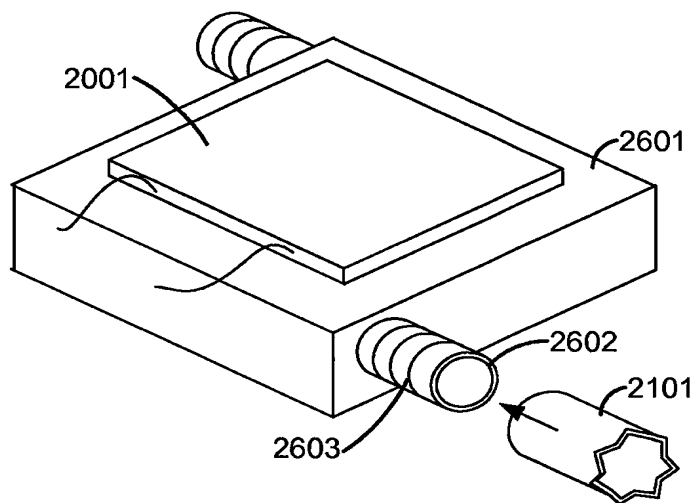


FIG. 26A

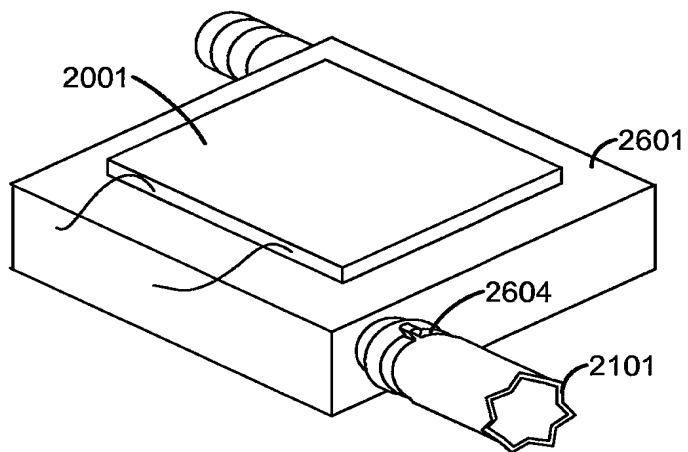
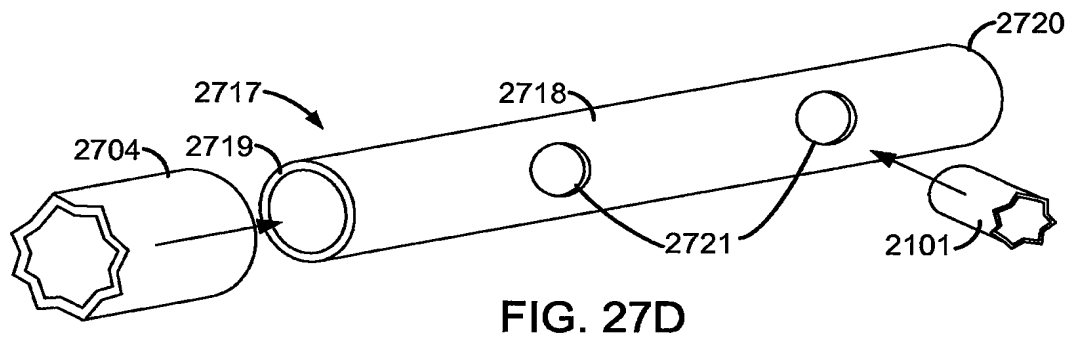
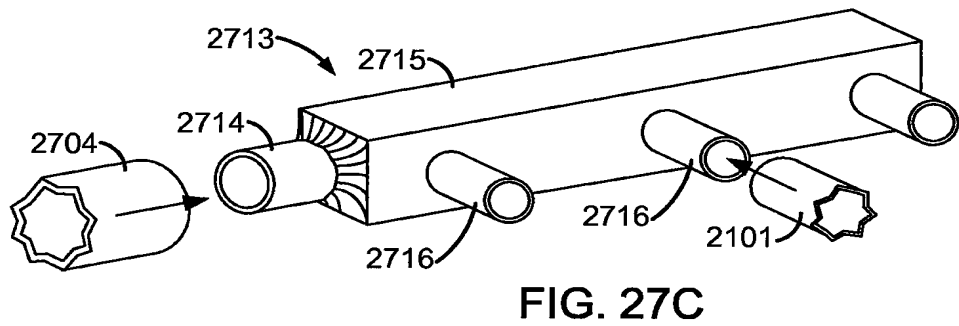
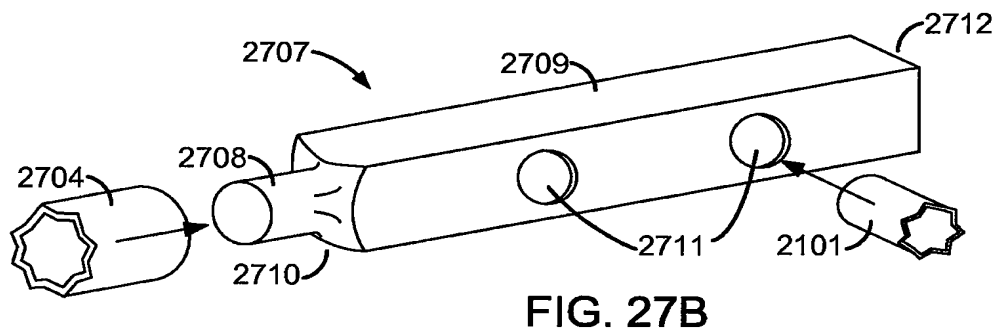
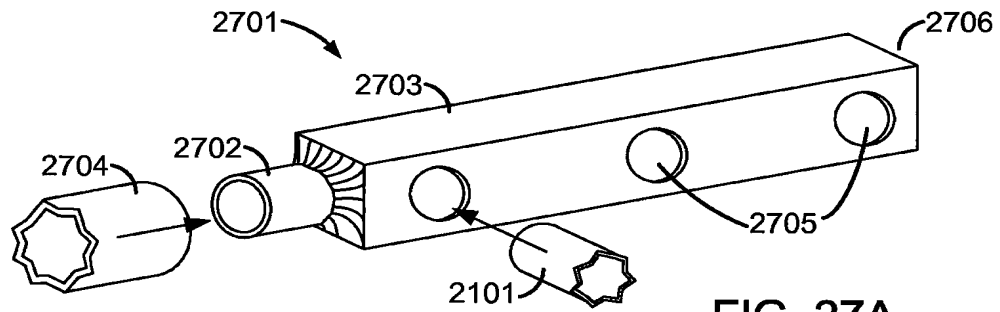


FIG. 26B



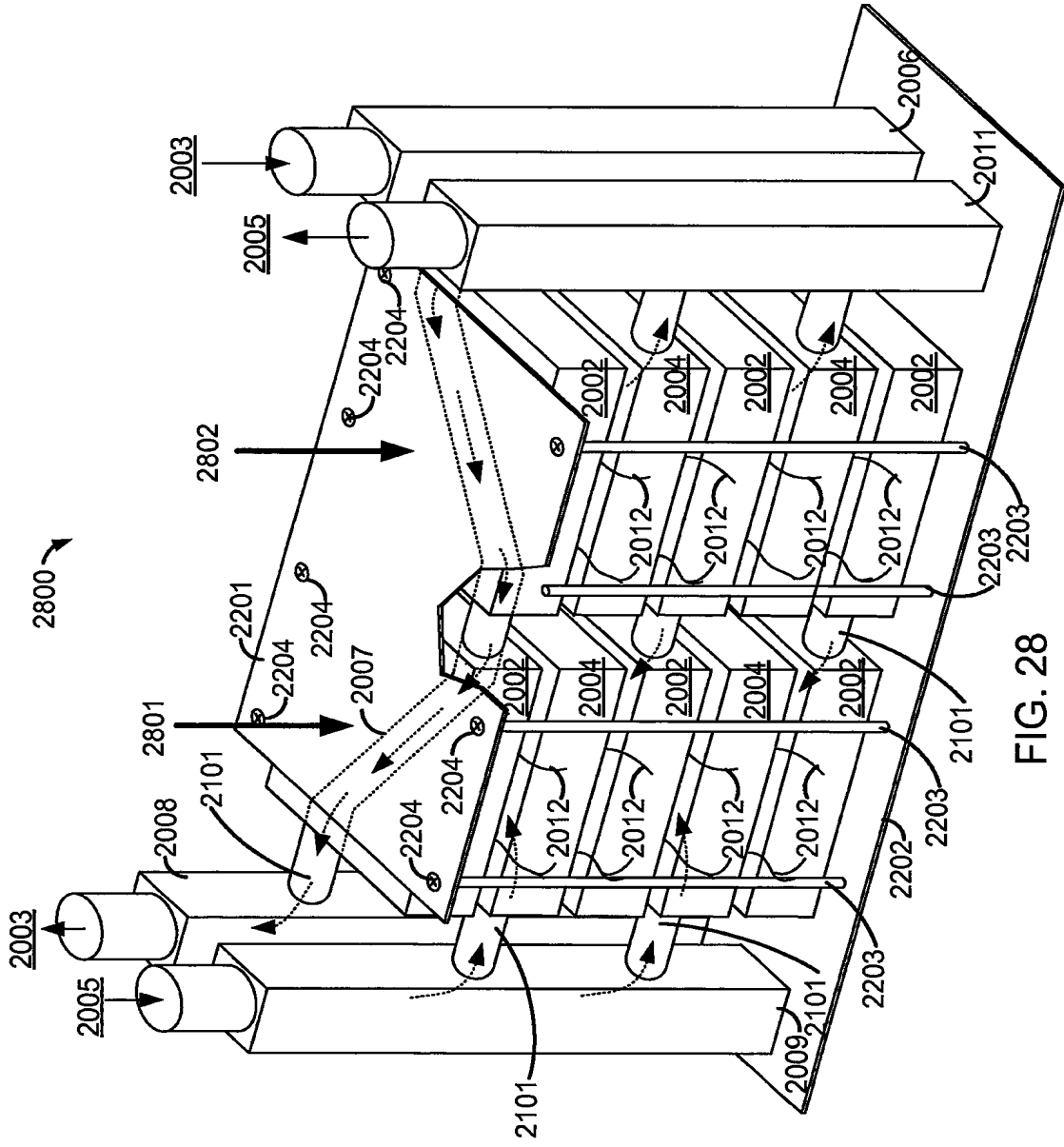
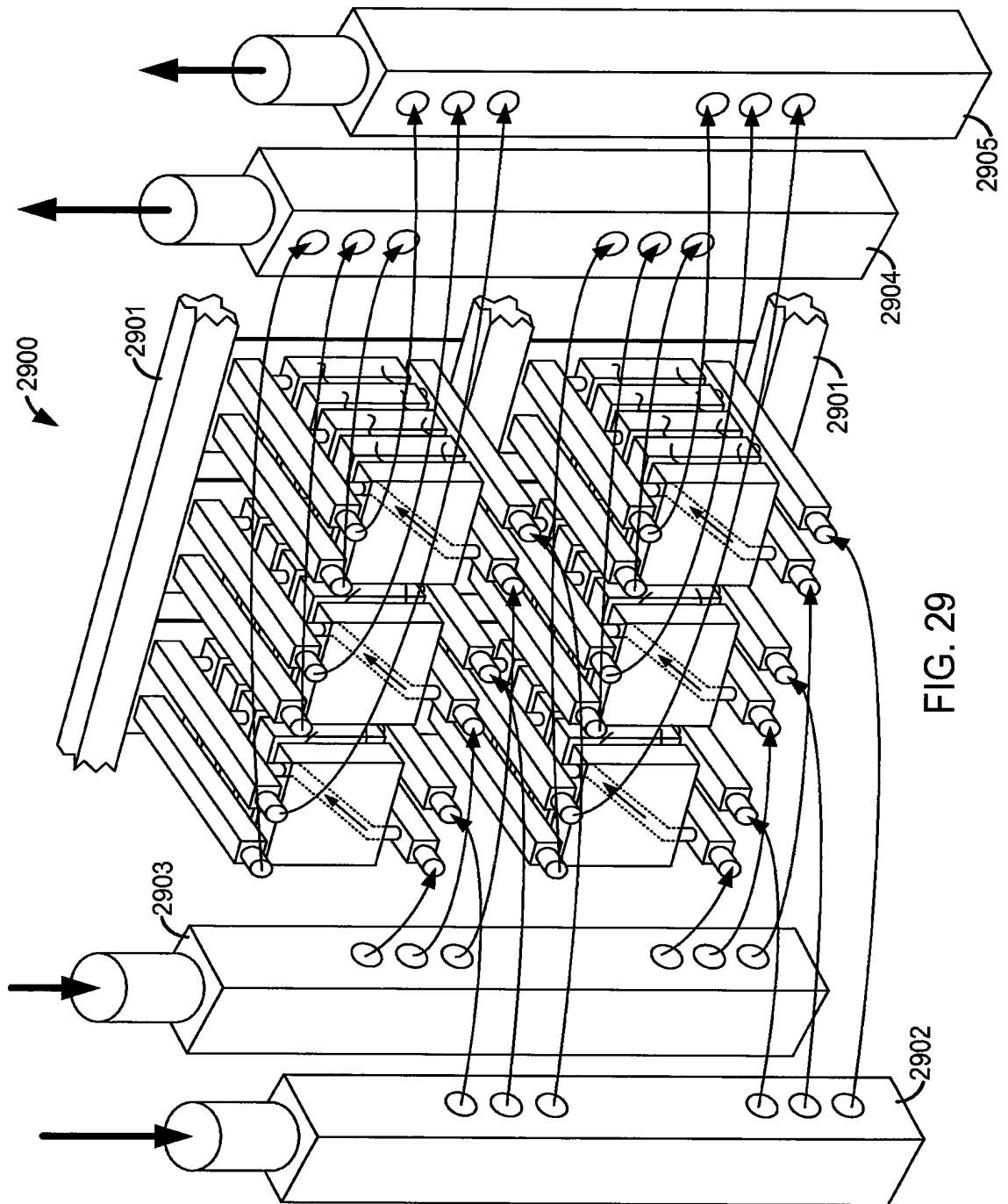


FIG. 28



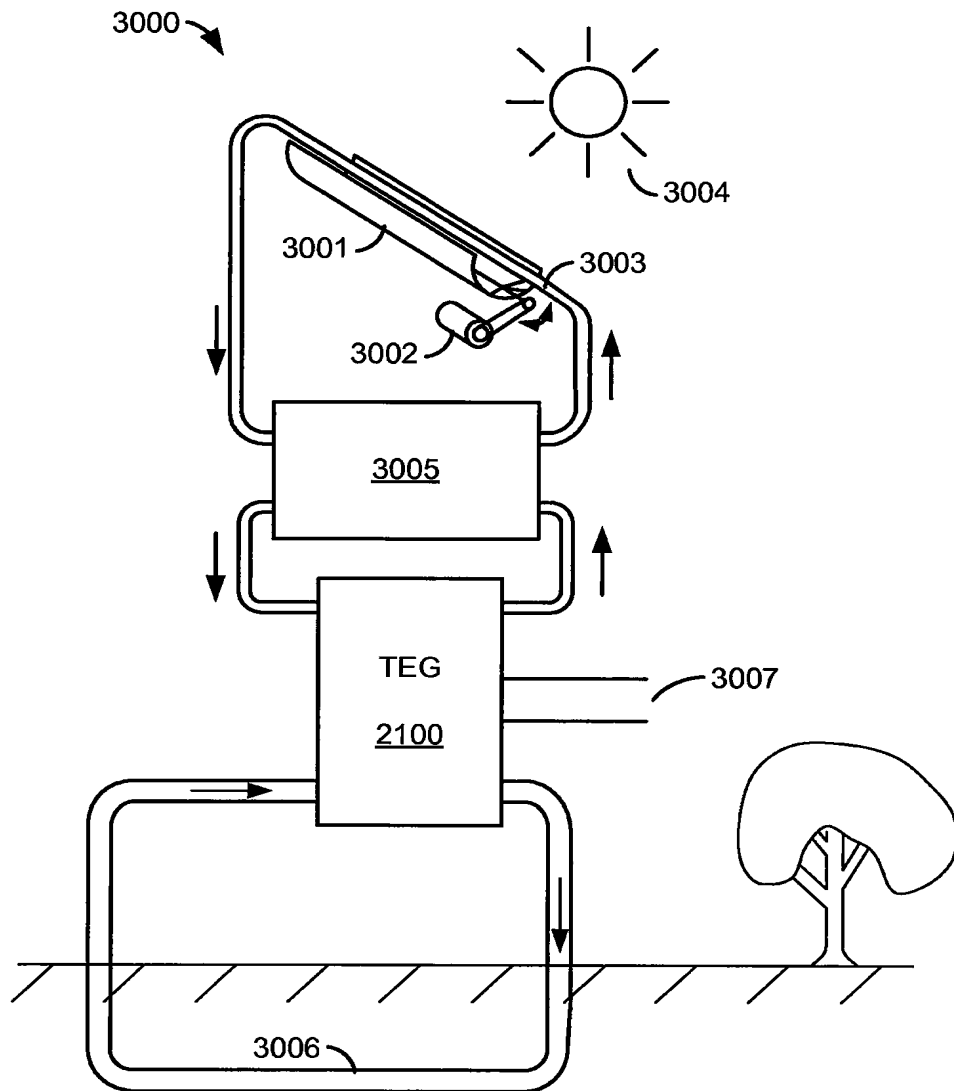


FIG. 30

RESUMO

Patente de Invenção: **"SISTEMA DE ENERGIA INTEGRADO PARA RESIDÊNCIA OU PRÉDIO INTEIRO"**.

A presente invenção refere-se a aparelhos e métodos para configurar automaticamente um sistema de geração de energia termoelétrica conforme os requisitos de uma carga. O aparelho inclui um gerador termoelétrico que gera energia elétrica quando sujeito a um diferencial de temperatura, pelo menos um componente configurável que afeta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico, um monitor que detecta pelo menos um aspecto da energia gerada pelo gerador termoelétrico e proporciona pelo menos um sinal que caracteriza a energia gerada pelo gerador termoelétrico e um controlador. O controlador é configurado para receber o pelo menos um sinal e configura o pelo menos componente configurável com base no pelo menos um sinal conforme os requisitos de uma carga para a qual a energia é suprida pelo gerador termoelétrico. O componente termoelétrico pode ser um comutador de matriz que pode reconfigurar as interconexões entre bancos incluídos no gerador termoelétrico.