



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

(11) PI 0820933-2 B1



(22) Data do Depósito: 05/12/2008

(45) Data de Concessão: 24/09/2020

(54) Título: SISTEMA PARA COMPRIMIR UM REFRIGERANTE E MÉTODO DE COMPRIMIR UM REFRIGERANTE E DE CONVERTER UM GÁS PARA UM GÁS LIQUEFEITO

(51) Int.Cl.: F25B 1/00.

(30) Prioridade Unionista: 07/12/2007 US 61/005,701.

(73) Titular(es): DRESSER-RAND COMPANY.

(72) Inventor(es): KYLE W. LIKSOW; KEVIN M. FRANK; PATRICE C. BARDON.

(86) Pedido PCT: PCT US2008085640 de 05/12/2008

(87) Publicação PCT: WO 2009/073838 de 11/06/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 07/06/2010

(57) Resumo: SISTEMA DE COMPRESSOR E MÉTODO PARA SISTEMA DE LIQUEFAÇÃO DE GÁS. A presente invenção refere-se a um sistema e método de acordo com o qual um compressor tendo um primeiro eixo é fornecido, e a uma turbina a gás aeroderivativa, para acionar o compressor, é fornecida, a turbina a gás aeroderivativa incluindo um gerador de gás e uma turbina de potência acoplada ao gerador de gás, a turbina de potência tendo um segundo eixo acoplado diretamente ao primeiro eixo do compressor para acionar diretamente o primeiro eixo.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"SISTEMA PARA COMPRIMIR UM REFRIGERANTE E MÉTODO DE COMPRIMIR UM REFRIGERANTE E DE CONVERTER UM GÁS PARA UM GÁS LIQUEFEITO"**.

Referência Cruzada a Pedido Relacionado

[0001] Este pedido reivindica o benefício da data de depósito do pedido de patente provisório U.S. número 61/005.701, depositado em 7 de dezembro de 2007, cuja revelação está incorporada neste documento pela referência.

Antecedentes

[0002] A presente invenção refere-se em geral a sistemas de compressores, e em particular a sistemas de compressores para uso, por exemplo, com sistemas de liquefação de gás e incluindo turbinas a gás aeroderivativas.

Sumário

[0003] Modalidades da invenção podem fornecer um sistema incluindo um sistema de compressor através do qual um refrigerante é adaptado para fluir, um compressor do sistema incluindo um primeiro eixo; e uma turbina a gás aeroderivativa para acionar o compressor, a turbina a gás aeroderivativa incluindo um gerador de gás; e uma turbina de potência de baixa velocidade acoplada ao gerador de gás, a turbina de potência de baixa velocidade incluindo um segundo eixo acoplado diretamente ao primeiro eixo do compressor para acionar diretamente o primeiro eixo; em que as respectivas velocidades rotacionais dos primeiro e segundo eixos são substancialmente iguais.

[0004] Modalidades da descrição podem fornecer adicionalmente um método incluindo fornecer um compressor incluindo um primeiro eixo; fornecer uma turbina a gás aeroderivativa incluindo uma turbina de potência incluindo um segundo eixo; acoplar diretamente o segundo eixo da turbina de potência ao primeiro eixo do compressor; circular

um refrigerante através do compressor; e pressurizar o refrigerante com o compressor, incluindo acionar diretamente o compressor usando a turbina a gás aeroderivativa, incluindo girar o primeiro eixo da turbina de potência em uma primeira velocidade rotacional; e girar o segundo eixo do compressor em uma segunda velocidade rotacional; em que as primeira e segunda velocidades rotacionais são substancialmente iguais.

[0005] Modalidades da descrição podem fornecer adicionalmente um método incluindo fornecer um sistema de liquefação de gás incluindo um compressor e uma turbina a gás aeroderivativa acoplada a ele, a turbina a gás aeroderivativa incluindo um gerador de gás e uma turbina de potência acoplada a ele; desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular; executar manutenção pelo menos na turbina a gás aeroderivativa; e acoplar novamente a turbina a gás aeroderivativa ao restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular após desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular.

Breve Descrição dos desenhos

[0006] A presente descrição é mais bem entendida a partir da descrição detalhada a seguir quando lida com as figuras anexas. É enfatizado que, de acordo com a prática padrão na indústria, vários recursos não estão desenhados em escala. De fato, as dimensões dos vários recursos podem estar aumentadas ou reduzidas arbitrariamente para clareza de discussão.

[0007] A figura 1 ilustra um diagrama de um sistema de acordo com uma modalidade exemplar, o sistema incluindo um compressor, uma turbina a gás aeroderivativa, um trocador de calor, um condensador e um elemento de expansão, tal como uma válvula de expansão, de acordo com respectivas modalidades exemplares.

[0008] A figura 2 ilustra uma vista diagramática parcial/seccional parcial da turbina a gás aeroderivativa e do compressor da figura 1, de acordo com respectivas modalidades exemplares.

[0009] A figura 3 ilustra uma vista diagramática parcial/seccional parcial da turbina a gás aeroderivativa das figuras 1 e 2, de acordo com uma modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa incluindo um gerador de gás e uma turbina de potência de acordo com respectivas modalidades exemplares.

[00010] A figura 4 ilustra uma vista diagramática parcial/seccional parcial da turbina de potência da figura 3, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00011] A figura 5 ilustra uma vista diagramática parcial/seccional parcial do compressor das figuras 1 e 2, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00012] A figura 6 ilustra um fluxograma de um método de operar o sistema da figura 1, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00013] A figura 7 ilustra um fluxograma de uma etapa do método da figura 6, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00014] A figura 8 ilustra um fluxograma de uma etapa da etapa da figura 7, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00015] A figura 9 ilustra um fluxograma de uma etapa da etapa da figura 8, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00016] A figura 10 ilustra um fluxograma de uma etapa da etapa da figura 9, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00017] A figura 11 ilustra um fluxograma de uma etapa da etapa da figura 10, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00018] A figura 12 ilustra um gráfico de cálculos exemplares mostrando uma comparação entre a turbina a gás aeroderivativa das figuras 1-4 e uma outra turbina a gás aeroderivativa, de acordo com respectivas modalidades exemplares.

[00019] A figura 13A ilustra um fluxograma de um método de executar manutenção no sistema de liquefação de gás da figura 1, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00020] A figura 13B ilustra um fluxograma de uma etapa do método da figura 13A, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00021] A figura 13C ilustra um fluxograma de um método de executar manutenção no sistema de liquefação de gás da figura 1, de acordo com uma modalidade exemplar.

[00022] A figura 14 ilustra um gráfico de cálculos exemplares mostrando uma comparação entre a turbina a gás aeroderivativa das figuras 1-4 e uma outra turbina a gás aeroderivativa, de acordo com respectivas modalidades exemplares.

[00023] A figura 15 ilustra um sistema de acordo com uma modalidade exemplar, o sistema incluindo o compressor, a turbina a gás aeroderivativa, o trocador de calor, o condensador e a válvula de expansão da figura 1.

Descrição Detalhada

[00024] É para ser entendido que a descrição a seguir descreve diversas modalidades exemplares para implementar diferentes recursos, estruturas ou funções da invenção. Modalidades exemplares de componentes, arranjos e configurações são descritas a seguir para simplificar a presente descrição, entretanto estas modalidades exemplares são fornecidas meramente como exemplos e não são pretendidas para limitar o escopo da invenção. Adicionalmente, a presente descrição pode repetir números de referência e/ou letras nas várias modalidades exemplares e através das figuras fornecidas neste documento. Esta repetição é para o propósito de simplicidade e clareza e não dita por si mesma uma relação entre as várias modalidades e/ou configurações exemplares discutidas nas várias figuras. Além disso, a formação de um primeiro recurso sobre ou em um segundo recurso na descrição

que segue pode incluir modalidades nas quais os primeiro e segundo recursos são formados em contato direto, e também podem incluir modalidades nas quais recursos adicionais podem ser formados se interpondo aos primeiro e segundo recursos, de tal maneira que os primeiro e segundo recursos podem não estar em contato direto. Finalmente, as modalidades exemplares apresentadas a seguir podem ser combinadas em qualquer combinação de modos, isto é, qualquer elemento de uma modalidade exemplar pode ser usado em qualquer outra modalidade exemplar, sem divergir do escopo da descrição.

[00025] Adicionalmente, certos termos são usados por toda a descrição e concretizações a seguir ao se referirem aos componentes particulares. Como os versados na técnica perceberão, várias entidades podem se referir ao mesmo componente por nomes diferentes e, como tal, a convenção de nomenclatura para os elementos descritos neste documento não é pretendida para limitar o escopo da invenção, a não ser que definido especificamente de outro modo neste documento. Adicionalmente, a convenção de nomenclatura usada neste documento não é pretendida para distinguir entre componentes que diferem em nome, mas não em função. Adicionalmente, na discussão e nas concretizações a seguir, os termos "incluindo" e "compreendendo" são usados em um modo aberto, e assim devem ser interpretados como significando "incluindo, mas não se limitando a". Todos os valores numéricos nesta descrição podem ser valores exatos ou aproximados a não ser que relatados especificamente de outro modo. Desta maneira, várias modalidades da descrição podem se afastar dos números, valores e faixas descritos neste documento sem divergir do escopo pretendido.

[00026] A figura 1 ilustra, em uma modalidade exemplar, um sistema de liquefação de gás, o qual está referido de uma maneira geral pelo número de referência 10 e inclui um sistema de compressor 11

incluindo um compressor 12 e uma turbina a gás aeroderivativa 14 acoplada a ele, a turbina a gás aeroderivativa 14 incluindo um gerador de gás 16 e uma turbina de potência 18 acoplada a ele. O compressor 12 é acoplado diretamente à turbina a gás aeroderivativa 14 por meio de um acoplamento 20. Um eixo central 22 é definido pelo compressor 12, turbina a gás aeroderivativa 14 e pelo acoplamento direto entre eles. O compressor 12 é acoplado fluidicamente entre um trocador de calor 24 e um condensador 26 por meio das linhas 28 e 30, respectivamente. Um elemento de expansão, tal como uma válvula de expansão 32, é acoplado fluidicamente entre o condensador 26 e o trocador de calor 24 por meio das linhas 34 e 36, respectivamente. O trocador de calor 24, o compressor 12, o condensador 26, a válvula de expansão 32 e as linhas 28, 30, 34 e 36 formam conjuntamente um laço 38, ou são pelo menos uma parte dele, através do qual um refrigerante é adaptado para circular em uma direção indicada pelas setas 40, 42, 44 e 46, sob condições a serem descritas a seguir. Além de ser acoplado fluidicamente ao compressor 12 e à válvula de expansão 32 por meio das linhas 28 e 36, respectivamente, o trocador de calor 24 também é acoplado fluidicamente entre as linhas 48 e 50, por meio das quais um gás é adaptado para entrar e sair, respectivamente, do trocador de calor 24, tal como indicado pelas setas 52 e 54. Em diversas modalidades exemplares, um ou mais de o laço 38 e as linhas 48 e 50 são, se incluem em, ou são pelo menos uma parte de, um ou mais estágios de resfriamento do sistema de liquefação de gás 10, sob condições a serem descritas a seguir. Em diversas modalidades exemplares, em vez de, ou além da válvula de expansão 32, um outro elemento de expansão é acoplado fluidicamente entre o condensador 26 e o trocador de calor 24 por meio das linhas 34 e 36, respectivamente, tal como, por exemplo, um turboexpansor, um outro tipo de equipamento de expansão e/ou qualquer combinação dos mesmos.

[00027] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 2 e com referência continuada à figura 1, a turbina de potência 18 inclui um eixo de acionamento giratório 56 tendo as partes de extremidades opostas 56a e 56b, o compressor 12 inclui um eixo de compressor rotativo 58 tendo partes de extremidades opostas 58a e 58b, e o acoplamento 20 inclui as partes de extremidades opostas 20a e 20b. Cada um dos eixos 56 e 58 de uma maneira geral é alinhado axialmente com o eixo central 22. A parte de extremidade 20a do acoplamento 20 é acoplada à parte de extremidade 56b do eixo 56 da turbina de potência 18, e a parte de extremidade 20b do acoplamento 20 é acoplada à parte de extremidade 58a do eixo 58 do compressor 12. Em uma modalidade exemplar, o acoplamento 20 inclui um ou mais acoplamentos tais como, por exemplo, um ou mais carretéis. Em uma modalidade exemplar, o acoplamento 20 inclui um ou mais acoplamentos tais como, por exemplo, um ou mais carretéis, os quais são configurados para acoplar diretamente o eixo 56 ao eixo 58 de maneira que o eixo 56 aciona diretamente o eixo 58, sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, o acoplamento 20 é omitido e a parte de extremidade 56b do eixo 56 é acoplada à parte de extremidade 58a do eixo 58 de maneira que o eixo 56 aciona diretamente o eixo 58, sob condições a serem descritas a seguir. Em diversas modalidades exemplares, além de um ou mais acoplamentos, ou em vez disto, tais como, por exemplo, um ou mais carretéis, o acoplamento 20 inclui um ou mais outros tipos de dispositivos e/ou sistemas configurados para acoplar diretamente o eixo 56 ao eixo 58 de maneira que o eixo 56 aciona diretamente o eixo 58.

[00028] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 3 e com referência continuada às figuras 1 e 2, o gerador de gás 16 da turbina a gás aeroderivativa 14 inclui uma entrada 60 e uma saída 62 acoplada fluidicamente a ela e um alojamento 64. Um compressor 66 é

disposto no alojamento 64 e é acoplado fluidicamente à entrada 62. Em uma modalidade exemplar, o compressor 66 inclui um ou mais compressores axiais. Uma câmara de combustão 68 incluindo um combustor 70 é acoplada fluidicamente entre o compressor 66 e a saída 62. Em diversas modalidades exemplares, a entrada 60 é acoplada fluidicamente a uma ou mais linhas, calhas, tubos, condutos ou coisa parecida (não mostrados) por meio do que o ar é adaptado para ser direcionado para a entrada 60, sob condições a serem descritas a seguir.

[00029] A turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 inclui um envoltório 72, uma entrada 74 acoplada fluidicamente à saída 62 do gerador de gás 16, e uma exaustão 76 acoplada fluidicamente à entrada 74. Uma câmara de turbina 78 é acoplada fluidicamente entre a entrada 74 e a exaustão 76. Uma pluralidade dos estágios de expansão 80 é disposta dentro da câmara de turbina 78. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 pesa cerca de 1.476,44 quilos (3.255 libras). Em diversas modalidades exemplares, a exaustão 76 é acoplada fluidicamente a uma ou mais linhas, calhas, tubos, condutos ou coisa parecida (não mostrados) por meio do que o gás quente é adaptado para ser direcionado para longe da exaustão 76, sob condições a serem descritas a seguir.

[00030] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 4 e com referência continuada às figuras 1-3, a pluralidade dos estágios de expansão 80 da turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 inclui seis (6) estágios de expansão, isto é, os estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f, cada um dos quais inclui uma pá de rotor 82 e uma palheta de bocal estática 84 disposta próxima a ela. Cada uma das palhetas de bocal estáticas 84 é acoplada ao envoltório 72 da turbina de potência 18. Em uma modalidade exemplar, cada uma das palhetas de bocal estáticas 84 é acoplada ao en-

voltório 72 da turbina de potência 18 por meio de um envoltório anular separado (não mostrado). Cada uma das pás de rotor 82 é acoplada ao eixo 56 e se estende radialmente para longe dele, e é adaptada para girar dentro do envoltório 72, sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, um rotor 86 é acoplado ao eixo 56, e cada uma das pás de rotor 82 é acoplada ao rotor 86 e se estende radialmente para longe dele, fornecendo assim o acoplamento entre as pás 82 e o eixo 56.

[00031] Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 é uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) e os estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f da turbina de potência 18 são configurados para acionar o eixo 56 e assim o eixo 58 em uma velocidade rotacional de cerca de 3.600 rotações por minuto (rpm), sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 é uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) e os estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f da turbina de potência 18 são configurados para acionar o eixo 56 e assim o eixo 58 em uma velocidade rotacional de cerca de 3.600 rotações por minuto (rpm) e para produzir uma classificação de potência de menos que cerca de 55.000 cavalos-vapor (HP), sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 é uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) e os estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f da turbina de potência 18 são configurados para acionar o eixo 56 e assim o eixo 58 em uma velocidade rotacional de menos que cerca de 3.800 rotações por minuto (rpm) e para produzir uma classificação de potência de menos que cerca de 50.000 cavalos-vapor (HP), sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, em vez de seis (6) estágios de expansão, a pluralidade dos estágios de expansão 80 da turbina de potência 18 inclui quatro (4) estágios de expansão. Em

diversas modalidades exemplares, em vez de seis (6) ou quatro (4) estágios de expansão, a pluralidade dos estágios de expansão 80 da turbina de potência 18 inclui uma quantidade diferente de estágios de expansão. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 é configurada para acionar o eixo 56 e assim o eixo 58 em uma velocidade rotacional dentro de uma faixa predeterminada de velocidades rotacionais, sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 é configurada para acionar o eixo 56 e assim o eixo 58 em uma velocidade rotacional variando de cerca de 2.000 rpm a cerca de 4.000 rpm, sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, a velocidade máxima na qual a turbina de potência 18 é configurada para acionar o eixo 56 e assim o eixo 58 é de cerca de 3.780 rpm. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 tem uma classificação ISO (15 graus C) de 45.100 cavalos-vapor, com uma potência de pico de cerca de 49.900 cavalos-vapor perto de -5 graus C. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 tem uma classificação de potência de menos que cerca de 55.000 cavalos-vapor (HP). Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 tem uma classificação de potência de menos que cerca de 50.000 cavalos-vapor (HP). Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 é uma unidade modular da turbina a gás aeroderivativa 14, e a ela é permitido ser desacoplada do gerador de gás 16 e ser acoplada novamente a ele como uma unidade modular, sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência 18 pesa cerca de 1.476,44 quilos (3.255 libras).

[00032] Em uma modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa 14 tem um peso relativamente baixo. Em uma modalidade exemplar, o gerador de gás 16 tem um peso variando de cerca de 2.081,99 quilos (4.590 libras) a cerca de 3.458,64 quilos (7.625 libras). Em uma

modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa 14 tem um peso variando de cerca de 3.558,43 quilos (7.845 libras) a cerca de 4.935,08 quilos (10.880 libras). Em uma modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa 14 é uma turbina a gás aeroderivativa LSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) com seis (6) estágios de expansão, cujo tipo de turbina a gás aeroderivativa é obtível comercialmente da GE Aviation, Evendale, Ohio, USA, a qual é uma subsidiária da General Electric Company, Fairfield, Connecticut, USA. Em uma modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa 14 é um outro tipo de turbina a gás aeroderivativa obtível comercialmente.

[00033] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 5 e com referência continuada às figuras 1-4, o compressor 12 inclui um envoltório 88, uma entrada 90 e uma saída (não mostrada) acoplada fluidicamente à entrada 90. Uma pluralidade dos impulsores 92 é acoplada ao eixo 58 e é configurada para girar juntamente com o eixo 58, sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, o compressor 12 é configurado para operar com um refrigerante fluindo através dele em uma taxa de fluxo variando de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto (ACFM)) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 ACFM), com o eixo 58 sendo acionado diretamente pelo eixo 56 da turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 em uma velocidade rotacional variando de cerca de 2.000 rpm a cerca de 4.000 rpm, pressurizando assim o refrigerante a uma pressão absoluta na descarga do compressor 12 variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada (psia)) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 psia), sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, o compressor 12 é configurado para operar com um refrigerante fluindo através dele

em uma taxa de fluxo variando de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto (ACFM)) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 ACFM), com o eixo 58 sendo acionado diretamente pelo eixo 56 da turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 em uma velocidade rotacional de cerca de 3.600 rpm, pressurizando assim o refrigerante a uma pressão na descarga do compressor 12 variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 psia) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 psia), sob condições a serem descritas a seguir. Em uma modalidade exemplar, o compressor 12 é, inclui, ou é pelo menos uma parte de um compressor centrífugo. Em uma modalidade exemplar, o compressor 12 é um compressor centrífugo DATUM®, cujo tipo de compressor é obtível comercialmente da Dresser-Rand Company, Houston, Texas, USA. Em uma modalidade exemplar, o compressor 12 é um outro tipo de compressor centrífugo obtível comercialmente.

[00034] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 6 e com referência continuada às figuras 1-5, um método de operar o sistema 10 é referido de uma maneira geral pelo número de referência 96 e inclui receber um fluido em um estado gasoso no sistema 10 na etapa 98, converter pelo menos uma parte do fluido para o estado gasoso para um estado líquido na etapa 100 incluindo submeter o fluido a um ou mais estágios de resfriamento na etapa 102, e descarregar o fluido do sistema 10 na etapa 104. Em uma modalidade exemplar, o fluido no estado gasoso recebido no sistema 10 na etapa 98 é gás natural, e pelo menos uma parte do fluido é gás natural liquefeito quando o fluido é descarregado do sistema 10 na etapa 104.

[00035] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 7 e com referência continuada às figuras 1-6, submeter o fluido a um ou mais estágios de resfriamento na etapa 102 inclui receber o fluido

no trocador de calor 24 por meio da linha 48 na etapa 106, remover calor do fluido usando o trocador de calor 24 na etapa 108, e descarregar o fluido do trocador de calor 24 por meio da linha 50 na etapa 110.

[00036] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 8 e com referência continuada às figuras 1-7, para remover calor do fluido usando o trocador de calor 24 na etapa 108, um refrigerante é circulado através do laço 38 na etapa 112, e calor é transferido do fluido para o refrigerante na etapa 114 durante a circulação do refrigerante através do laço 38 na etapa 112. Na etapa 112, o refrigerante flui continuamente através do compressor 12, da linha 30, do condensador 26, da linha 34, da válvula de expansão 32, da linha 36, do trocador de calor 24 e da linha 28, tal como indicado pelas setas 40, 42, 44 e 46 (mostradas na figura 1). Em uma modalidade exemplar, o refrigerante circulado através do laço 38 na etapa 112 é propano. Em uma modalidade exemplar, o refrigerante circulado através do laço 38 na etapa 112 é etileno. Em uma modalidade exemplar, o refrigerante circulado através do laço 38 na etapa 112 é metano. Em uma modalidade exemplar, o refrigerante circulado através do laço 38 na etapa 112 é um gás com peso molecular relativamente alto.

[00037] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 9 e com referência continuada às figuras 1-8, para transferir calor do fluido para o refrigerante na etapa 114 durante a etapa 112, o refrigerante é comprimido usando o compressor 12 na etapa 116, pressurizando assim o refrigerante. O calor é removido do refrigerante usando o condensador 26 na etapa 118, e o refrigerante é expandido usando a válvula de expansão 106 na etapa 120. Calor é transferido do fluido escoando através do trocador de calor 24 e para o refrigerante fluindo através do trocador de calor 24 na etapa 122. As etapas 116, 118, 120 e 122 são repetidas continuamente durante a circulação do refrigerante.

te através do laço 38 na etapa 114. Em uma modalidade exemplar, as etapas 116, 118, 120 e 122 formam conjuntamente um ou mais ciclos de refrigeração ou são pelo menos uma parte deles.

[00038] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 10 e com referência continuada às figuras 1-9, para comprimir o refrigerante usando o compressor 12 na etapa 116, o refrigerante é recebido no compressor 12 por meio da linha 28 e da entrada 90 na etapa 124, o eixo 58 é acionado diretamente pela turbina a gás aeroderivativa 14 para assim girar os impulsores 92 e pressurizar o refrigerante na etapa 126, e o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor 12 e para dentro da linha 30 na etapa 128. Durante cada uma das etapas 124, 126 e 128, a taxa de fluxo do refrigerante varia de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 ACFM) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 ACFM). Como resultado da pressurização do refrigerante na etapa 126, o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor 12 na etapa 128 em uma pressão variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 psia) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 psia). Durante a etapa 126, o eixo 58 do compressor 12 é acionado diretamente pela turbina a gás aeroderivativa 14 de maneira que o eixo 58 gira no lugar em volta do eixo 22 em uma velocidade rotacional variando de cerca de 2.000 rpm a cerca de 4.000 rpm. Em uma modalidade exemplar, durante a etapa 126, o eixo 58 do compressor 12 é acionado diretamente pela turbina a gás aeroderivativa 14 de maneira que o eixo 58 gira no lugar em volta do eixo 22 em uma velocidade rotacional de cerca de 3.600 rpm.

[00039] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 11 e com referência continuada às figuras 1-10, para acionar diretamente o eixo 58 do compressor 12 usando a turbina a gás aeroderivativa 14 na etapa 126, ar flui para dentro do gerador de gás 16, e assim

para dentro da turbina a gás aeroderivativa 14, por meio da entrada 60 do gerador de gás 16 na etapa 130, o ar é comprimido pelo compressor 66 do gerador de gás 16 na etapa 132, e o ar comprimido é misturado com combustível e inflamado para produzir gás quente na câmara de combustão 68 do gerador de gás 16 na etapa 134. O gás quente sai do gerador de gás 16 por meio da saída 62 do gerador de gás 16 e entra na turbina de potência 18 por meio da entrada 74 da turbina de potência 18 na etapa 136. O gás quente é direcionado através dos estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f da turbina de potência 18 na etapa 138, induzindo assim o eixo 56 da turbina de potência 18 para girar no lugar em volta do eixo 22, o que por sua vez aciona diretamente o eixo 58 do compressor 12. Mais particularmente, à medida que o gás quente flui através de cada um dos estágios 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f, a palheta de bocal estática 84 correspondente direciona o gás quente contra a pá de rotor 82 correspondente, fazendo assim com que torque seja exercido sobre o eixo 56, induzindo assim o eixo 56 para girar no lugar em volta do eixo 22. Uma vez que o eixo 56 da turbina de potência 18 é acoplado diretamente ao eixo 58 do compressor 12, a rotação do eixo 56 na etapa 138 aciona diretamente o eixo 58, induzindo o eixo 58 do compressor 12 para girar durante a rotação do eixo 56 da turbina de potência 18 na etapa 140. Como resultado, durante pelo menos uma parte da etapa 140, as respectivas velocidades rotacionais dos eixos 56 e 58 são substancialmente iguais. Em uma modalidade exemplar, durante pelo menos uma parte da etapa 140, a velocidade rotacional de cada um dos eixos 56 e 58 varia de cerca de 2.000 rpm a cerca de 4.000 rpm. Em uma modalidade exemplar, durante pelo menos a etapa 140, a velocidade rotacional de cada um dos eixos 56 e 58 é de cerca de 3.600 rpm. O gás quente sai da turbina de potência 18 e assim da turbina a gás aeroderivativa 14 por meio da exaustão 76 da turbina de potência 18 na etapa 142.

Em diversas modalidades exemplares, durante pelo menos uma parte da circulação do refrigerante através do laço 38 na etapa 112, as etapas 132, 134, 136, 138, 140 e 142 ocorrem simultaneamente e/ou são repetidas continuamente.

[00040] O acoplamento direto descrito anteriormente do eixo 56 da turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 com o eixo 58 do compressor 12 permite ao eixo 56 acionar diretamente o eixo 58 na etapa 126. Uma vez que o eixo 56 aciona diretamente o eixo 58 do compressor 12 na etapa 126, dispositivos de mudança de velocidade, tais como, por exemplo, caixas de engrenagens, conjunto de engrenagens e/ou mecanismos similares, não são necessários para o eixo 56 acionar o eixo 58. O acoplamento direto descrito anteriormente entre os eixos 56 e 58 elimina a necessidade de uma caixa de engrenagens. A eliminação da necessidade de um dispositivo de mudança de velocidade, tal como uma caixa de engrenagens, para acionar o compressor 12 fornece liquefação adicional do gás fluindo para dentro do trocador de calor 24 por meio da linha 48 por causa do rendimento de compressor aumentado que surge da recuperação de perdas de energia por atrito que são associadas com uma caixa de engrenagens, as quais tipicamente são na ordem de 1,5%. Adicionalmente, a eliminação da necessidade de uma caixa de engrenagens para acionar o compressor 12 fornece confiabilidade e disponibilidade de equipamento incremental por causa da eliminação de uma peça principal de maquinário rotativo. Ainda adicionalmente, a eliminação da necessidade de uma caixa de engrenagens para acionar o compressor 12 fornece uma área ocupada de instalação reduzida ao eliminar a caixa de engrenagens da linha de maquinário rotativo.

[00041] Em uma modalidade calculada exemplar, tal como ilustrado na figura 12 e com referência continuada às figuras 1-11, cálculos exemplares foram conduzidos, cujos resultados de cálculos indicaram

que o uso da turbina a gás aeroderivativa 14 tendo a turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) 18 com os seis (6) estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa LSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) com seis (6) estágios de expansão, cujo tipo de turbina a gás aeroderivativa é obtenível comercialmente da GE Aviation, Evendale, Ohio, USA, forneceria mais potência no eixo do que o uso de uma turbina a gás aeroderivativa tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa HSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão, cujo tipo de turbina de potência de alta velocidade pode ser uma Dresser-Rand VECTRA® 40G4, a qual é obtenível comercialmente da Dresser-Rand Company, Houston, Texas, USA, ou cujo tipo de turbina de potência de alta velocidade pode ser uma General Electric PGT25+G4, a qual é obtenível comercialmente da GE Oil and Gas, Florença, Itália; de fato, em uma modalidade calculada exemplar, resultados de cálculos exemplares indicaram que, com todos os outros parâmetros sendo os mesmos, o uso da turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) 18 tendo os seis (6) estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f na turbina a gás aeroderivativa 14 ofereceria mais potência no eixo do que uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) tendo dois (2) estágios de expansão na turbina a gás aeroderivativa 14 em todas as condições locais para a temperatura de controle convencional T48 de 843,88 graus C (1.551 graus F). Estes resultados de cálculos exemplares foram inesperados. Mais particularmente, tal como mostrado na figura 12, cálculos exemplares foram conduzidos usando o programa de ciclo de desempenho do fabricante de turbina a gás de acordo com a ASME PTC 22-2005, cujos resultados de cálculos indicaram que,

com a base de desempenho e todos os outros parâmetros sendo os mesmos, o uso da turbina a gás aeroderivativa 14 tendo a turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) 18 com os seis (6) estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa LSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) com seis (6) estágios de expansão, ofereceria mais potência no eixo sobre uma faixa de temperaturas ambientes, tal como, por exemplo, aproximadamente 1,17% mais potência no eixo em uma temperatura ambiente variando de cerca de 22 a cerca de 23 graus C, aproximadamente 1,57% mais potência no eixo em uma temperatura ambiente de cerca de 27 graus C, e aproximadamente 1,38% mais potência no eixo em uma temperatura ambiente variando de cerca de 32 a cerca de 33 graus C, quando comparado com o uso de uma turbina a gás aeroderivativa tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa HSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão. Estes resultados de cálculos exemplares foram inesperados. Com base nestes resultados de cálculos exemplares inesperados foi determinado que, com base na mesma temperatura T48, uma turbina a gás aeroderivativa tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) com seis (6) estágios de expansão forneceria mais potência do que uma turbina a gás aeroderivativa tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão. Esta determinação, a qual foi baseada nos resultados de cálculos exemplares, foi inesperada. A base e/ou parâmetros de desempenho para os cálculos exemplares, cujos resultados de cálculos estão mostrados na figura 12, incluíram o seguinte: temperatura de controle T48 convencional de 843,88 graus C (1.551 graus F); perdas de pressão de entrada e exaustão de 100 mm

de H₂O; umidade relativa de 70%; barômetro de 101,2 kPa (1,012-barA); combustor de baixas emissões secas (DLE); gás combustível como exemplo de alimentação de projeto, fornecimento a 25 graus C; velocidade de eixo de 100% com 3.600 rpm para LSPT e 6.100 rpm para HSPT; e perdas de engrenagem não consideradas. Com base no resultados de cálculos exemplares inesperados mostrados na figura 12, cálculos exemplares adicionais foram conduzidos, cujos resultados de cálculos indicaram que o benefício incremental na produção de gás natural liquefeito (LNG) por causa da seleção de uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) na turbina a gás aeroderivativa 14 no lugar de uma turbina de alta velocidade (HSPT) na turbina a gás aeroderivativa 14 seria um valor presente líquido (NPV) de cerca de \$176.000.000 com relação à receita de operação (OI); o aumento de potência no eixo mostrado na figura 12 capacitaria a quantidade de fluido convertido para um estado líquido, tal como, por exemplo, a quantidade de gás natural liquefeito produzido, para aumentar, resultando em um NPV de \$176.000.000 com relação à receita de operação (OI). As suposições para estes cálculos exemplares incluíram o seguinte: período de ciclo de vida de 25 anos; valor presente líquido (NPV) baseado em desconto anual de 15%; custo de projeto de oito bilhões de dólares; interesse de empréstimo de banco financeiro de 5%; preço de gás na entrada da instalação (na grade) de 3,5 \$ por MBtu; preço de gás em cais (preço de LNG de 75% de Henry Hubb) de 6,26 \$ por MBtu; preço de LNG por tonelada de 327,7 \$ por tonelada; preço de ponto de LNG de 655,3 \$ por tonelada; tamanho de instalação de 4,3 MTPA por linha ou LNG; e duas linhas de LNG.

[00042] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 13A e com referência continuada às figuras 1-12, um método de executar manutenção no sistema de liquefação de gás 10 está referido de uma maneira geral pelo número de referência 144 e inclui desacoplar

a turbina a gás aeroderivativa 14, incluindo o gerador de gás 16 e a turbina de potência 18, como uma unidade modular do restante do sistema 10 na etapa 146. Antes, durante e/ou após a etapa 146, manutenção é executada pelo menos na turbina a gás aeroderivativa 14 na etapa 148. Antes, durante e/ou após a etapa 148, a turbina a gás aeroderivativa 14 é acoplada novamente ao restante do sistema 10 como uma unidade modular na etapa 150.

[00043] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 13B e com referência continuada às figuras 1-13A, para desacoplar a turbina a gás aeroderivativa 14 do restante do sistema 10 como uma unidade modular na etapa 146, a turbina a gás aeroderivativa 14 é desacoplada como uma unidade modular. Mais particularmente, a entrada 60 do gerador de gás 16 da turbina a gás aeroderivativa 14 é desacoplada na etapa 152 de uma ou mais linhas, calhas, tubos, condutos ou coisa parecida (não mostrados) por meio do que o ar é direcionado para o gerador de gás 16. Antes, durante e/ou após a etapa 152, a exaustão 76 é desacoplada na etapa 154 de uma ou mais linhas, calhas, tubos, condutos ou coisa parecida (não mostrados) por meio do que o gás quente é direcionado para longe da turbina de potência 18. Antes, durante e/ou após as etapas 152 e 154, o eixo 56 da turbina de potência 18 é desacoplado do eixo 58 do compressor 12 na etapa 156, o que, em uma modalidade exemplar, inclui desacoplar a parte de extremidade 56b do eixo 56 da turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 da parte de extremidade 20a do acoplamento 20. Em diversas modalidades exemplares, a etapa 156 inclui um ou mais do seguinte: desacoplar o acoplamento 20 do eixo 58 do compressor 12; desacoplar o eixo 56 da turbina de potência 18 do acoplamento 20; desacoplar o eixo 56 da turbina de potência 18 do eixo 58 do compressor 12; desacoplar a parte de extremidade 20b da parte de extremidade 58a; e desacoplar a parte de extremidade 56b da parte de ex-

tremidade 58a. Em diversas modalidades exemplares, antes, durante e/ou após as etapas 146 e/ou 148, a turbina de potência 18 é desacoplada do gerador de gás 16 como uma unidade modular.

[00044] Em uma modalidade exemplar, para acoplar novamente a turbina a gás aeroderivativa 14 ao restante do sistema 10 na etapa 150 do método 144, a entrada 60 do gerador de gás 16 da turbina a gás aeroderivativa 14 é acoplada novamente a uma ou mais linhas, calhas, tubos, condutos ou coisa parecida (não mostrados) por meio do que o ar é direcionado para o gerador de gás 16, a exaustão 76 é acoplada novamente a uma ou mais linhas, calhas, tubos, condutos ou coisa parecida (não mostrados) por meio do que o gás quente é direcionado para longe da turbina de potência 18, o eixo 56 da turbina de potência 18 é acoplado novamente ao eixo 58 do compressor 12, o que, em uma modalidade exemplar, inclui acoplar novamente a parte de extremidade 56b do eixo 56 da turbina de potência 18 da turbina a gás aeroderivativa 14 à parte de extremidade 20a do acoplamento 20. Em diversas modalidades exemplares, acoplar novamente o eixo 56 ao eixo 58 inclui um ou mais do seguinte: acoplar novamente o acoplamento 20 ao eixo 58 do compressor 12; acoplar novamente o eixo 56 da turbina de potência 18 ao acoplamento 20; acoplar novamente o eixo 56 da turbina de potência 18 ao eixo 58 do compressor 12; acoplar novamente a parte de extremidade 20b à parte de extremidade 58a; e acoplar novamente a parte de extremidade 56b à parte de extremidade 58a. Em diversas modalidades exemplares, antes, durante e/ou após as etapas 146, 148 e/ou 150, a turbina de potência 18 é acoplada novamente ao gerador de gás 16 como uma unidade modular.

[00045] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 13C e com referência continuada às figuras 1-13B, um método de executar manutenção no sistema de liquefação de gás 10 está referido

de uma maneira geral pelo número de referência 157 e inclui desacoplar a turbina a gás aeroderivativa 14, incluindo o gerador de gás 16 e a turbina de potência 18, como uma unidade modular do restante do sistema 10 na etapa 157a. Antes, durante e/ou após a etapa 157a, uma turbina a gás aeroderivativa de reserva, a qual é substancialmente similar à turbina a gás aeroderivativa 14, é acoplada ao restante do sistema 10 como uma unidade modular na etapa 157b, após o que o sistema 10 é operado na etapa 157c de acordo com o precedente. Antes, durante e/ou após as etapas 157a, 157b e/ou 157c, manutenção é executada pelo menos na turbina a gás aeroderivativa 14 na etapa 157d. Antes, durante e/ou após a etapa 157d, a turbina a gás aeroderivativa de reserva é desacoplada do restante do sistema 10 na etapa 157e. Antes, durante e/ou após as etapas 157d e/ou 157e, a turbina a gás aeroderivativa 14 é acoplada novamente ao restante do sistema 10 como uma unidade modular na etapa 157f. A etapa 157a é substancialmente similar à etapa 146 e, portanto, não será descrita detalhadamente. A etapa 157b é substancialmente similar à etapa 150 e, portanto, não será descrita detalhadamente, exceto que a turbina a gás aeroderivativa de reserva é acoplada ao restante do sistema 10 na etapa 157b, em vez de a turbina a gás aeroderivativa 14. A etapa 157c é substancialmente similar ao método 96 e, portanto, não será descrita detalhadamente, exceto quando o sistema 10 é operado com a turbina a gás aeroderivativa de reserva na etapa 157c, em vez de a turbina a gás aeroderivativa 14. A etapa 157d é substancialmente similar à etapa 148 e, portanto, não será descrita detalhadamente. A etapa 157e é substancialmente similar à etapa 146 ou à etapa 157a e, portanto, não será descrita detalhadamente, exceto que a turbina a gás aeroderivativa de reserva é desacoplada do restante do sistema 10 na etapa 157e, em vez de a turbina a gás aeroderivativa 14. A etapa 157f é substancialmente similar à etapa 150 e, portanto, não será descrita detalhada-

mente.

[00046] O peso relativamente baixo da turbina a gás aeroderivativa 14, e o desacoplamento da turbina a gás aeroderivativa 14 do restante do sistema 10 como uma unidade modular na etapa 146 ou 157a, tornam a turbina a gás aeroderivativa 14 prontamente removível do compressor 12 na forma de uma turbina a gás completa. A modularidade da turbina a gás aeroderivativa 14, pelo menos com relação ao compressor 12, resulta em uma redução substancial no "tempo de parada" em que, durante manutenção de rotina, a turbina a gás aeroderivativa 14 e/ou seus componentes tais como o gerador de gás 16 e/ou a turbina de potência 18 não necessitam ser desmontados no lugar no sistema 10 e/ou enquanto a turbina a gás aeroderivativa 14 estiver acoplada ao compressor 12. Em uma modalidade exemplar, a modularidade da turbina a gás aeroderivativa 14, isto é, a capacidade para desacoplar a turbina a gás aeroderivativa 14 do restante do sistema 10 como uma unidade modular na etapa 146 ou 157a, translada para até dez (10) ou mais dias de produção durante um ciclo de vida de avaliação de projeto típico, fornecendo assim substancialmente maior retorno econômico do investimento de capital do(s) proprietário(s) do sistema 10.

[00047] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 14 e com referência continuada às figuras 1-13C, cálculos exemplares foram conduzidos, cujos resultados de cálculos indicaram que o uso da turbina a gás aeroderivativa 14 tendo a turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) 18 com os seis (6) estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa LSPT LM2500+G4, tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) com seis (6) estágios de expansão, cujo tipo de turbina a gás aeroderivativa é obtenível comercialmente da GE Aviation, Evendale, Ohio, USA, reduziria o custo associado a perdas

acumulativas de produção como resultado de "tempo de parada" para manutenção de rotina e/ou planejada pelo menos da turbina a gás aeroderivativa 14, isto é, o custo associado com não sendo capaz de converter tanto do fluido quanto possível para um estado líquido na etapa 100 do método 96 em virtude da turbina a gás aeroderivativa 14 e o compressor 12 estarem inoperáveis devido a manutenção de rotina e/ou planejada, onde o uso de uma turbina a gás aeroderivativa tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa HSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão, cujo tipo de turbina de potência de alta velocidade pode ser uma Dresser-Rand VECTRA® 40G4, a qual é obténível comercialmente da Dresser-Rand Company, Houston, Texas, USA, ou esse tipo de turbina de potência de alta velocidade pode ser uma General Electric PGT25+G4, a qual é obténível comercialmente da GE Oil and Gas, Florença, Itália. Tal como mostrado na figura 14, cálculos exemplares foram conduzidos, cujos resultados de cálculos indicaram que, com a base de desempenho e todos os outros parâmetros sendo os mesmos, o uso da turbina a gás aeroderivativa 14 tendo a turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) 18 com os seis (6) estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa LSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) com seis (6) estágios de expansão de acordo com o método 157, forneceria uma economia de custo associada a perdas acumulativas de produção como resultado de "tempo de parada" para manutenção de rotina e/ou planejada durante a vida operacional da turbina a gás aeroderivativa 14 de, por exemplo, aproximadamente \$10.000.000 após um período de tempo operacional de cerca de oito anos, e de aproximadamente \$27.000.000 após um período de tempo

operacional de cerca de vinte cinco anos, quando comparado ao uso de uma turbina a gás aeroderivativa tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão, a qual pode ser, por exemplo, uma turbina a gás aeroderivativa HSPT LM2500+G4 tendo uma turbina de potência de alta velocidade (HSPT) com dois (2) estágios de expansão. Estes resultados de cálculos exemplares foram inesperados. A economia de custo mostrada na figura 14 é baseada, entre outras coisas, na manutenção planejada tanto para a turbina a gás aeroderivativa LSPT LM2500+G4 quanto para a turbina a gás aeroderivativa HSPT LM2500+G4, capacidade nominal de instalação e nas vendas incrementais em vez de receita de operação (OI). O menor planejamento de manutenção da turbina a gás aeroderivativa 14 tendo a turbina de potência de baixa velocidade (LSPT) 18 com os seis (6) estágios de expansão 80a, 80b, 80c, 80d, 80e e 80f forneceria a economia de custo calculada exemplar mostrada na figura 14. Mais particularmente, a execução do método 157 reduz em muito a quantidade de dias de "tempo de parada" da turbina a gás aeroderivativa 14 e do compressor 12. A economia de custo calculada exemplar mostrada na figura 14 assume que manutenção de rotina e/ou planejada executada pelo menos na turbina a gás aeroderivativa 14 de acordo com o método 157 gastaria não mais que cerca de dois dias.

[00048] Em uma modalidade exemplar, tal como ilustrado na figura 15 e com referência continuada às figuras 1-14, um sistema está referido de uma maneira geral pelo número de referência 158 e inclui diversas partes do sistema 10, a cujas partes são dados os mesmos números de referência. Tal como mostrado na figura 15, o sistema 158 inclui adicionalmente um compressor 160 acoplado diretamente ao compressor 12 por meio de um acoplamento 162. O compressor 160 é acoplado fluidicamente entre o trocador de calor 24 e um condensador 164 por meio das linhas 166 e 168, respectivamente. Um elemento de

expansão, tal como uma válvula de expansão 170, é acoplado fluidicamente entre o condensador 164 e o trocador de calor 24 por meio das linhas 172 e 174, respectivamente. O trocador de calor 24, o compressor 160, o condensador 164, a válvula de expansão 170 e as linhas 166, 168, 172 e 174 formam conjuntamente um laço 176 ou são pelo menos uma parte dele, através do qual um refrigerante é adaptado para circular em uma direção indicada pelas setas 178, 180, 182 e 184. Em uma modalidade exemplar, o compressor 12 no sistema 158 é um compressor de duplo fluxo, e o compressor 160 é um compressor de único fluxo.

[00049] Em uma modalidade exemplar, a operação do sistema 158 é similar ao método 96 de operação do sistema 10 e não será descrita detalhadamente, exceto quando a turbina a gás aeroderivativa 14 também aciona o compressor 160, além de acionar o compressor 12; a etapa 112 inclui circular refrigerante através do laço 176, além de circular refrigerante através do laço 38; e a etapa 114 inclui transferir calor do fluido, o qual flui através da linha 48, do trocador de calor 24 e da linha 50, para o refrigerante circulando através do laço 176, além do refrigerante circulando através do laço 38. Em uma modalidade exemplar, manutenção é executada no sistema 158 em um modo substancialmente similar ao método 144. Em uma modalidade exemplar, manutenção é executada no sistema 158 em um modo substancialmente similar ao método 157.

[00050] Em diversas modalidades exemplares, em vez de ou além de um ou mais dos compressores 12 e 160, um ou mais outros compressores são acionados pela turbina a gás aeroderivativa 14 nos sistemas 10 e/ou 158.

[00051] Em diversas modalidades exemplares, um ou mais ciclos e/ou sistemas de recuperação de calor residual são acoplados operacionalmente à turbina a gás aeroderivativa 14. Em diversas modalida-

des exemplares, um ou mais ciclos e/ou sistemas de recuperação de calor residual são acoplados operacionalmente entre a turbina a gás aeroderivativa 14 e o trocador de calor 24. Em diversas modalidades exemplares, um ou mais ciclos e/ou sistemas de recuperação de calor residual são acoplados operacionalmente à turbina a gás aeroderivativa 14 e a um ou mais outros componentes do sistema 10 tais como, por exemplo, um ou mais de o trocador de calor 24, a linha 48, a linha 50 e/ou qualquer combinação dos mesmos. Em diversas modalidades exemplares, um ou mais ciclos e/ou sistemas de recuperação de calor residual são acoplados operacionalmente à turbina a gás aeroderivativa 14 e a um ou mais outros componentes do sistema 158 tais como, por exemplo, um ou mais de o trocador de calor 24, a linha 48, a linha 50 e/ou qualquer combinação dos mesmos.

[00052] Um sistema foi descrito que inclui um sistema de compressor incluindo um compressor através do qual um refrigerante é adaptado para fluir, o compressor incluindo um primeiro eixo; e uma turbina a gás aeroderivativa para acionar o compressor, a turbina a gás aeroderivativa incluindo um gerador de gás; e uma turbina de potência de baixa velocidade acoplada ao gerador de gás, a turbina de potência de baixa velocidade incluindo um segundo eixo acoplado diretamente ao primeiro eixo do compressor para acionar diretamente o primeiro eixo; em que as respectivas velocidades rotacionais dos primeiro e segundo eixos são substancialmente iguais. Em uma modalidade exemplar, o sistema inclui um sistema de liquefação de gás para converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso incluindo gás natural, o fluido no estado líquido incluindo gás natural liquefeito, o sistema de liquefação de gás incluindo um ou mais estágios de resfriamento incluindo o refrigerante; e um laço através do qual o refrigerante é adaptado para circular, o laço incluindo um trocador de calor para transferir calor para fora

do fluido e para o refrigerante; o compressor do sistema de compressor para pressurizar o refrigerante; um condensador para transferir calor para fora do refrigerante; e um elemento de expansão para expandir o refrigerante; em que a turbina a gás aeroderivativa é acoplada ao compressor como uma unidade modular; em que a turbina de potência de baixa velocidade é acoplada ao gerador de gás como uma unidade modular; em que o compressor compreende um compressor centrífugo; em que o refrigerante flui através do compressor centrífugo em uma taxa de fluxo variando de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 pés cúbicos reais por minuto); em que o compressor pressuriza o refrigerante de maneira que o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor em uma pressão absoluta variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 libras por polegada quadrada); em que a turbina de potência de baixa velocidade inclui pelo menos seis estágios de expansão para acionar o segundo eixo; em que os pelo menos seis estágios de expansão acionam o segundo eixo de maneira que a turbina de potência de baixa velocidade tem uma classificação de potência de menos que cerca de 55.000 cavalos-vapor; em que os primeiro e segundo eixos são de uma maneira geral alinhados axialmente; e em que a velocidade rotacional dos primeiro e segundo eixos varia de cerca de 2.000 rotações por minuto a cerca de 4.000 rotações por minuto. Em uma modalidade exemplar, os primeiro e segundo eixos são de uma maneira geral alinhados axialmente; e em que a velocidade rotacional dos primeiro e segundo eixos varia de cerca de 2.000 rotações por minuto a cerca de 4.000 rotações por minuto. Em uma modalidade exemplar, o compressor compreende um compressor centrífugo configurado de maneira que o refrigerante é adaptado para fluir através do

compressor centrífugo em uma taxa de fluxo variando de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 pés cúbicos reais por minuto); e em que o compressor centrífugo é configurado para pressurizar o refrigerante de maneira que o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor centrífugo em uma pressão absoluta variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 libras por polegada quadrada). Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência de baixa velocidade inclui pelo menos seis estágios de expansão para acionar o segundo eixo; e em que pelo menos seis estágios de expansão acionam o segundo eixo de maneira que a turbina de potência de baixa velocidade tem uma classificação de potência de menos que cerca de 55.000 cavalos-vapor. Em uma modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa é acoplada ao compressor como uma unidade modular; e em que a turbina de potência de baixa velocidade é acoplada ao gerador de gás como uma unidade modular. Em uma modalidade exemplar, o sistema inclui um sistema de liquefação de gás para converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso incluindo gás natural, o fluido no estado líquido incluindo gás natural liquefeito, o sistema de liquefação de gás incluindo um ou mais estágios de resfriamento incluindo o refrigerante; e um laço através do qual o refrigerante é adaptado para circular, o laço incluindo um trocador de calor para transferir calor para fora do fluido e para o refrigerante; o compressor do sistema de compressor para pressurizar o refrigerante; um condensador para transferir calor para fora do refrigerante; e um elemento de expansão para expandir o refrigerante.

[00053] Um método foi descrito que inclui fornecer um compressor incluindo um primeiro eixo; fornecer uma turbina a gás aeroderivativa

incluindo uma turbina de potência incluindo um segundo eixo; acoplar diretamente o segundo eixo da turbina de potência ao primeiro eixo do compressor; circular um refrigerante através do compressor; e pressurizar o refrigerante com o compressor, incluindo acionar diretamente o compressor usando a turbina a gás aeroderivativa, incluindo girar o primeiro eixo da turbina de potência em uma primeira velocidade rotacional; e girar o segundo eixo do compressor em uma segunda velocidade rotacional; em que as primeira e segunda velocidades rotacionais são substancialmente iguais. Em uma modalidade exemplar, o método inclui converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso incluindo gás natural, o fluido no estado líquido incluindo gás natural liquefeito; em que converter pelo menos uma parte do fluido do estado gasoso para o estado líquido inclui transferir calor do fluido e para o refrigerante; em que o compressor compreende um compressor centrífugo; em que a turbina de potência é uma turbina de potência de baixa velocidade incluindo pelo menos seis estágios de expansão; em que circular o refrigerante através do compressor inclui circular o refrigerante através do compressor em uma taxa de fluxo variando de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 pés cúbicos reais por minuto); em que pressurizar o refrigerante com o compressor inclui pressurizar o refrigerante com o compressor de maneira que o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor em uma pressão absoluta variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 libras por polegada quadrada); em que girar o primeiro eixo da turbina de potência na primeira velocidade rotacional inclui acionar o primeiro eixo usando os pelo menos seis estágios de expansão de maneira que a turbina de potência de baixa velocidade

de tem uma classificação de potência de menos que cerca de 55.000 cavalos-vapor; em que os primeiro e segundo eixos são de uma maneira geral alinhados axialmente; e em que cada uma de as primeira e segunda velocidades rotacionais varia de cerca de 2.000 rotações por minuto a cerca de 4.000 rotações por minuto. Em uma modalidade exemplar, o método inclui converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso incluindo gás natural, o fluido no estado líquido incluindo gás natural liquefeito; em que converter pelo menos uma parte do fluido do estado gasoso para o estado líquido inclui transferir calor do fluido para o refrigerante. Em uma modalidade exemplar, o compressor compreende um compressor centrífugo; em que circular o refrigerante através do compressor inclui circular o refrigerante através do compressor em uma taxa de fluxo variando de cerca de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto) a cerca de 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 pés cúbicos reais por minuto); e em que pressurizar o refrigerante com o compressor inclui pressurizar o refrigerante com o compressor de maneira que o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor em uma pressão absoluta variando de cerca de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada) a cerca de 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 libras por polegada quadrada). Em uma modalidade exemplar, a turbina de potência é uma turbina de potência de baixa velocidade incluindo pelo menos seis estágios de expansão; e em que girar o primeiro eixo da turbina de potência na primeira velocidade rotacional inclui acionar o primeiro eixo usando os pelo menos seis estágios de expansão de maneira que a turbina de potência de baixa velocidade tem uma classificação de potência de menos que cerca de 55.000 cavalos-vapor. Em uma modalidade exemplar, o método inclui desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do compressor como uma

unidade modular; executar manutenção pelo menos na turbina a gás aeroderivativa; e acoplar novamente a turbina a gás aeroderivativa ao compressor como uma unidade modular. Em uma modalidade exemplar, desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do compressor como uma unidade modular inclui desacoplar o primeiro eixo da turbina de potência do segundo eixo do compressor; e em que acoplar novamente a turbina a gás aeroderivativa ao compressor como uma unidade modular inclui acoplar novamente o primeiro eixo da turbina de potência ao segundo eixo do compressor. Em uma modalidade exemplar, os primeiro e segundo eixos são de uma maneira geral alinhados axialmente; e em que cada uma de as primeira e segunda velocidades rotacionais varia de cerca de 2.000 rotações por minuto a cerca de 4.000 rotações por minuto.

[00054] Um método foi descrito que inclui fornecer um sistema de liquefação de gás incluindo um compressor e uma turbina a gás aeroderivativa acoplada a ele, a turbina a gás aeroderivativa incluindo um gerador de gás e uma turbina de potência acoplada a ele; desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular; executar manutenção pelo menos na turbina a gás aeroderivativa; e acoplar novamente a turbina a gás aeroderivativa ao restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular após desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular. Em uma modalidade exemplar, a turbina a gás aeroderivativa inclui uma entrada para receber ar no gerador de gás; em que a turbina de potência inclui uma exaustão para descarregar gás da turbina de potência, em que a exaustão é acoplada fluidicamente à entrada quando a turbina a gás aeroderivativa é na forma da unidade modular, e um primeiro eixo; em que o compressor inclui um segundo eixo acoplado diretamente ao primeiro eixo da turbina de potência quando a turbina a

gás aeroderivativa é acoplada ao compressor; e em que desacoplar a turbina a gás aeroderivativa do restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular inclui desacoplar a entrada do gerador de gás do dispositivo por meio do qual o ar é adaptado para ser direcionado para o gerador de gás; desacoplar a exaustão da turbina de potência do dispositivo por meio do qual o gás é adaptado para ser direcionado para longe da turbina de potência; e desacoplar o primeiro eixo do segundo eixo. Em uma modalidade exemplar, acoplar novamente a turbina a gás aeroderivativa ao restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular inclui acoplar novamente a entrada do gerador de gás ao dispositivo por meio do qual o ar é adaptado para ser direcionado para o gerador de gás; acoplar novamente a exaustão da turbina de potência ao dispositivo por meio do qual o gás é adaptado para ser direcionado para longe da turbina de potência; e acoplar novamente o primeiro eixo ao segundo eixo. Em uma modalidade exemplar, o método inclui converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso incluindo gás natural, o fluido no estado líquido incluindo gás natural liquefeito; em que converter pelo menos uma parte do fluido do estado gasoso para o estado líquido inclui submeter o fluido a um ou mais estágios de resfriamento, incluindo receber fluido em um trocador de calor acoplado fluidicamente ao compressor; remover calor do fluido usando o trocador de calor; e descarregar o fluido do trocador de calor; e em que remover calor do fluido usando o trocador de calor inclui circular um refrigerante através de um laço, o laço incluindo o trocador de calor e o compressor; e transferir calor do fluido e para o refrigerante durante circulação do refrigerante através do laço, incluindo transferir calor do fluido e para o refrigerante usando o trocador de calor; e pressurizar o refrigerante com o compressor, incluindo acionar diretamente o compressor usando a turbina a gás aeroderivativa, inclu-

indo girar o primeiro eixo da turbina de potência em uma primeira velocidade rotacional; e girar o segundo eixo do compressor em uma segunda velocidade rotacional; em que as primeira e segunda velocidades rotacionais são substancialmente iguais. Em uma modalidade exemplar, o método inclui acoplar uma turbina a gás aeroderivativa de reserva ao restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular; operar o sistema de liquefação de gás com a turbina a gás aeroderivativa de reserva; e desacoplar a turbina a gás aeroderivativa de reserva do restante do sistema de liquefação de gás como uma unidade modular.

[00055] É entendido que variações podem ser feitas no precedente sem divergir do escopo da descrição. Em diversas modalidades exemplares, os elementos e preceitos das várias modalidades exemplares ilustrativas podem ser combinados por inteiro ou em parte em algumas ou em todas as modalidades exemplares ilustrativas. Além do mais, um ou mais dos elementos e preceitos das várias modalidades exemplares ilustrativas podem ser omitidos, pelo menos em parte, e/ou combinados, pelo menos em parte, com um ou mais dos outros elementos e preceitos das várias modalidades ilustrativas.

[00056] Quaisquer referências espaciais tais como, por exemplo, "superior", "inferior", "acima", "abaixo", "entre", "vertical", "horizontal", "angular", "para cima", "para baixo", "lado para lado", "da esquerda para a direita", "esquerda", "direita", "da direita para a esquerda", "do topo para o fundo", "do fundo para o topo", "topo", "fundo", "de baixo para cima", "de cima para baixo", etc., são somente para o propósito de ilustração e não limitam a orientação ou localização específica da estrutura descrita anteriormente.

[00057] Em diversas modalidades exemplares, embora diferentes etapas, processos e procedimentos tenham sido descritos aparecendo como procedimentos distintos, uma ou mais das etapas, um ou mais

dos processos e/ou um ou mais dos procedimentos também podem ser executados em ordens diferentes, simultaneamente e/ou de forma sequencial. Em diversas modalidades exemplares, as etapas, processos e/ou procedimentos podem ser fundidos em uma ou mais etapas, processos e/ou procedimentos. Em diversas modalidades exemplares, uma ou mais das etapas operacionais em cada modalidade pode ser omitida. Além disso, em alguns casos, alguns recursos da presente descrição podem ser empregados sem um uso correspondente dos outros recursos. Além disso, uma ou mais das modalidades descritas anteriormente e/ou variações podem ser combinadas por inteiro ou em parte com qualquer uma ou mais das outras modalidades e/ou variações descritas anteriormente. Nas concretizações, quaisquer cláusulas de meios mais função são pretendidas para cobrir as estruturas descritas neste documento como executando a função relatada e não somente equivalências estruturais, mas também estruturas equivalentes.

[00058] O exposto anteriormente tem recursos delineados de diversas modalidades de maneira que os versados na técnica podem melhor entender a descrição detalhada que se segue. Os versados na técnica devem perceber que eles podem usar prontamente a presente descrição como uma base para projetar ou modificar outros processos e estruturas para alcançar os mesmos propósitos e/ou alcançar as mesmas vantagens das modalidades introduzidas neste documento. Os versados na técnica também devem compreender que tais construções equivalentes não divergem do espírito e escopo da presente descrição, e que eles podem fazer várias mudanças, substituições e alterações neste documento sem divergir do espírito e escopo da presente descrição.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema para comprimir um refrigerante, o sistema compreendendo,

um sistema de compressor compreendendo:

5 um compressor (12) através do qual o refrigerante é adaptado para fluir, o compressor (12) compreendendo um primeiro eixo (58); e

uma turbina a gás (14) para acionar o compressor (12), a turbina a gás (14) compreendendo:

um gerador de gás (16); e

10 uma turbina de potência de baixa velocidade (18) acoplada ao gerador de gás (16), e

um sistema de liquefação de gás (10) para converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso compreendendo gás natural, o fluido no estado líquido

15 compreendendo gás natural liquefeito,

sendo que

a turbina a gás (14) é uma turbina a gás aeroderivativa, sendo que a turbina de potência de baixa velocidade (18) compreende um segundo eixo (56) acoplado diretamente ao primeiro eixo (58) do compressor (12) para acionar diretamente o primeiro eixo (58);

20 as respectivas velocidades rotacionais dos primeiro e segundo eixos (58, 56) são iguais; e

o sistema de liquefação de gás (10) compreende:

25 um trocador de calor (24) para transferir calor para fora do fluido e para o refrigerante; e

um ou mais estágios de resfriamento, cada estágio de resfriamento compreendendo:

o refrigerante; e

30 um laço (38, 176) através do qual o refrigerante é adaptado para circular, o laço (38, 176) compreendendo:

o compressor (12, 160) do sistema de compressor para receber diretamente o refrigerante que sai do trocador de calor (24) e pressurizar o

refrigerante;

um condensador (26, 164) para transferir calor para fora do refrigerante; e

um elemento de expansão (32, 170) para expandir o refrigerante;

sendo que o compressor (12) compreende um compressor centrífugo;

caracterizado pelo fato de que o refrigerante flui através do compressor centrífugo (12) em uma taxa de fluxo variando de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos reais por minuto) a 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 pés cúbicos reais por minuto);

sendo que o compressor (12) pressuriza o refrigerante de maneira que o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor (12) em uma pressão absoluta variando de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada) a 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 libras por polegada quadrada);

sendo que a turbina de potência de baixa velocidade (18) compreende pelo menos seis estágios de expansão (80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f) para acionar o segundo eixo (58);

sendo que os pelo menos seis estágios de expansão (80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f) acionam o segundo eixo (58) de maneira que a turbina de potência (18) tem uma classificação de potência de menos que 41.000 kW (55.000 cavalos-vapor);

sendo que os primeiro e segundo eixos (58, 56) são alinhados axialmente; e

sendo que a velocidade rotacional dos primeiro e segundo eixos (58, 56) varia de 2.000 rotações por minuto a 4.000 rotações por minuto.

2. Método de comprimir um refrigerante e de converter um gás para um gás liquefeito, o método compreendendo as etapas de,

fornecer um compressor (12) tendo um primeiro eixo (58);

fornecer uma turbina a gás (14) tendo uma turbina de potência de baixa velocidade (18) que inclui um segundo eixo (56);

circular o refrigerante através do compressor (12);
pressurizar o refrigerante com o compressor (12); e
converter pelo menos uma parte de um fluido de um estado gasoso para um estado líquido, o fluido no estado gasoso compreendendo gás natural, o fluido no estado líquido compreendendo gás natural liquefeito;
5 sendo que
a turbina a gás (14) é uma turbina a gás aeroderivativa;
acoplar diretamente o segundo eixo (56) da turbina de potência de baixa velocidade (18) ao primeiro eixo (58) do compressor (12);
10 converter pelo menos uma parte do fluido do estado gasoso para o estado líquido compreende transferir calor do fluido e para o refrigerante em um trocador de calor;
pressurizar o refrigerante com o compressor (12) compreendendo:
15 receber diretamente no compressor (12) o refrigerante que sai do trocador de calor;
acionar diretamente o compressor (12) usando a turbina a gás aeroderivativa (14), compreendendo:
girar o segundo eixo (56) da turbina de potência (18) em uma
20 primeira velocidade rotacional; e
girar o primeiro eixo (58) do compressor (12) em uma segunda velocidade rotacional;
sendo que as primeira e segunda velocidades rotacionais são iguais;
25 sendo que o compressor (12) compreende um compressor centrífugo (12);
caracterizado pelo fato de que a turbina de potência de baixa velocidade (18) compreende pelo menos seis estágios de expansão (80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f);
30 sendo que circular o refrigerante através do compressor (12) compreende circular o refrigerante através do compressor (12) em uma taxa de fluxo variando de 1.132,67 metros cúbicos por minuto (40.000 pés cúbicos

cos reais por minuto) a 1.982,18 metros cúbicos por minuto (70.000 pés cúbicos reais por minuto);

sendo que pressurizar o refrigerante com o compressor (12) compreende pressurizar o refrigerante com o compressor (12) de maneira
5 que o refrigerante pressurizado é descarregado do compressor (12) em uma pressão absoluta variando de 2,11 quilos por centímetro quadrado (30 libras por polegada quadrada) a 21,09 quilos por centímetro quadrado (300 libras por polegada quadrada);

sendo que girar o segundo eixo (56) da turbina de potência (18)
10 na primeira velocidade rotacional compreende acionar o segundo eixo (56) usando os pelo menos seis estágios de expansão (80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f) de maneira que a turbina de potência (18) tem uma classificação de potência de menos que 41.000 kW (55.000 cavalos-vapor);

sendo que os primeiro e segundo eixos (58, 56) são alinhados
15 axialmente; e

sendo que cada uma das primeira e segunda velocidades rotacionais varia de 2.000 rotações por minuto a 4.000 rotações por minuto.

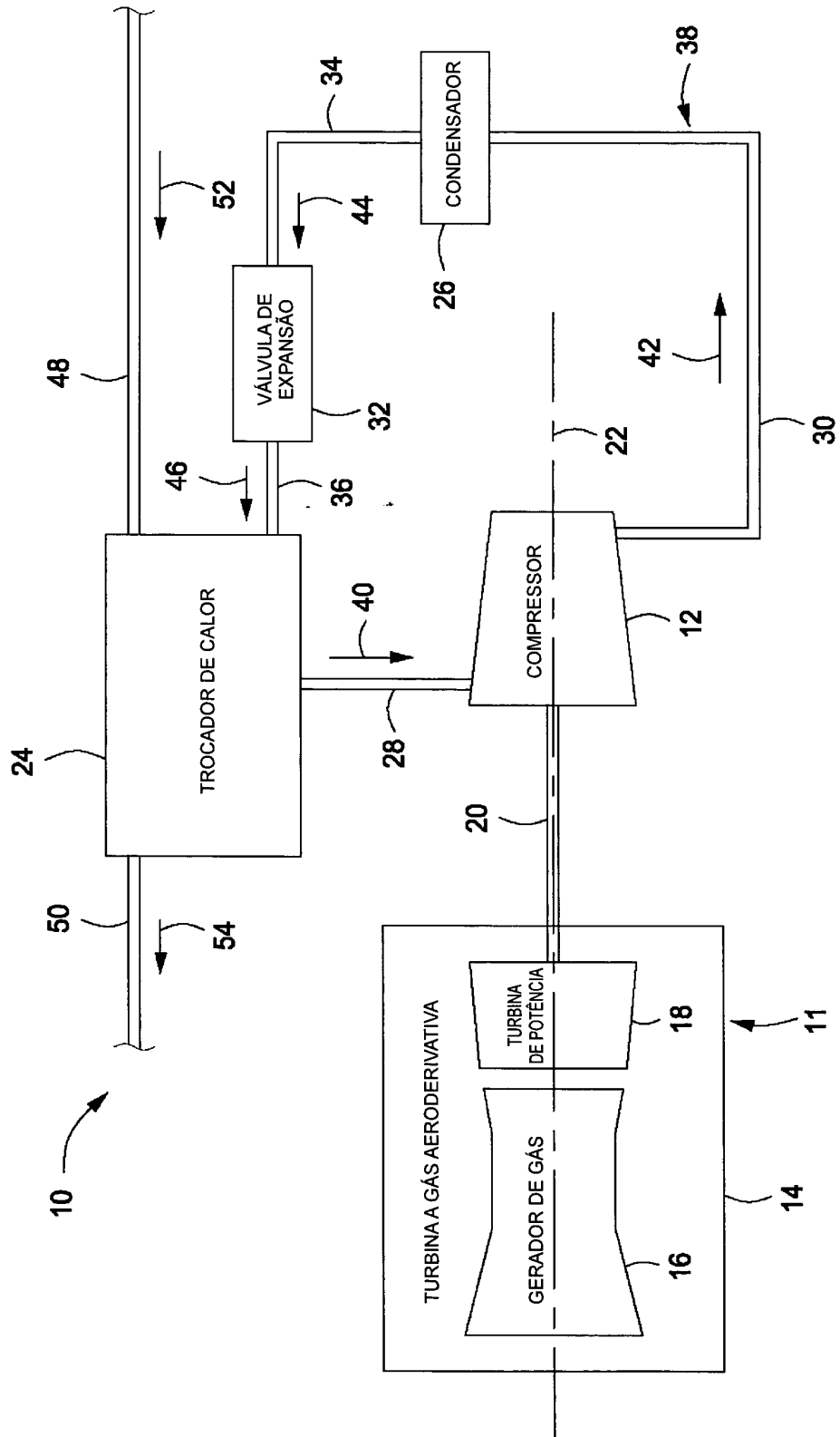


FIG. 1

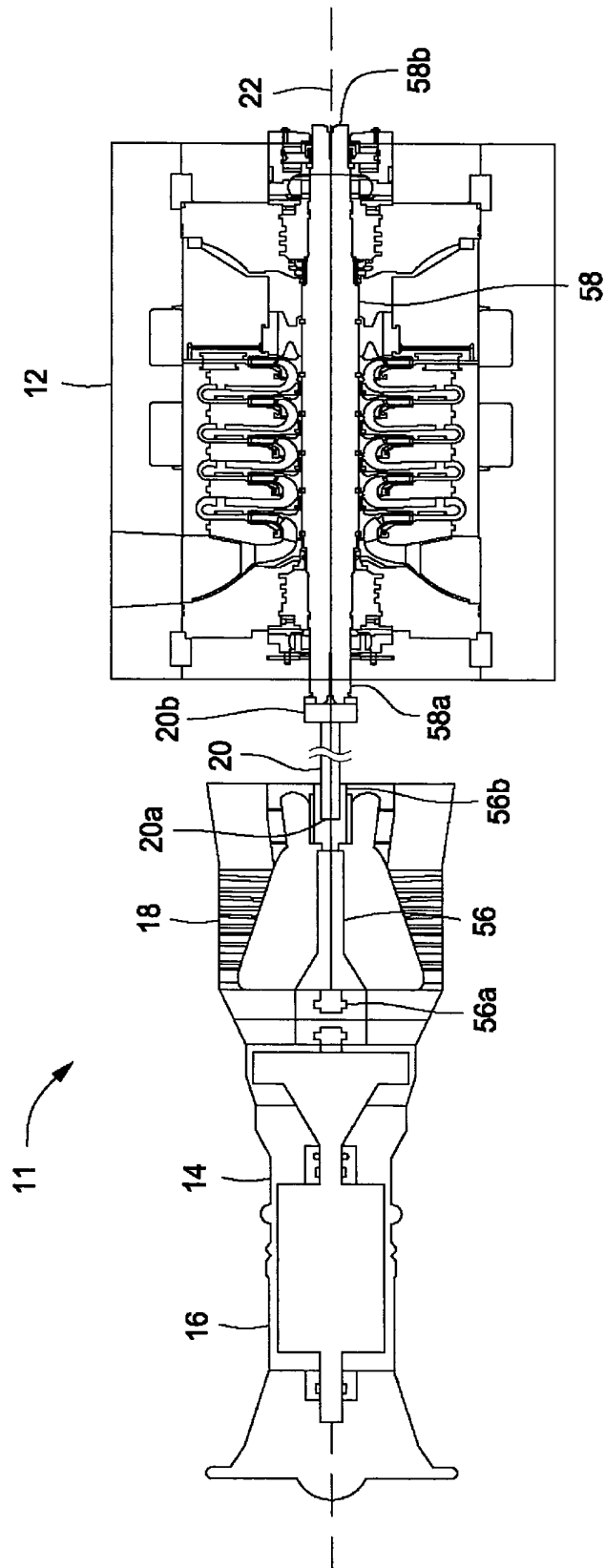


FIG. 2

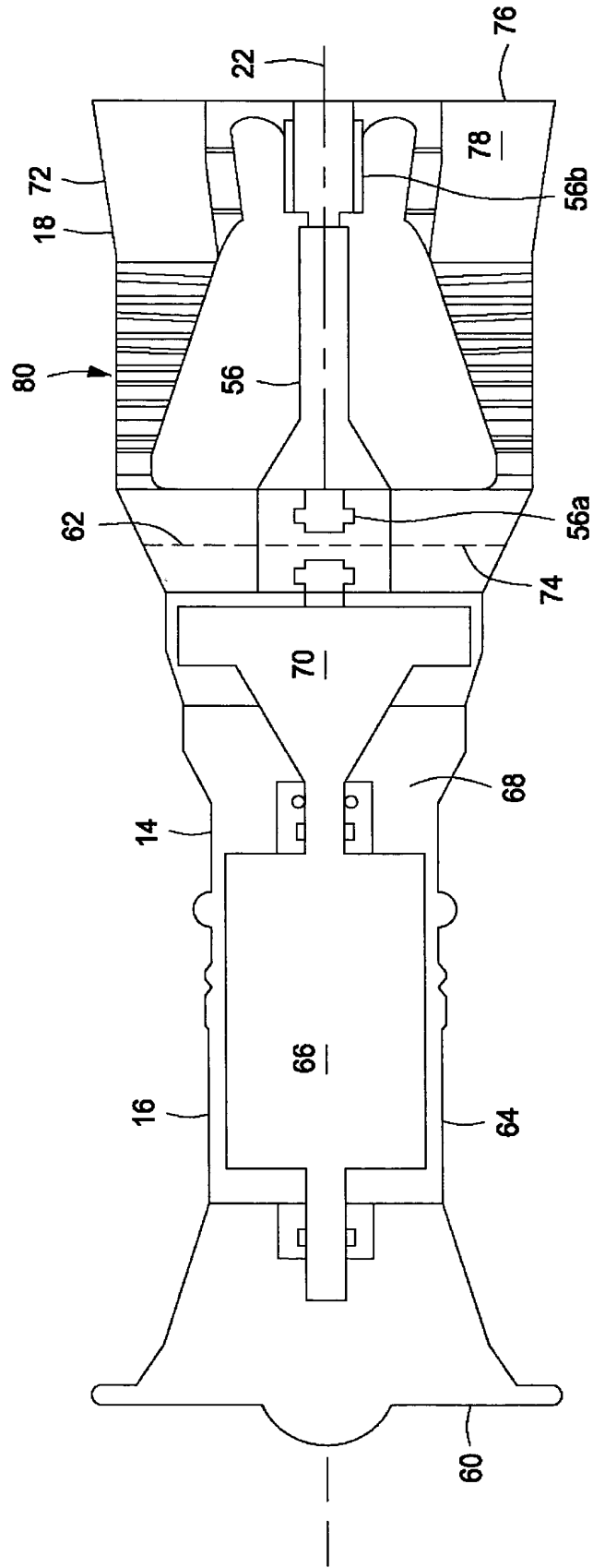


FIG. 3

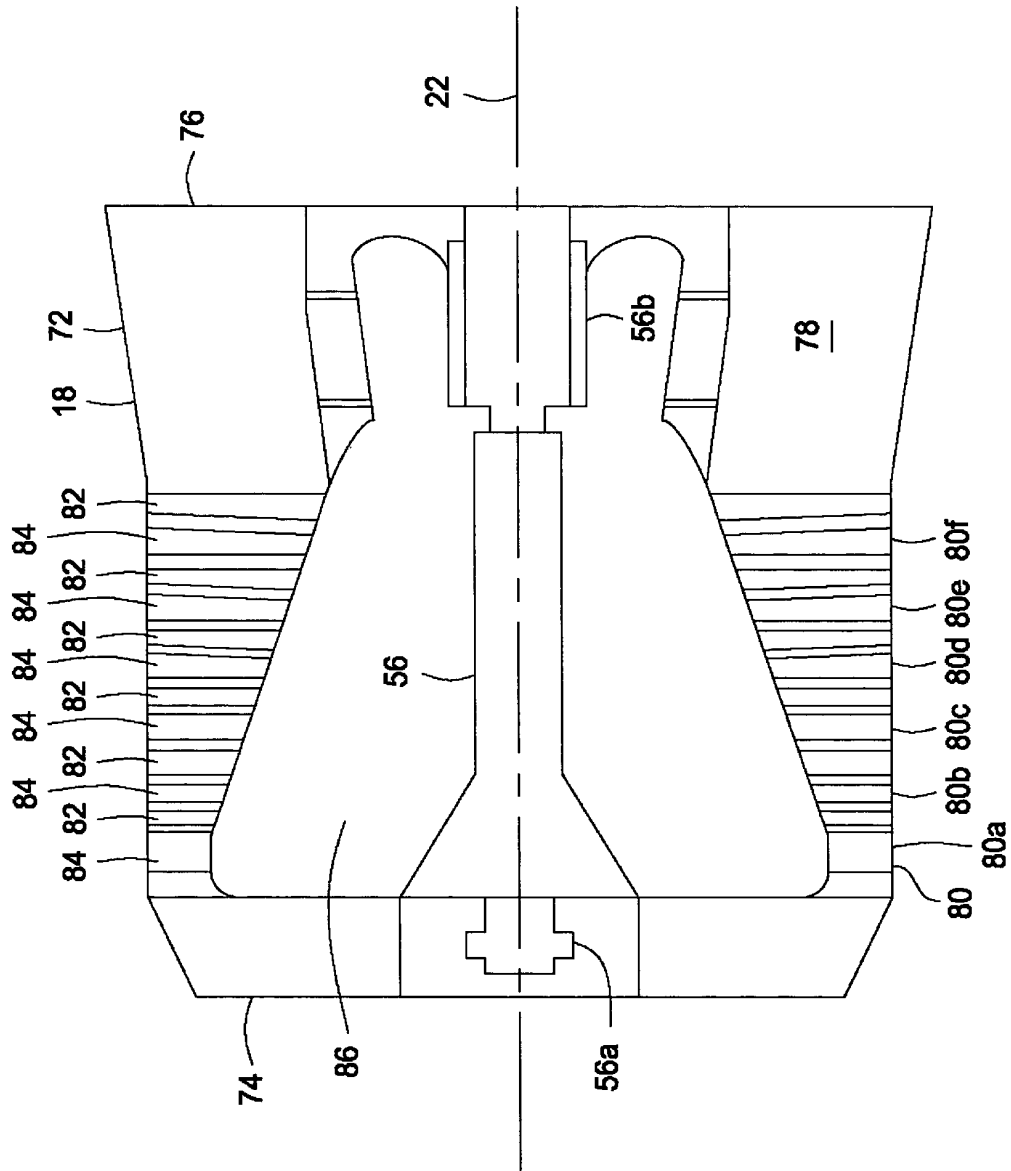


FIG. 4

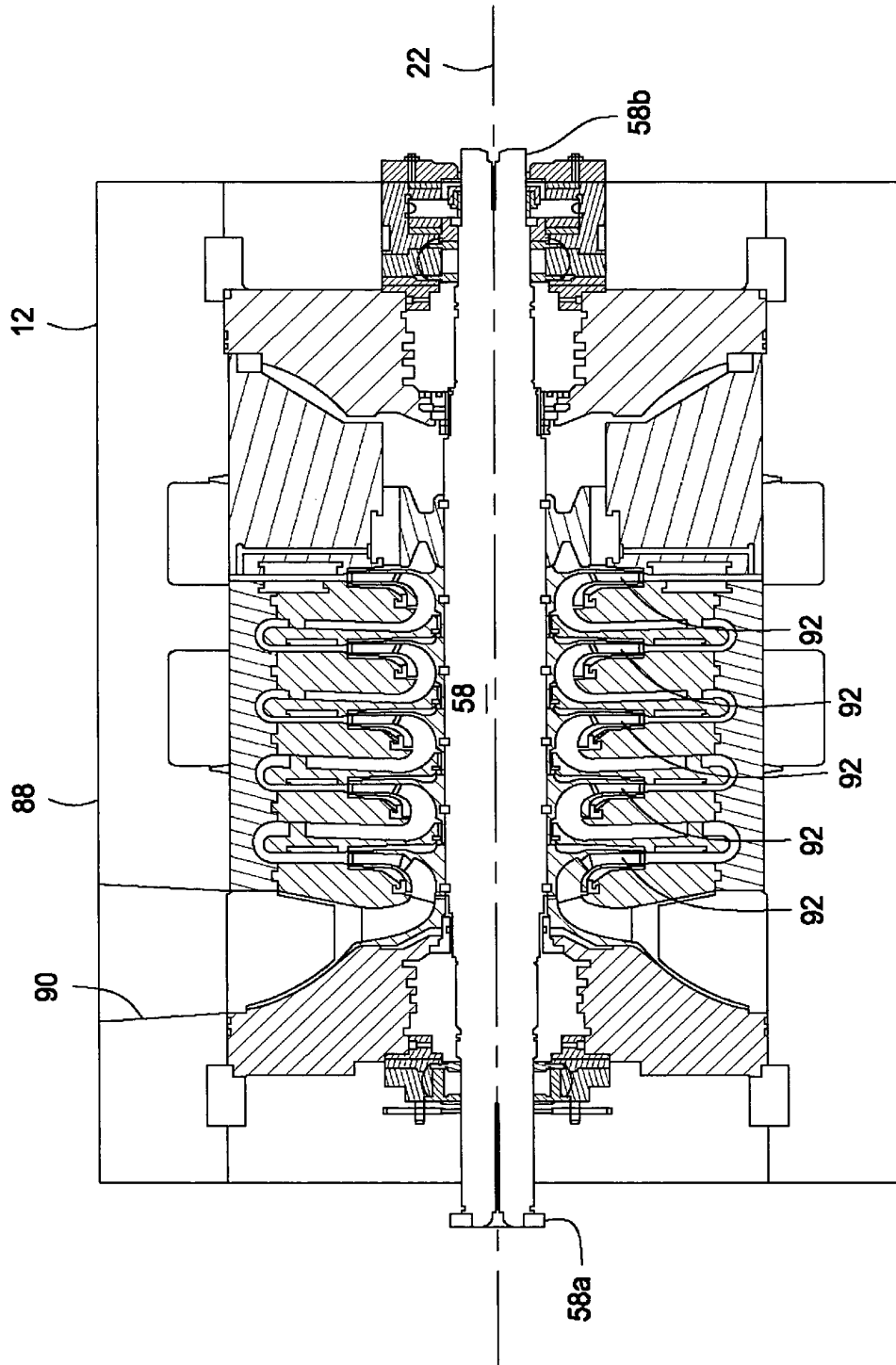


FIG. 5

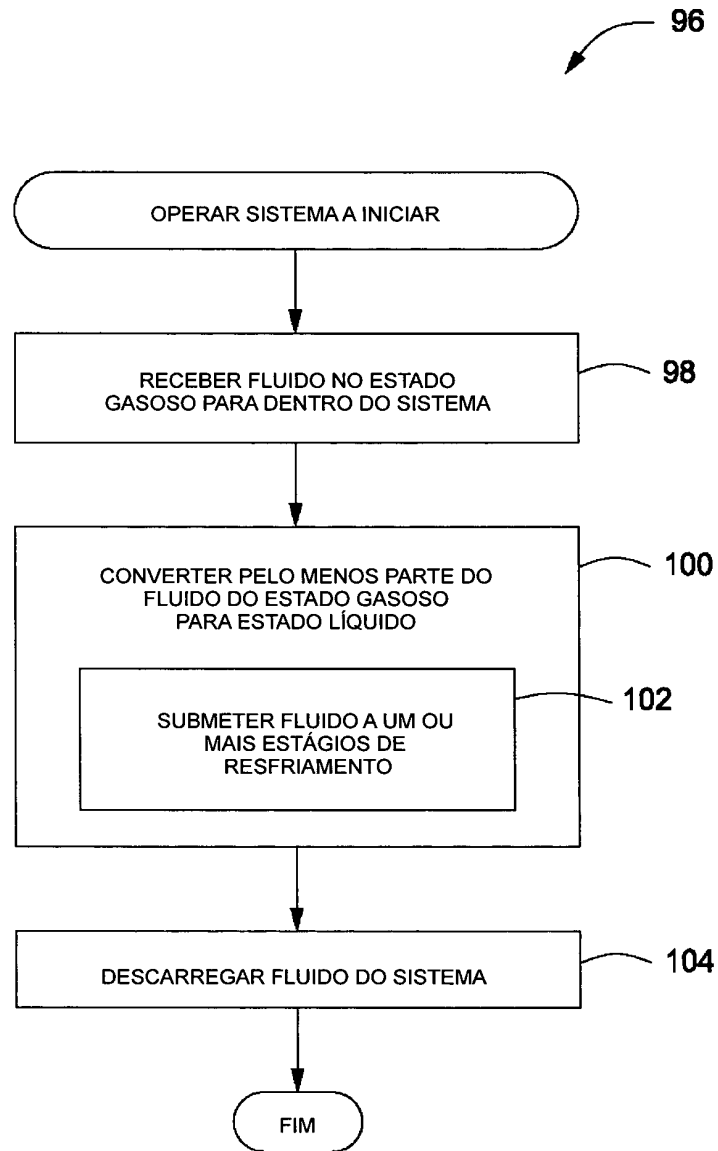


FIG. 6

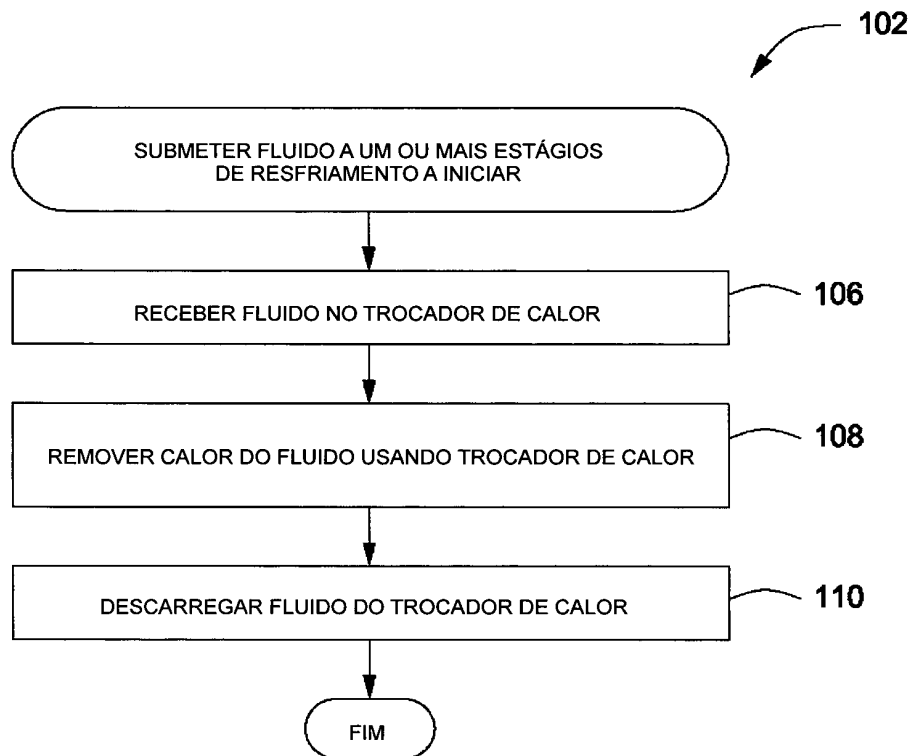


FIG. 7

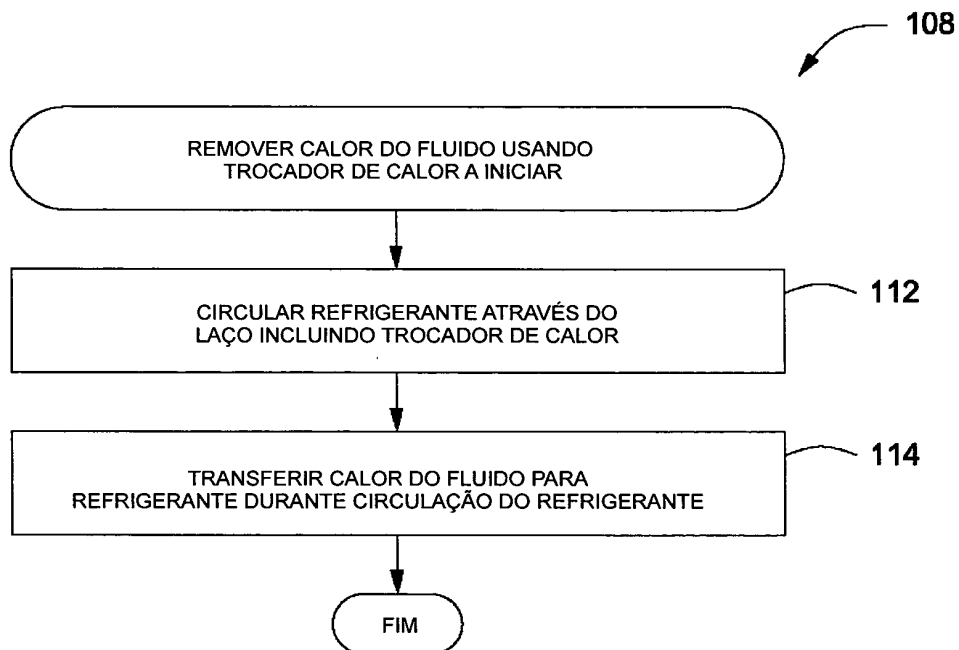


FIG. 8

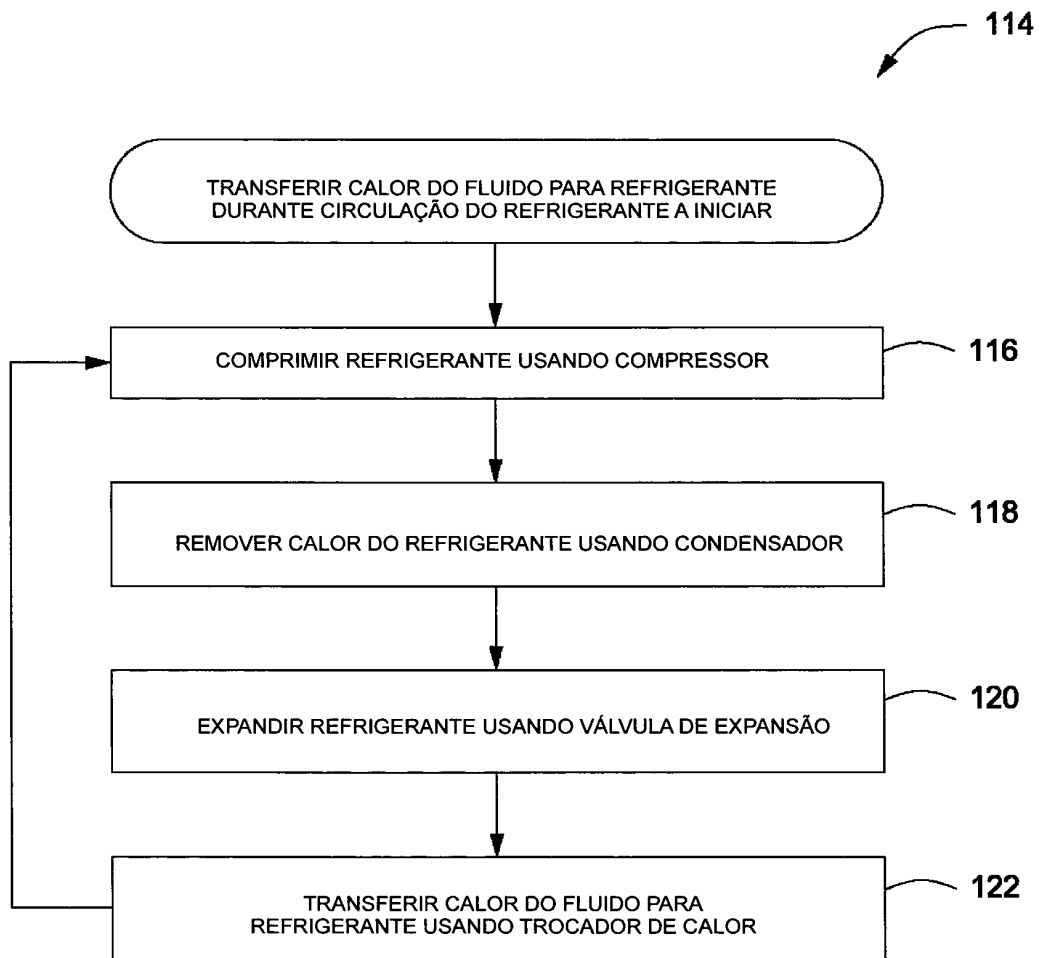


FIG. 9

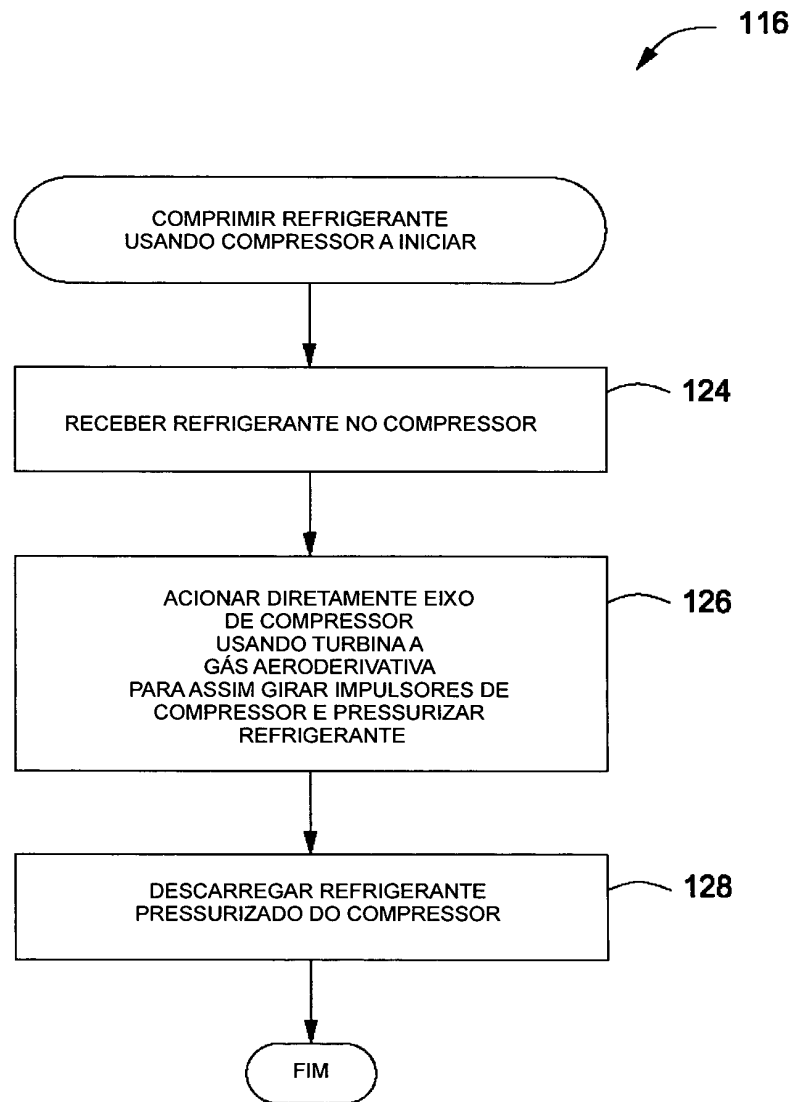


FIG. 10

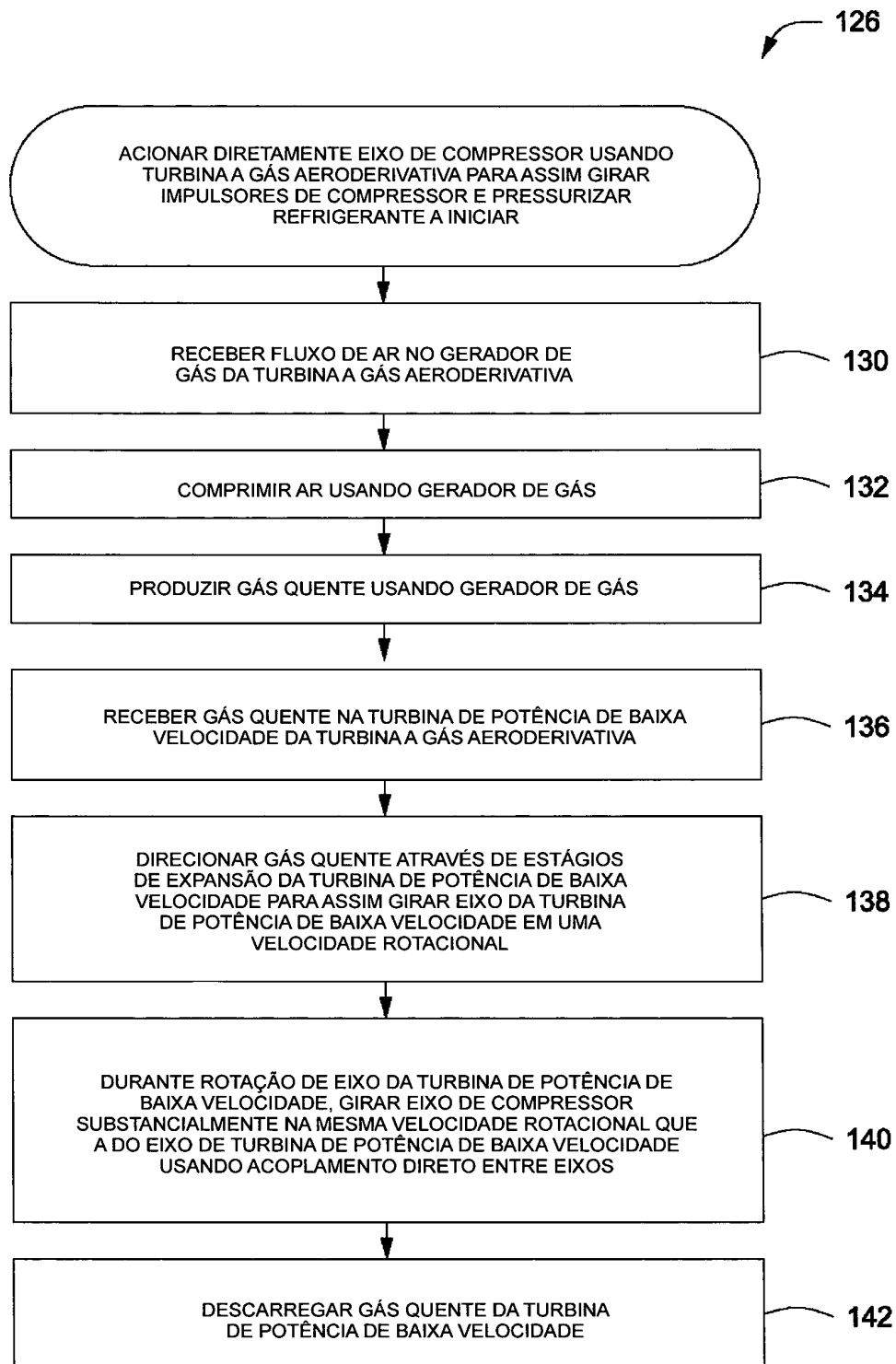


FIG. 11

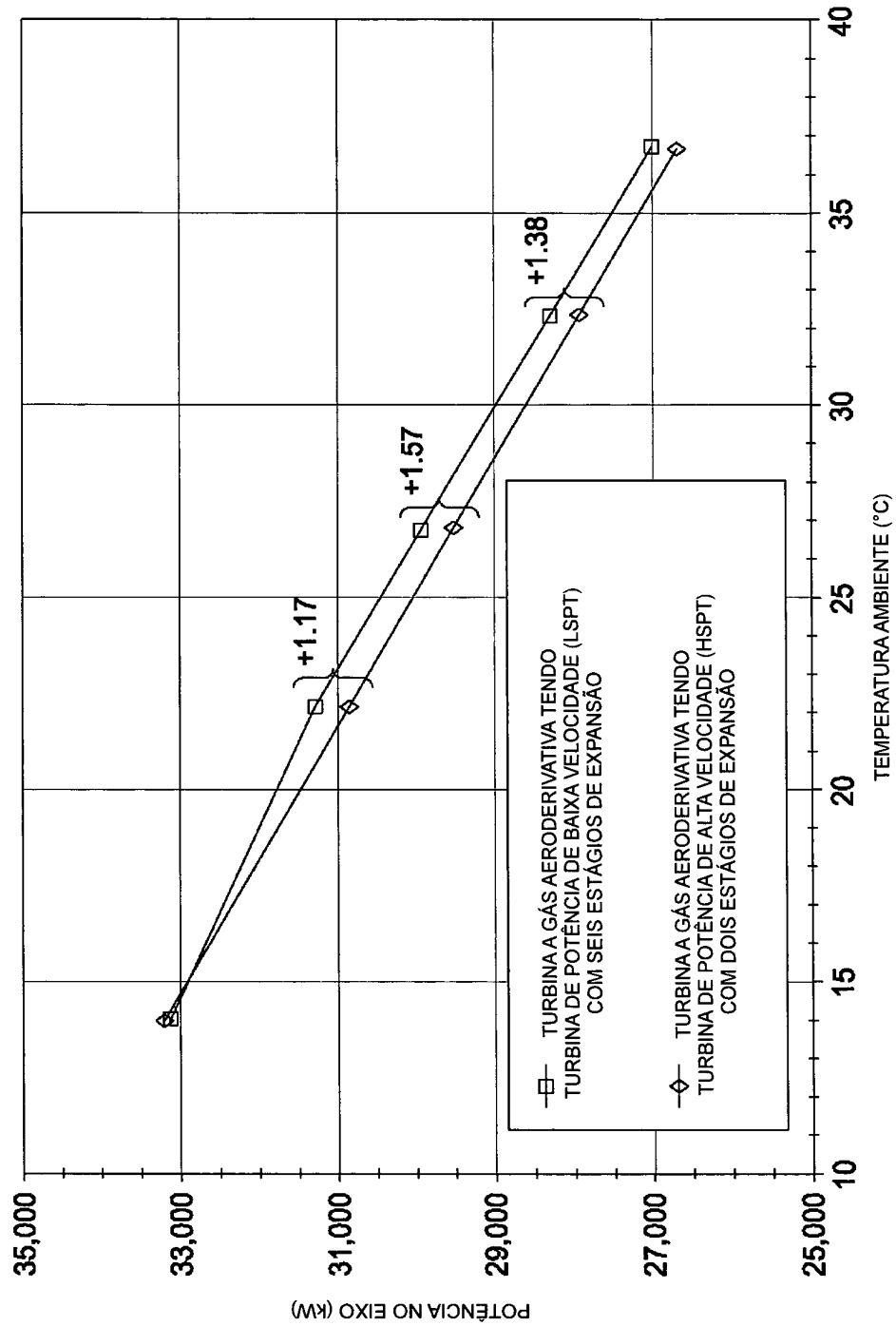


FIG. 12

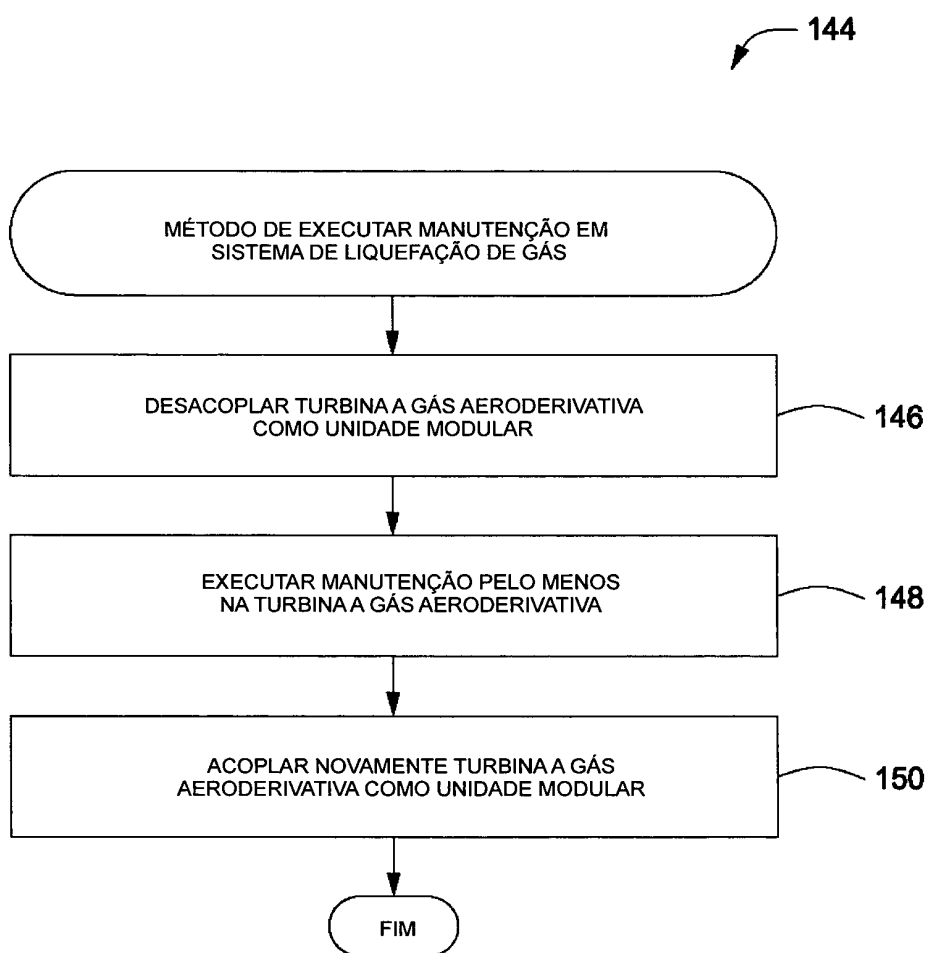


FIG. 13A

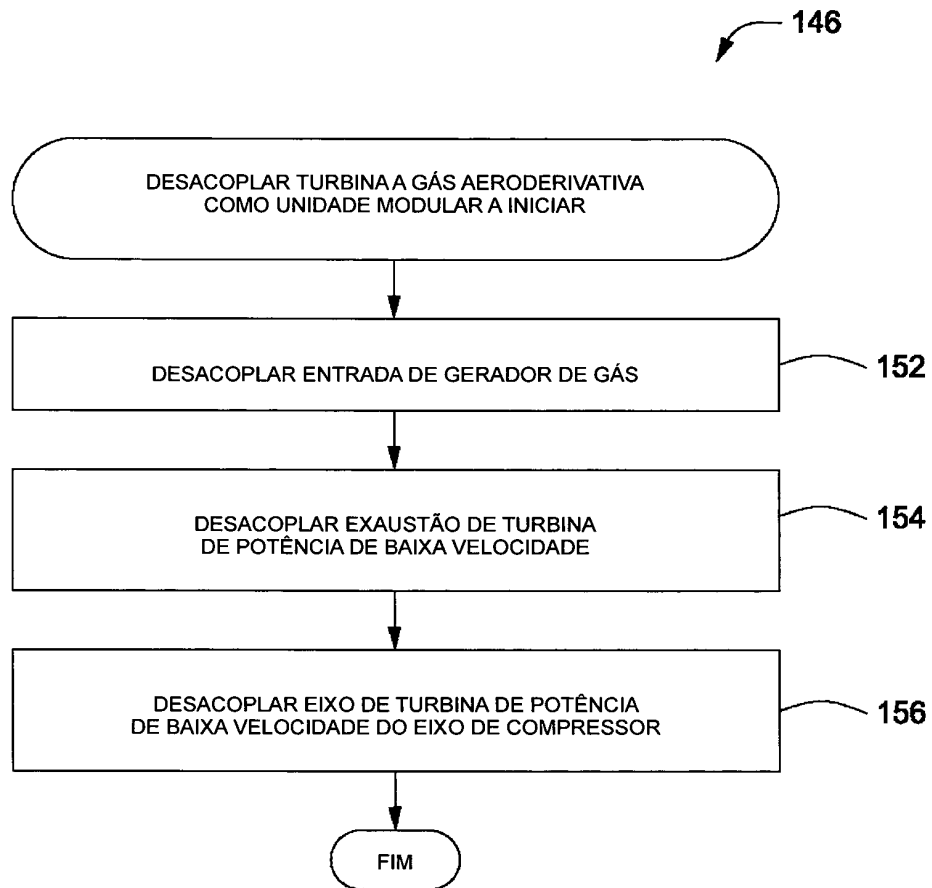


FIG. 13B

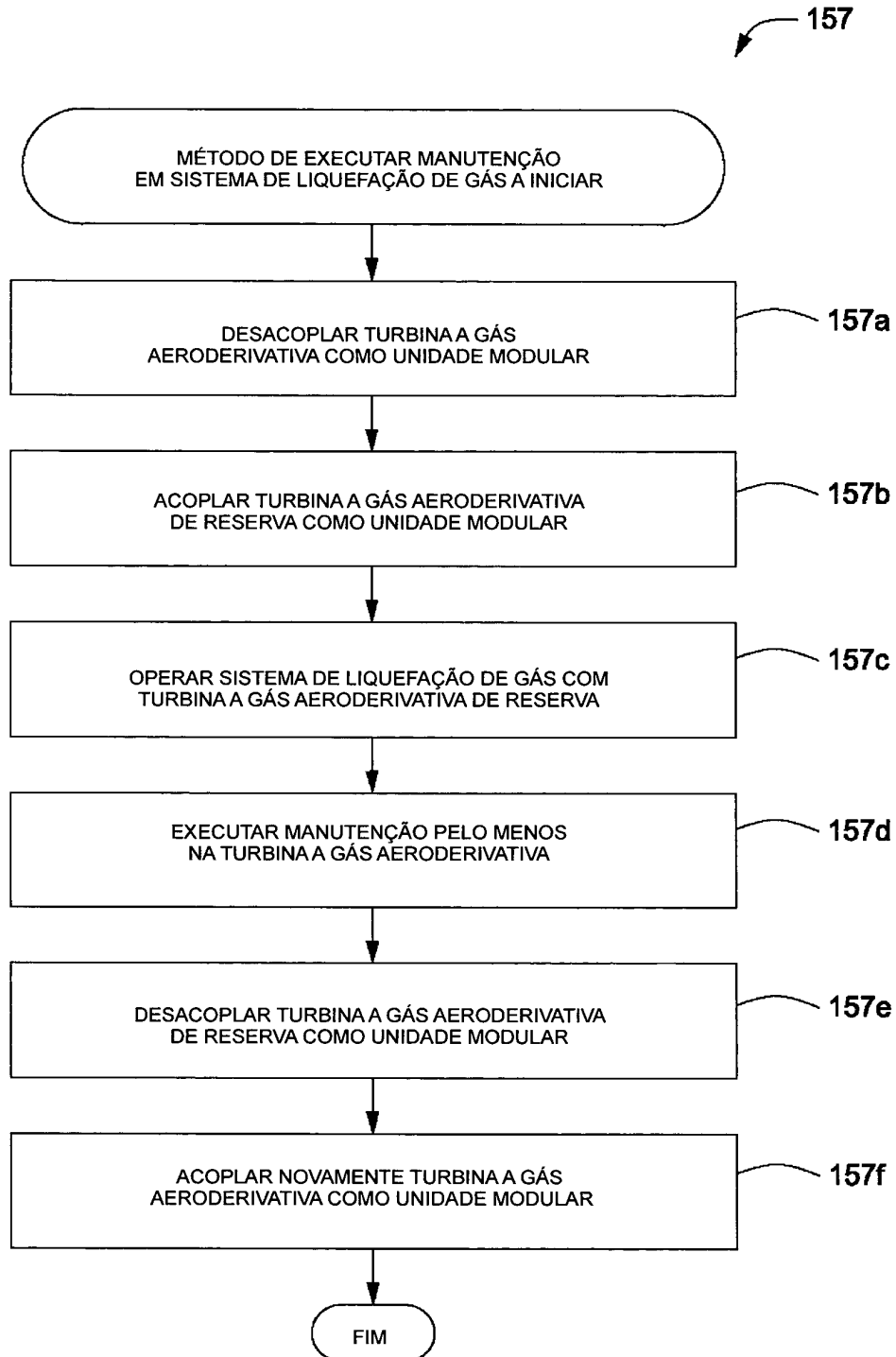


FIG. 13C

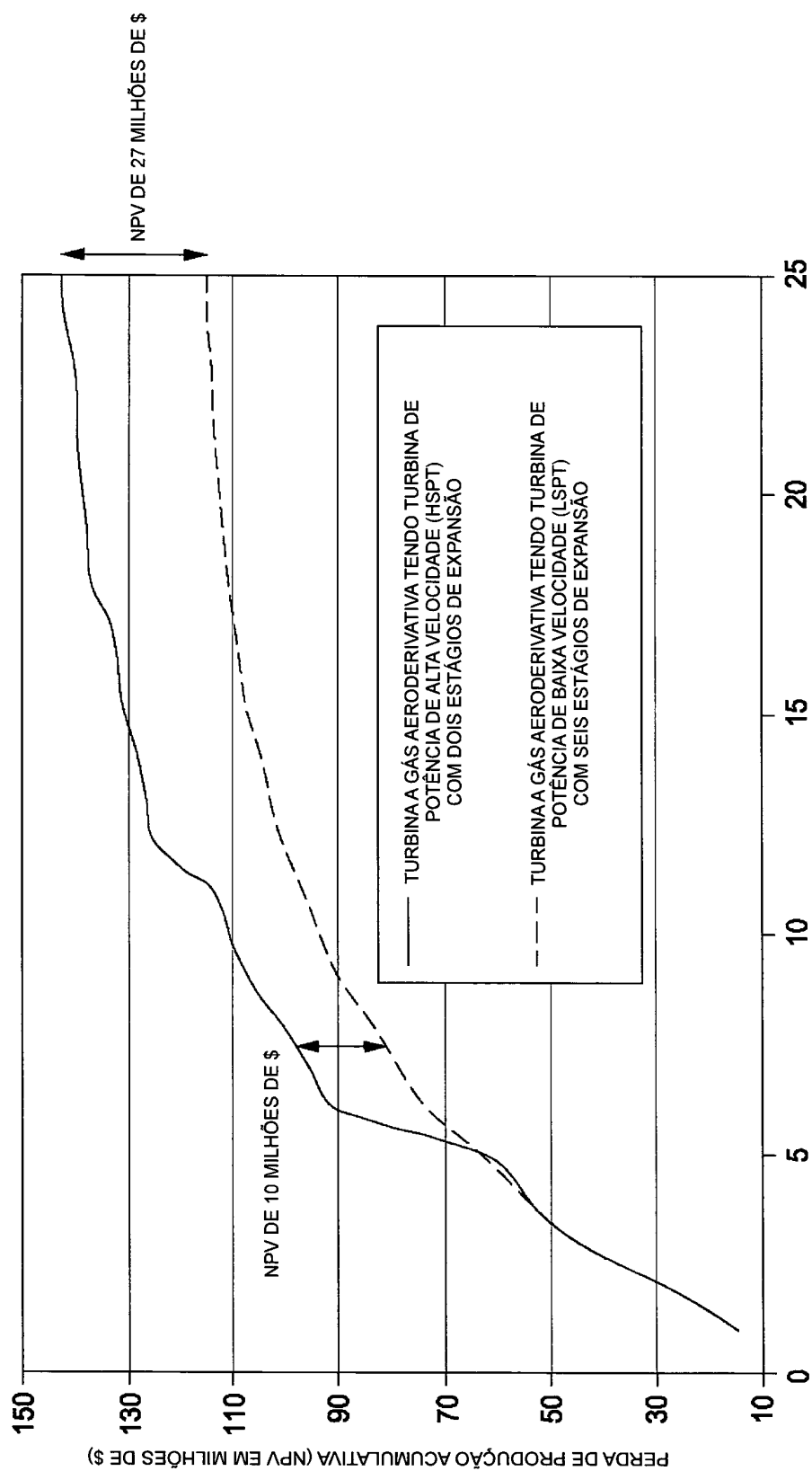


FIG. 14

