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

(11) PI 1100587-4 B1

(22) Data do Depósito: 10/01/2011

(45) Data de Concessão: 24/11/2020

(54) Título: TURBINA PARA CONVERTER ENERGIA TÉRMICA EM TRABALHO MECÂNICO, ESTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E MÉTODO DE OPERAR UMA TURBINA

(51) Int.Cl.: F01D 25/10; F03G 6/00.

(30) Prioridade Unionista: 12/01/2010 EP 10 00022.2.

(73) Titular(es): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT.

(72) Inventor(es): MIKAEL FREDRIKSSON; TORBJÖRN JOHANSSON; TOMMY LARSSON; OSKAR MAZUR.

(57) Resumo: SISTEMA DE AQUECIMENTO PARA UMA TURBINA. A presente invenção refere-se a uma turbina (100) para converter energia térmica em trabalho mecânico. A turbina (100) compreende um sistema de aquecimento (101), em que o sistema de aquecimento (101) é adaptado para aquecer a turbina (100) em um estado desligado e/ou uma fase de inicialização da turbina (100).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"TURBINA PARA CONVERTER ENERGIA TÉRMICA EM TRABALHO MECÂNICO, ESTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E MÉTODO DE OPERAR UMA TURBINA".**

Campo da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a uma turbina para converter energia térmica em trabalho mecânico, em uma estação de energia solar compreendendo pelo menos uma turbina e a um método de operar uma turbina para converter energia térmica em trabalho mecânico.

Antecedentes da Técnica

[002] Em geral, turbinas, em particular turbinas a vapor, para converter energia térmica em trabalho mecânico são tipicamente usadas em estações de energia térmica. As estações de energia térmica produzem energia térmica por combustão de material fóssil, pelo uso de reatores nucleares ou por energia solar, por exemplo. Em estações de energia térmica convencionais, a energia térmica pode ser produzida 24 horas por dia, de modo que as turbinas que geram energia não precisam ser desligadas sob condições regulares.

[003] Uma turbina que é resfriada e em estado desligado exige uma longa fase de inicialização até que as condições de operação regular da turbina são alcançadas. Por exemplo, a velocidade de rotação das lâminas de rotor na turbina pode ser acelerada lentamente, de modo que condições de operação desvantajosas, tal como o surto da turbina, ocorrem. A sobretensão é definida como uma auto-oscilação da pressão de descarga e taxa de fluxo da turbina, incluindo uma reversão de fluxo.

[004] Em tempos modernos, é um objetivo produzir cada vez mais energia renovável de fontes de energia ecologicamente corretas. Uma estação de energia exemplar que produz energia de uma fonte de energia ecologicamente correta é a estação de energia solar. Em

estações de energia solar a eletricidade é gerada por meio de luz solar. Uma estação de energia solar-térmica típica compreende coletores solares, tais como refletores parabólicos, a fim de concentrar luz solar em uma pequena superfície para gerar calor. Com a energia térmica gerada pela luz solar um meio de trabalho para uma turbina é aquecido. O meio de trabalho pode ser um fluido, tal como materiais adequados de óleo ou água, em um estado de vapor ou vapor de água. O vapor de água aquecido é guiado através da turbina que converte a energia térmica em trabalho mecânico, em que um gerador subsequente converte o trabalho mecânico em eletricidade.

[005] Estações de energia solar-térmica somente operam durante o dia quando o sol está brilhando. Durante a noite, as estações de energia solar-térmica são desligadas e assim as turbinas também. Durante a noite, as turbinas são resfriadas até a temperatura do ar ambiente. No dia seguinte, quando a turbina é inicializada novamente, uma longa fase de inicialização é necessária até que a turbina atinja a temperatura de operação e assim uma eficiência adequada.

[006] A fase de inicialização de turbinas convencionais para estações de energia solar pode durar até 1 a 1,5 horas até que as turbinas atinjam seu estado operacional. Assim, o tempo de trabalho total das turbinas durante o dia pode ser reduzido por 1 a 1,5 horas que leva para uma deficiência de produtividade e eficiência da estação de energia solar total.

Sumário da Invenção

[007] Pode ser um objetivo da presente invenção reduzir uma duração de uma fase de inicialização de uma turbina.

[008] Este objetivo pode ser solucionado por uma turbina para converter energia térmica em trabalho mecânico, por uma estação de energia solar compreendendo pelo menos uma turbina e por um método de operar uma turbina para converter energia térmica em trabalho

mecânico.

[009] De acordo com um primeiro aspecto da invenção, é fornecida uma turbina para converter energia térmica em trabalho mecânico. A turbina compreende um sistema de aquecimento. O sistema de aquecimento é adaptado para aquecer a turbina em um estado desligado e/ou uma fase de inicialização da turbina.

[0010] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, é fornecida uma estação de energia solar compreendendo pelo menos uma das turbinas descritas acima.

[0011] De acordo com um aspecto adicional da presente invenção, um método de operar uma turbina para converter energia térmica em trabalho mecânico. De acordo com o método, uma turbina é aquecida com um sistema de aquecimento em um estado desligado e/ou uma fase de inicialização da turbina.

[0012] A turbina pode ser definida como uma turbina para converter energia térmica em trabalho mecânico. Em particular, a turbina pode compreender uma turbina a gás ou uma turbina a vapor.

[0013] Pela turbina descrita acima para converter energia térmica em trabalho mecânico, o sistema de aquecimento da turbina aquece a turbina, se a turbina está em um estado desligado e/ou uma fase de inicialização. Assim, uma certa temperatura mínima dos componentes da turbina pode ser mantida constante, em particular durante a noite. O sistema de aquecimento é adaptado para manter os componentes da turbina, em particular o rotor da turbina, no nível de temperatura mínimo que pode ser definido aproximadamente entre 100° e 600°C, em particular aproximadamente entre 250° e 400°C.

[0014] Assim, mesmo quando as temperaturas ambientes estão muito baixas durante a noite, os componentes da turbina são aquecidos e mantidos no nível de temperatura mínima. Assim, ao inicializar a turbina no dia seguinte, uma diferença entre a temperatura dos com-

ponentes da turbina em um estado operacional ótimo e a temperatura no nível de temperatura mínimo, que é mantido constante pelo sistema de aquecimento, é menor que sem o sistema de aquecimento. Assim, a duração da fase de inicialização pode ser reduzida e assim o estado operacional da turbina pode ser atingido mais cedo. Desse modo, a eficiência total da estação de energia solar pode ser aperfeiçoada.

[0015] Além do mais, um aspecto adicional de manter o componente da turbina a um nível de temperatura mínimo é que a deformação térmica dos componentes da turbina, devido à diferença de temperatura entre a temperatura no estado operacional e o nível de temperatura mínimo, é reduzida em comparação com a turbina sem o sistema de aquecimento. A tensão e a fadiga de material podem ser reduzidas. Assim, a vida útil da turbina pode ser aperfeiçoada.

[0016] De acordo uma modalidade exemplar adicional, o sistema de aquecimento compreende um dispositivo de aquecimento elétrico. O dispositivo de aquecimento elétrico pode compreender elementos de aquecimento elétrico, tais como bobinas de aquecimento ou similares. O dispositivo de aquecimento elétrico pode ser diretamente fixado a alguns componentes de turbina predefinidos para transferir a energia térmica para a turbina.

[0017] De acordo com uma modalidade exemplar adicional da presente invenção, o sistema de aquecimento compreende um dispositivo de aquecimento de vapor de água. O dispositivo de aquecimento elétrico pode compreender elementos de aquecimento elétricos, tais como bobinas de aquecimento ou similares. O dispositivo de aquecimento elétrico pode ser fixado diretamente em alguns componentes da turbina predefinidos para transferir energia térmica para a turbina.

[0018] De acordo com uma modalidade exemplar adicional da presente invenção, o sistema de aquecimento compreende um dispositivo de aquecimento de vapor de água. O dispositivo de aquecimento pode

levar o vapor de água para as superfícies internas da haste, de modo que o calor está se deslocando em uma direção radialmente para fora com respeito à haste da turbina. O vapor de água aquecido pode transferir energia térmica para as superfícies internas adjacentes dos componentes de turbina.

[0019] O sistema de aquecimento pode ainda compreender um ventilador de ar quente, onde o ar aquecido pode soprar em torno dos componentes da turbina para propósitos de aquecimento. O sistema de aquecimento pode ainda compreender um dispositivo de aquecimento para fornecer óleo quente, por exemplo, em um furo interno da haste, isto é, nas superfícies internas da haste.

[0020] De acordo com, uma modalidade ainda exemplar, a turbina ainda compreende uma haste com um furo interno. O sistema de aquecimento é conectável ao furo interno para aquecer a haste, em particular a partir do interior. Em particular, o sistema de aquecimento é conectável ao furo interno de tal maneira que o sistema de aquecimento é acoplado termicamente no furo interno, de modo que a energia térmica pode ser transferida do sistema de aquecimento no furo interno. O furo interno pode ser alinhado ao longo do eixo central da haste e em uma direção coaxial da haste. Além do mais, o furo interno pode compreender uma direção radial com respeito ao eixo central da haste. Ao fornecer o furo interno dentro da haste, a energia térmica é transportada para o centro da turbina. Devido à convecção da energia térmica e porque o exterior da turbina é muito mais frio durante a noite que o interior aquecido da turbina, a energia térmica se move da haste interna para os componentes da turbina circundantes mais frios e finalmente para o ambiente da turbina. Assim, a distribuição da energia térmica pode ser aperfeiçoada, porque começando do centro da turbina, uma distribuição eficiente (convecção) da energia térmica a partir do interior da turbina para o exterior da turbina pode ser fornecida. As-

sim, um aquecimento mais eficiente da turbina pode ser fornecido.

[0021] No furo interno da haste vapor de água quente ou ar quente pode ser soprado para transferir a energia térmica dentro da haste. Além do mais, o furo interno pode compreender elementos de aquecimento para fornecer um aquecimento elétrico. Os elementos de aquecimento podem compreender, por exemplo, bobinas de aquecimento ou filamentos aquecidos, por exemplo.

[0022] De acordo com uma modalidade exemplar adicional, a turbina ainda compreende um alojamento, em que o sistema de aquecimento é conectável (termicamente conectável) ao alojamento. A superfície externa do alojamento pode compreender bobinas de aquecimento que podem ser destacavelmente montadas na superfície externa do alojamento ou que podem ser formadas integralmente com os componentes externos da turbina, por exemplo, o alojamento da turbina.

[0023] De acordo com uma modalidade exemplar, a turbina ainda compreende um sistema de isolamento para isolar a turbina de tal maneira que a taxa de resfriamento da turbina no estado desligado é reduzida.

[0024] O sistema de isolamento pode compreender, por exemplo, forros isolantes que são fixados na superfície externa da turbina a fim de impedir o resfriamento da turbina. Além disso, o sistema de isolamento pode compreender forros isolantes aquecidos, de modo que os forros aquecidos combinam o sistema de aquecimento e o sistema de isolamento. Os forros aquecidos podem compreender bobinas de aquecimento que podem ser aquecidas por energia elétrica, por exemplo. Assim, a superfície externa da turbina pode ser envolvida pelo menos parcialmente pelos forros aquecidos, de modo que a taxa de resfriamento da turbina será reduzida e uma temperatura de componente mínima definida dos componentes da turbina pode ser manti-

da constante com menos energia de aquecimento. O sistema de isolamento pode compreender, além disso, materiais isolantes que podem ser formados na superfície interna ou externa do alojamento de turbina. O alojamento de turbina pode, por exemplo, compreender um revestimento ou laminação incluindo um material de amortecimento com características de amortecimento apropriadas, de modo que o alojamento pode ser formado integralmente com o sistema de isolamento.

[0025] De acordo com uma modalidade exemplar adicional, o sistema de aquecimento compreende um dispositivo de acumulador de calor. O dispositivo de acumulador de calor é adaptado para armazenar energia térmica em particular durante o dia e/ou quando a turbina está funcionando. O dispositivo acumulador de calor é adaptado para transferir energia térmica para a turbina, em particular para o sistema de aquecimento, durante um estado desligado e/ou uma fase de inicialização da turbina. O dispositivo acumulador de calor pode compreender um armazenamento de energia térmica de sal fundido, em que um volume de sal é fundido por energia térmica do sol ou do fluido de trabalho quente quando a turbina está em um estado operacional. O sal líquido pode ser armazenado em um tanque de armazenamento isolado. Quando a energia térmica é exigida pelo sistema de aquecimento, o sal quente é usado para transferir a energia térmica para o sistema de aquecimento. Em vez de sal, o também possível armazenar energia térmica em um acumulador de calor em que em um tanque de pressão de vapor de água, é armazenada vapor de água sob pressão. O vapor de água é gerado, por exemplo, pelo sol ou pelo fluido de trabalho quente que é produzido durante o estado operacional da turbina. Além do mais, o dispositivo acumulador de calor térmico pode compreender um material de mudança de fase (PCM) que compreende um alto calor de fusão, de modo que o calor é absorvido quando o material muda do

estado sólido para o estado líquido e vice-versa. Além do mais, o dispositivo acumulador de calor pode compreender um acumulador de calor termoquímico, em que a energia térmica pode ser armazenada por reações químicas reversíveis de substâncias químicas.

[0026] De acordo com uma modalidade exemplar adicional, o dispositivo acumulador de calor é adaptado para ser carregado com energia térmica por uma fonte de calor externa ou pela turbina que está em um modo de operação. A fonte de calor externa pode ser, por exemplo, o sol ou o solo aquecido (tal como areia).

[0027] Pela presente invenção, a turbina, em particular componentes de turbina específicos, tais como os rotores, o eixo ou os estatores, é mantida a um nível de temperatura mínima (tal como 250-400°C), de modo que o tempo de partida pode ser reduzido e a tensão para o material da turbina é reduzida porque a diferença de temperatura entre o estado operacional e o estado desligado é reduzida também. Portanto, pelo sistema de aquecimento descrito acima, as temperaturas maiores de turbina são obtidas para a partida matutina da turbina. Junto com o sistema de aquecimento, a turbina pode ser isolada por um sistema de isolamento, de modo que na partida matinal da turbina, os componentes da turbina são mantidos aquecidos com menos consumo de energia para propósitos de aquecimento.

[0028] Os aspectos definidos acima e outros aspectos da presente invenção são evidentes a partir dos exemplos da modalidade a ser descrita daqui em diante e são explicados com referência aos exemplos de modalidade. A invenção será descrita em mais detalhe posteriormente com referência aos exemplos de modalidade, mas na qual a invenção não é limitada.

Breve Descrição dos Desenhos

[0029] A seguir uma modalidade exemplar da presente invenção será especificada para explicação adicional e para melhor entendimen-

to com referência ao desenho anexo:

[0030] A figura mostra uma vista esquemática de uma turbina de acordo com uma modalidade exemplar da presente invenção.

Descrição Detalhada

[0031] A ilustração no desenho é esquemática. Nota-se que em figuras diferentes, elementos similares ou idênticos são fornecidos com os mesmos sinais de referência.

[0032] A figura ilustra uma turbina 100 para converter energia térmica em trabalho mecânico. A turbina 100 compreende um sistema de aquecimento 101. O sistema de aquecimento 101 é adaptado para aquecer a turbina 100 em um estado desligado e/ou uma fase de inicialização a turbina 100.

[0033] A turbina 100 compreende um alojamento 102 que circunda a haste 103. As lâminas do rotor são fixadas tipicamente na haste 103, em que as lâminas de estator são tipicamente fixadas no alojamento 102 da turbina.

[0034] A figura ilustra duas localizações de conexão exemplares para o sistema de aquecimento 101 com a turbina 100. O sistema de aquecimento 101 pode se fixado em uma modalidade exemplar na superfície externa do alojamento 102, de modo que a energia térmica é transferida do exterior para o interior da turbina 100. A partir do alojamento 102, a energia térmica é transferida para as partes internas da turbina 100 bem como para a haste 103.

[0035] Em uma modalidade exemplar adicional, o sistema de aquecimento 101 pode ser conectado e/ou acoplado adicional ou alternativamente em componentes internos da turbina 100, tal como a haste 103. Como mostrado na figura, o sistema de aquecimento 101 é acoplado térmica e/ou mecanicamente em uma seção terminal da haste 103. Dentro da haste 103, um furo interno 105 pode ser fornecido de modo que se estende em uma direção axial da haste 103. O furo inter-

no 105 se estende ao longo da direção axial da haste 103, e o furo externo 105 pode se estender para a seção média da turbina ou por toda a haste 103 na turbina 100. A energia térmica pode ser transferida pelo sistema de aquecimento 101 dentro da haste 103. A energia térmica pode ser transferida para dentro do furo interno 105, por exemplo, ar quente, vapor de água quente ou por elementos de aquecimento elétricos 106. Os elementos de aquecimento elétricos 106 podem ser instalados dentro da superfície interna do furo interno 105. Em uma modalidade exemplar, os elementos de aquecimento 106 podem compreender bobinas de aquecimento que se estendem ao longo da superfície interna do furo interno 105.

[0036] A figura ainda ilustra um sistema de isolamento 104 que pode compreender forros de isolamento ou materiais isolantes que podem envolver pelo menos parcialmente a superfície externa do alojamento 102. Além do mais, o sistema de isolamento 104 pode compreender materiais isolantes que podem ser laminados nas superfícies exteriores ou interiores dos componentes da turbina, por exemplo, para a superfície externa e/ou interna do alojamento 102. Assim, a transferência de energia térmica, respectivamente transfere o calor de dentro da turbina para o ambiente mais frio da turbina, pode ser reduzida pelo sistema de isolamento 104.

[0037] O sistema de isolamento 104 pode também compreender partes do sistema de aquecimento 101. Por exemplo, o sistema de isolamento 104 pode compreender forros isolantes que podem ser envolvidos em torno da superfície externa do alojamento 102, em que dentro dos forros isolantes, os elementos de aquecimento 106, tais como bobinas de aquecimento, podem ser instalados. Assim, o sistema de isolamento 104 é combinado com o sistema de aquecimento 101 e asso fornece um isolamento melhor impedindo o resfriamento da turbina 100. Além do mais, é fornecida uma possibilidade adicional para man-

ter a temperatura dentro da turbina 100 e a temperatura dos componentes de turbina constante em um nível de temperatura mínima.

[0038] Um dispositivo acumulador de calor 107 pode ser acoplado nas regiões internas da turbina a fim de extrair uma parte do meio de trabalho para armazenamento e assim para armazenar a energia térmica.

[0039] Adicionalmente, como pode assumido a partir da figura, o dispositivo acumulador de calor 107 pode ser conectado ao sistema de aquecimento 101. O dispositivo acumulador de calor 107 pode armazenar energia térmica que pode ser retirada do sol propriamente dito, do fluido de trabalho e/ou do solo aquecido. Além do mais, a energia térmica para o dispositivo acumulador de calor 107 pode ser tomada da turbina quente 100 em um estado de operação. Durante a noite, a energia térmica armazenada no dispositivo acumulador de calor 107 pode ser transferida para pó sistema de aquecimento 101 respectivamente para os componentes da turbina a fim de manter constante a temperatura mínima dos componentes da turbina.

[0040] Deve ser notado que o termo "compreendendo" não exclui outros elementos ou etapas e "um" ou "uma" não exclui uma pluralidade. Também elementos descritos em associação com modalidades diferentes podem ser combinados.

REIVINDICAÇÕES

1. Turbina (100) para converter energia térmica em trabalho mecânico, a turbina (100) compreendendo,

um sistema de aquecimento (101),

sendo que o sistema de aquecimento (101) é adaptado para aquecer a turbina (100) em um estado desligado da turbina (100),

caracterizada pelo fato de que,

o sistema de aquecimento (101) compreende um dispositivo acumulador de calor (107), sendo que o dispositivo acumulador de calor (107) é adaptado para armazenar energia térmica e para transferir a energia térmica para a turbina (100) durante o estado desligado e sendo que o dispositivo acumulador de energia (107) é adaptado para ser carregado com energia térmica pela turbina (100) que está em modo de operação.

2. Turbina (100), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o sistema de aquecimento (101) compreende um dispositivo de aquecimento elétrico.

3. Turbina (100), de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que o sistema de aquecimento (101) compreende um dispositivo de aquecimento de vapor de água.

4. Turbina (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que ainda compreende uma haste (103) com um furo interno (105), sendo que o sistema de aquecimento (101) é conectável ao furo interno (105) para aquecer a haste (103).

5. Turbina (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que ainda compreende um alojamento (102), sendo que o sistema de aquecimento (101) é conectável ao alojamento (102).

6. Turbina (100), de acordo com qualquer uma das reivindi-

cações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que ainda compreende um sistema de isolamento (104) para isolar a turbina (100) de tal maneira que a taxa de resfriamento da turbina (100) no estado desligado é reduzida.

7. Turbina (100), de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizada pelo fato de que o dispositivo acumulador de calor (107) é adaptado para ser carregado com energia térmica por uma fonte de calor externa.

8. Estação de energia solar, caracterizada pelo fato de que compreende pelo menos uma turbina (100) como definida em qualquer uma das reivindicações 1 a 7.

9. Método de operar uma turbina (100) para converter energia térmica em trabalho mecânico, o método caracterizado pelo fato de que compreende,

aquecer a turbina (100) em um estado desligado da turbina (100) com um sistema de aquecimento (101),

armazenar energia térmica em um dispositivo acumulador de energia (107) do sistema de aquecimento (101),

sendo que o dispositivo acumulador de energia (107) é carregador com energia térmica pela turbina (100) que se encontra em um modo de operação, e

transferir a energia térmica para a turbina (100) durante o estado desligado.

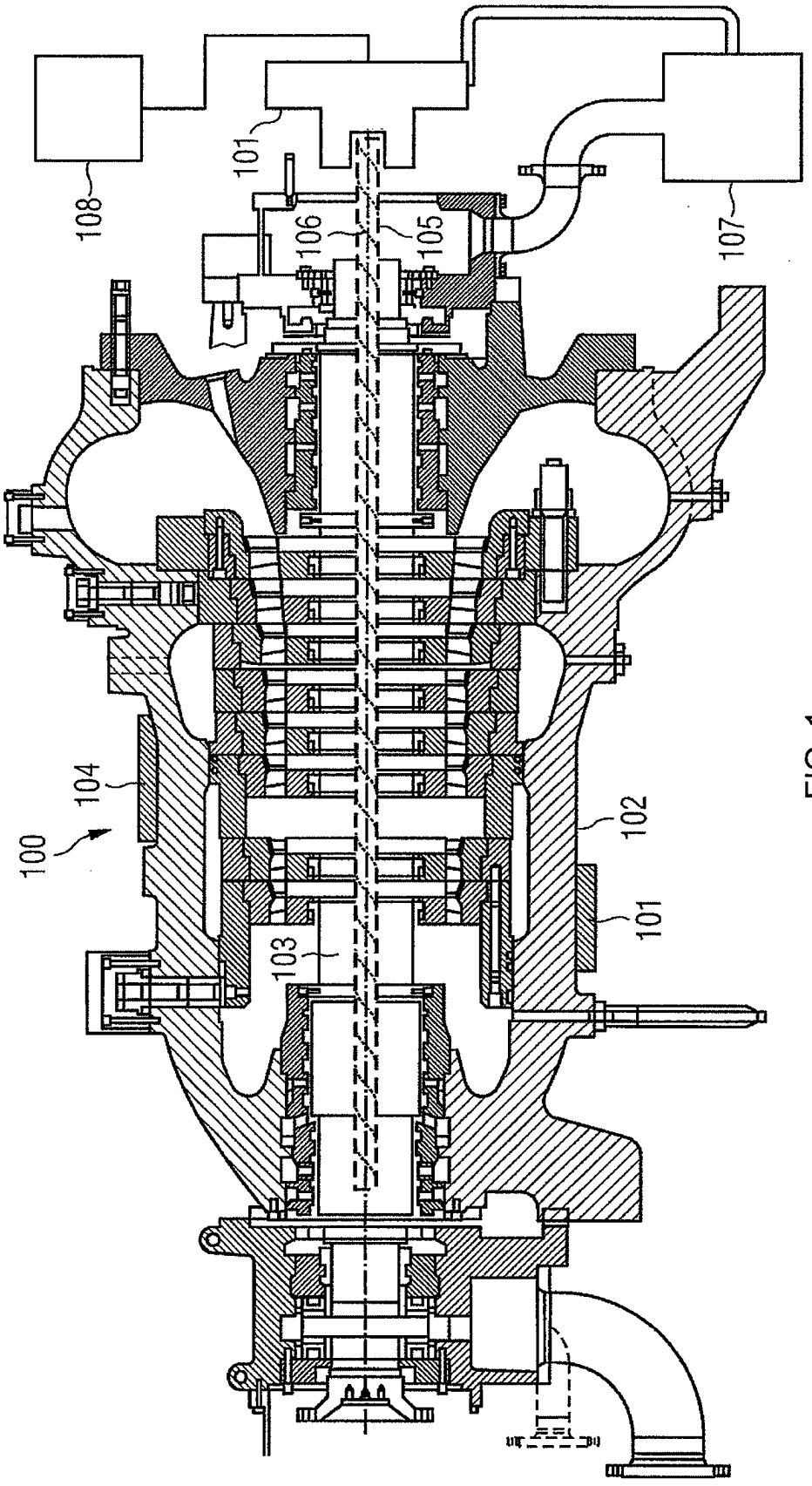


FIG. 1