



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

(21) **PI 0611664-7 A2**

(22) Data de Depósito: 03/06/2006
(43) Data da Publicação: 04/12/2012
(RPI 2187)



(51) *Int.Cl.:*
F01K 3/20

(54) **Título:** UNIDADE GERADORA DE VAPOR E PROCESSO PARA OPERAR E REEQUIPAR UMA INSTALAÇÃO GERADORA DE VAPOR

(30) **Prioridade Unionista:** 08/06/2005 DE 10 2005 026 534.0

(73) **Titular(es):** MAN TURBO AG

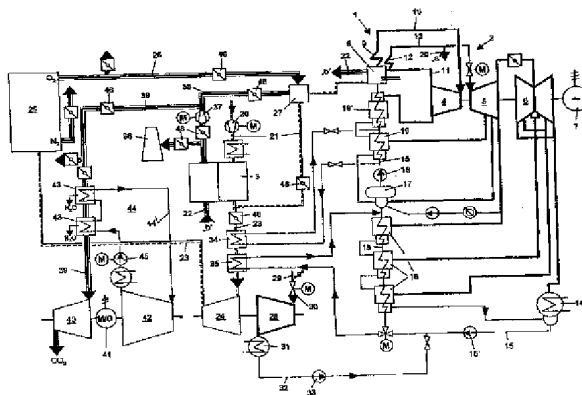
(72) **Inventor(es):** BERND GERICKE

(74) **Procurador(es):** Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) **Pedido Internacional:** PCT EP2006005334 de 03/06/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2006/131283de 14/12/2006

(57) **Resumo:** UNIDADE GERADORA DE VAPOR E PROCESSO PARA OPERAR E REEQUIPAR UMA INSTALAÇÃO GERADORA DE VAPOR. A presente invenção refere-se a uma unidade geradora de vapor, que compreende um gerador de vapor (1), com uma câmara de combustão (8), um evaporador, um superaquecedor (9), um superaquecedor intermediário (12), um condensador (14), preaquecedores de água de alimentação (16, 19, 19') aquecidos regenerativamente por vapor, ainda, um conjunto de turbina a vapor (2), com uma seção de alta pressão (4), uma seção de média pressão (5) e uma seção de baixa pressão (6), bem como uma linha de gás de combustão (22), anexada à câmara de combustão (8), uma linha de alimentação de ar (21), para alimentação de ar de combustão ao queimador da câmara de combustão (8), e um preaquecedor de ar (3), permeado por gás de combustão e ar de combustão. Nessa unidade geradora de vapor, uma linha de ar (23) é ramificada da linha de alimentação de ar (21), no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3), e guiada para uma unidade de decomposição de ar (25). Na linha de ar (23) estão dispostos refrigeradores de ar (34, 35) que estão permeados por água de condensação ou água de alimentação da circulação de água de condensação/água de circulação do gerador de vapor (1). A saída de oxigênio da unidade de decomposição de ar (25) está ligada através de uma linha de oxigênio (26) com o queimador da câmara de combustão.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"UNIDADE GERADORA DE VAPOR E PROCESSO PARA OPERAR E REEQUIPAR UMA INSTALAÇÃO GERADORA DE VAPOR"**.

A presente invenção refere-se a uma unidade geradora de vapor
5 com as características do preâmbulo da reivindicação 1, bem como a um processo para operar e reequipar uma unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 17 ou reivindicação 23.

Essas unidades geradora de vapor produzem CO_2 pela combustão do combustível fóssil, que é responsabilizado pela destruição da camada
10 de ozônio na atmosfera. Por esse motivo, a indústria e as universidades têm introduzido desenvolvimentos conjuntos no setor de usinas elétricas, para separação de CO_2 do gás de combustão.

Aos desenvolvimentos conjunto pertencem a transformação de CO com H_2O para CO_2 e H_2 , com subsequente separação do CO_2 (processo de IGCC) e a combustão do combustível fóssil com oxigênio puro e subsequente separação de CO_2 (processo de oxy-fuel). De acordo com estimativas atuais, a instalação nova de unidades geradora de vapor sob uso do processo de oxi-fuel só deve poder ser realizada em um período futuro, em
15 cerca de 10 a 20 anos, e, então, ainda estar associada a consideráveis custos de investimento.
20

No reequipamento de usinas elétricas existentes, operadas convencionalmente, a situação poderia ser bem mais favorável, uma vez que os investimentos seriam consideravelmente menores. Devido a separações de CO_2 associadas à combustão com oxigênio puro, para um reequipamento de
25 oxi-fuel, só são de interesse, por razões de custos e devido ao tamanho das unidades de compressor a ser usadas, blocos de usinas elétricas no âmbito de potência mais alto, de 100 a 300 MW.

A invenção tem por base a tarefa de reequipar uma unidade geradora de vapor de acordo com a espécie com uma operação sob uso de oxigênio puro (processo de oxy-fuel), de tal como que a unidade geradora de vapor possa ser operada tanto de acordo com o processo de oxy-fuel como também pode funcionar na operação convencional.
30

A tarefa é solucionada de acordo com a invenção em uma unidade geradora de vapor de acordo com a espécie e em um processo para operar ou reequipar uma unidade desse tipo pelas características identificadoras da reivindicação 1 ou da reivindicação 17 ou 23. Configurações vantajosas da invenção são objeto das reivindicações secundárias.

Pelo reequipamento de acordo com a invenção para o processo de oxy-fuel, na unidade geradora de vapor de acordo com a invenção são incluídos o preaquecimento da água de alimentação regenerativo, existente, bem como o preaquecimento do ar no lado do gás de combustão do gerador de vapor, existente, e é adicionado o superaquecimento intermediário. A ligação da unidade geradora de vapor no lado do ar de combustão é escolhida de tal modo que continua a ser possível, sem restrições, uma operação com ar, como veículo de oxigênio. O reequipamento para uma instalação de oxi-fuel dá-se, portanto, sem prejudicar a unidade geradora de vapor convencional na eventual operação com ar fresco. Um aumento de escala para unidades maiores é possível.

Várias modalidades da invenção estão representadas no desenho e são explicadas abaixo mais detalhadamente, junto com as vantagens da invenção. Mostram

Figura 1 o esquema de ligações de uma unidade geradora de vapor, com um reequipamento para a operação com oxigênio (operação de oxi-fuel), e

Figura 2 a 4 outras modalidades da unidade geradora de vapor de acordo com a Figura 1.

A unidade geradora de vapor compreende um gerador de vapor 1, com uma circulação de água-vapor, um conjunto de turbina a vapor 2, bem como uma alimentação de ar, uma descarga de gás de escapamento e um pré-aquecedor de ar regenerativo, aquecido por gás de escapamento (pré-aquecedor de ar de combustão) 3. Até esse ponto, a unidade geradora de vapor é de construção convencional. A invenção é explicada abaixo apenas resumidamente, tal como é necessário para o entendimento da invenção.

O conjunto de turbina a vapor consiste em uma seção de alta

pressão 4, uma seção de média pressão 5 e uma seção de baixa pressão 6, que estão dispostas sobre um eixo comum e acionam um gerador 7 para produção de energia elétrica.

O gerador de vapor 1 representa está formado como gerador de vapor de passagem forçada. A descrição abaixo também pode ser aplicada a uma caldeira de tambor. O gerador de vapor 1 apresenta uma câmara de combustão 8, que está dotada de um queimador operado com combustível gasoso. Em princípio, também é possível a operação na base de carvão, levando em consideração a purificação do gás de combustão. Às superfícies de aquecimento de evaporação da câmara de combustão está anexado um superaquecedor 9. Uma linha de vapor de alta pressão 10, adjacente ao superaquecedor 9, está guiada para a seção de alta pressão 4 do conjunto de turbina a vapor 2. A saída de descarga de vapor da seção de alta pressão 4 está ligada através de uma linha de conexão 11 com um superaquecedor intermediário 12 do gerador de vapor 1. O superaquecedor intermediário 12 está ligado no lado da saída através de uma linha de vapor intermediária 13 com a seção de média pressão 5 do conjunto de turbina a vapor 2. À seção de média pressão 5 está anexada no lado de vapor a seção de baixa pressão 6.

A saída de vapor de descarga da seção de baixa pressão 6 está guiada para um condensador 14. Ao condensador 14 está ligada uma linha de água de condensação 15, na qual se encontra uma bomba de água de condensação 15'. Na linha de água de condensação 15 estão dispostos, sucessivamente, diversos preaquecedores de água de alimentação de baixa pressão 16, um desgaseificador de água de alimentação 17 térmico, uma bomba de água de alimentação de alta pressão 18 e diversos preaquecedores de água de alimentação de alta pressão 19, 19'. O último preaquecedor de água de alimentação de alta pressão 19' está ligado com um preaquecedor de água de alimentação adicional e aquecido por gás de combustão ou com o evaporador do gerador de vapor 1. Os preaquecedores de água de alimentação 16, 19 são aquecidos por vapor de extração da seção de alta pressão, da seção de média pressão 5 e da seção de baixa pressão 6 do

conjunto de turbina a vapor 2.

Um soprador 20 está disposto em uma linha de alimentação de ar 21, que está ligado à seção de ar no lado de entrada do preaquecedor de ar 3 regenerativo e está guiado na direção da corrente do preaquecedor de ar 3 ao queimador da câmara de combustão 8, para abastecer a mesma com ar de combustão. Na saída do gás de combustão do gerador de vapor 1 está ligada uma linha de gás de combustão 22, que leva à seção de gás no lado da entrada do preaquecedor de ar 3 regenerativo. Por razões de técnica de desenho, a linha de gás de combustão 22 está representada interrompida nos pontos "b) no desenho. Em seguida ao preaquecedor de ar 3, a linha de gás de combustão 22 está guiada para uma chaminé 36.

As explicações até esse momento referem-se a uma unidade geradora de vapor convencional. Agora, é descrito o reequipamento da unidade geradora de vapor para uma unidade de oxi-fuel. Esse reequipamento pode ser realizado posteriormente em uma unidade geradora de vapor existente ou desde o início, em uma unidade geradora de vapor nova.

Da linha de alimentação de ar 21 é ramificada no sentido da corrente do preaquecedor de ar 3 uma linha de ar 23 e guiada a um compressor de ar 24. A saída do compressor de ar 24 é guiada a uma unidade de decomposição de ar 25. A saída de oxigênio da unidade de decomposição de ar 25 está ligada através de uma linha de oxigênio 26 com um misturador de gás 27, que está disposto na linha de alimentação de ar 21, entre o preaquecedor de ar 3 e o queimador da câmara de combustão 8 do gerador de vapor 1.

O compressor de ar 24 é acionado por uma turbina a vapor de acionamento 28. A turbina a vapor de acionamento 28, de acordo com a Figura 1, está solicitada com vapor, que é retirado da linha de vapor intermediária 13 através de uma linha de vapor 29, entre o superaquecedor intermediário 12 do gerador de vapor 1 e a seção de média pressão 5 do conjunto de turbina a vapor 2. Por razões de técnica de desenho, a linha de vapor 29 está representada interrompida nos pontos "a" no desenho. Antes da entrada na turbina a vapor de acionamento 28, está disposta na linha de vapor

29 uma válvula de regulação 30. A saída de vapor de descarga da turbina a vapor de acionamento 28 está guiada a um condensador 31, que através de uma linha de água de condensação 32, na qual está disposta uma bomba 33, está ligado à linha de água de condensação 15 do gerador de vapor 1, no sentido contrário da corrente do primeiro preaquecedor de água de alimentação de baixa pressão do grupo de preaquecedores de água de alimentação de baixa pressão 16.

Caso as condições construtivas no condensador 14 o permitam, o vapor de descarga da turbina a vapor de acionamento 28 pode ser alimentado ao condensador principal 14 do gerador de vapor 1. Desse modo, podem ser suprimidos o condensador 31 da turbina a vapor de acionamento 28 e a respectiva bomba de água de condensação 33.

Na Figura 2 está mostrada uma turbina a vapor de acionamento 28', que não está solicitada com vapor intermediário, mas com vapor de extração. O vapor de extração é retirado em um estágio de extração 47 apropriado do conjunto de turbina a vapor 2 e alimentado através de uma linha de vapor 29' à turbina a vapor de acionamento 28'.

De acordo com a Figura 3, também pode ser usada uma turbina a vapor de acionamento 28'', que está solicitada através de uma linha de vapor 29'' com vapor de uma fonte de vapor externa 48. Essa fonte de vapor externa pode ser um gerador a vapor com combustão direta.

Em vez de uma turbina a vapor de acionamento 28, 28', 28'', também pode ser usado - tal como mostrado na Figura 4 - um motor elétrico 49, para acionamento do compressor de ar 24.

Na linha de ar 23 estão dispostos dois refrigeradores de ar 34, 35 entre o preaquecedor de ar 3 e o compressor de ar 24. Os refrigeradores de ar 34, 35 estão incorporados, tal como a turbina a vapor de acionamento 28, que aciona o compressor de ar 24, na circulação de água-vapor do gerador de vapor 1. O refrigerador de ar 34 situado no sentido contrário da corrente do preaquecedor de ar 3, está passado por água de alimentação de alta pressão, que é retirada da linha de água de condensação 15, no sentido da corrente do preaquecedor de água de alimentação de alta pressão

19, e reconduzida no sentido contrário à corrente dessa preaquecedor de água de alimentação de alta pressão 19 à linha de água de condensação 15. Se a regulação da temperatura de vapor no superaquecedor intermediário 12 do gerador de vapor 1 se der através de uma recirculação de gás de combustão, então o último preaquecedor de água de alimentação de alta pressão 19' pode ser incorporado adicionalmente no refrigerador de ar 34. O refrigerador de ar 35, situado no sentido da corrente do preaquecedor de ar 3, está passado pela água de alimentação de baixa pressão, que é retirada da linha de água de condensação 15 no sentido da corrente do grupo de preaquecedores de água de alimentação de baixa pressão 16 e reconduzida à linha de água de condensação 15, no sentido contrário à corrente do grupo de preaquecedores de água de alimentação de baixa pressão 16.

Na linha de gás de combustão 22 está disposto um soprador de recirculação 37, no sentido da corrente do preaquecedor de ar 3 regenerativo e de uma ramificação para uma chaminé 36. No sentido da corrente do soprador de recirculação 37 a linha de gás de combustão 22 se ramifica em duas linhas secundárias de gás de combustão 38, 39. A primeira linha secundária 38 termina no misturador de gás 27.

A segunda linha secundária de gás de combustão 39 está guiada a um compressor de CO_2 40. O compressor de CO_2 40 está acionado por um expensor 42 e um motor/gerador 41. O compressor de CO_2 e o expensor 42 estão dispostos, junto com o motor/gerador 41, sobre um eixo.

Tal como está representado exemplificadamente nas Figuras 3 e 4, o motor/gerador 41 também pode ser suprimido. Em vez disso, o compressor de ar 24, o expensor 42 e o compressor de CO_2 40 estão dispostos, junto com a turbina a vapor de acionamento 28" ou o motor elétrico 49 como dispositivo de acionamento, sobre um ramal de um eixo 50. Deve ser ressaltado que o ramal de acionamento mostrado nas Figuras 3 e 4 também pode ser usado em uma unidade gerador de vapor de acordo com as Figuras 1 e 2, do mesmo modo como o ramal de acionamento de acordo com as Figuras 1 e 2 é possível em uma unidade geradora de vapor de acordo com as Figuras 3 e 4.

Na segunda linha secundária de gás de combustão 39 estão dispostos antes da entrada, no compressor de CO_2 40, de trocadores de calor 43 para refrigeração do gás de combustão para abaixo do ponto de degelo de água, com o que se dá a separação de água do gás de combustão. Os trocadores de calor 43 estão ligados com o expensor 42 através de uma linha de ligação 44' por um processo de circulação de Rankin 44, no qual é usado como meio de trabalho um agente refrigerante com baixo ponto de ebulição, por exemplo, NH_3 . Uma bomba 45 ligada à saída do expensor 42 produz a circulação do meio de trabalho pelos trocadores de calor 43 e o expensor 42.

Tal como está representado no desenho e foi descrito previamente, a linha de ar 23, que leva através do compressor de ar 24 à unidade de decomposição de ar 25 e que aloja os refrigeradores de ar 34, 35, e a linha de oxigênio 26, que sai da unidade de decomposição de ar 25, estão ligadas paralelamente à linha de alimentação de ar 21, que leva à câmara de combustão 8. Válvulas de bloqueio/regulagem 46 na linha de alimentação de ar 21, na linha de ar 23, na linha de oxigênio 26, na primeira linha secundária de gás de combustão 38 e na segunda linha secundária de gás de combustão 39 cuidam do bloqueio da linha correspondente ou de uma regulagem do meio que corre através da linha correspondente.

A unidade geradora de vapor descrita acima é operada do seguinte modo: O ar necessário para o processo de oxi-fuel, isto é, para a operação com oxigênio, é refrigerado atrás do preaquecedor de ar 3 regenerativo por meio de água de condensação de turbina a vapor para temperaturas as menores possíveis e comprimido no compressor de ar 24 para a pressão necessária para a unidade de decomposição de ar 25.

O acionamento do compressor de ar 24 dá-se por meio da turbina a vapor de acionamento 28, 28', que é alimentada com vapor intermediário do superaquecedor intermediário 12 ou com vapor de extração do estágio de extração 47 da seção de pressão média 5 da turbina a vapor 2. A potência mínima do conjunto de turbina a vapor 2 é pequena, nesse caso, uma vez que a retirada do vapor intermediário ou de extração é compensada em

termos de quantidade, em parte, pelo deslocamento do calor do ar de combustão na circulação de água de condensação do gerador de vapor 1, sendo que os pontos de extração das linhas de vapor no lado da pressão média e da pressão baixo estão fechados ou só parcialmente abertos. A água de condensação formada da turbina a vapor de acionamento 28, 28' é integrada na circulação de água de condensação do gerador de vapor 1. Desse modo, não são necessários desgaseificadores adicionais e nenhum sistema de água de condensação-vapor adicional. Pelo deslocamento do calor do ar de combustão do preaquecedor de ar 3 na circulação de água de circulação-
5 água de condensação do gerador de vapor 1 ocorre uma ampla compensação da potência mínima pela retirada do vapor intermediário ou do vapor de extração para o acionamento da turbina a vapor de acionamento 28, 28'.

Se a capacidade de absorção do conjunto de turbina a vapor 2 for suficiente e o gerador 7 ainda tiver reservas adicionais, então o acionamento do compressor de ar 24 poderia ser desacoplado do trilho de vapor intermediário, constituído da linha de vapor intermediário 13 e do estágio de extração 47, da seção de pressão média 5 do conjunto de turbina a vapor 2. Nesse caso, estão disponíveis para o acionamento tanto um motor elétrico como também um processo de turbina a vapor puro, com um gerador de vapor com combustão direta. A vantagem dessas concepções reside neste
15 último, bem como na livre escolha dos parâmetros de vapor, como também na dinâmica aperfeiçoada do processo de comutação da unidade geradora de vapor para operação com ar pura, no caso de uma mudança das turbomáquinas adicionais para o processo de oxi-fuel. Para aumento da eficiência do processo de acionamento, o calor do refrigerador intermediário e adicional do compressor de ar 24 poderiam ser integrados com utilidade no conceito de instalação do reequipamento.

O ar para a unidade de decomposição de ar 25 é comprimido pelo compressor de ar 24 para a pressão necessária para a unidade de decomposição de ar 25. A potências crescentes da unidade geradora de vapor oferece-se a combinação de compressores axiais e radiais, com refrigeradores intermediários e adicionais. Em princípio, também é possível um acio-
30

namento apenas por motor.

O arranque da unidade geradora de vapor dá-se com 100% de carga do soprador 20, sendo que são alimentados cerca de 60% da unidade de decomposição de ar 25, isto é, carga mínima da unidade de decomposição de ar 25, e cerca de 40% da quantidade de ar ao gerador de vapor 1, isto é, carga mínima do gerador de vapor de passagem forçada ou de uma caldeira de circulação natural. Os valores indicados podem variar correspondentemente, dependendo do processo. O gerador de vapor 1 funciona na operação de ar fresco de carga parcial até que seja alcançada a qualidade de O_2 correspondente na unidade de decomposição de ar 25. Depois, dá-se a comutação para a operação de oxi-fuel, da operação de ar de carga parcial para a operação de oxigênio de carga parcial correspondente. Outros aumentos de carga ocorrem, então, levando em consideração os valores admissíveis da unidade de decomposição de ar 25. A saída da operação de oxigênio para operação de ar dá-se, então, no sentido inverso.

Pela supressão do nitrogênio na combustão de oxigênio, as correntes de massa de gás de combustão no caminho de gás do gerador de vapor 1 são reduzidas correspondentemente, em comparação com a operação de ar fresco, a um aumento considerável, simultâneo, das temperaturas de combustão. O aumento das temperaturas de combustão levaria a cargas térmicas consideráveis dos tubos na câmara de combustão 8 do gerador de vapor 1. Mas, pela recondução de gás de combustão alta, predeterminada, no sistema de combustão do gerador de vapor 1 através do misturador de gás 27, tanto as correntes de massa como também as temperaturas de combustão são ajustadas para valores semelhantes tal como na operação de ar fresco. Pela combinação de oxigênio e gás de combustão recirculado no misturador de gás 27 são obtidos teores de O_2 semelhantes tais como na operação de ar livre. Por razões termodinâmicas, o gás de combustão recirculado é removido atrás do preaquecedor de gás 3. Tal como já mencionado, todas as partes de instalação pertencentes ao processo de oxi-fuel estão ligadas paralelamente à unidade geradora de vapor. Além disso, na linha de alimentação de ar 21, na linha de ar 23, na linha de oxigênio 26, na primeira

linha secundária de gás de combustão 38 e na segunda linha secundária de gás de combustão 39 estão dispostas válvulas de bloqueio/regulagem 46. Desse modo, o processo de oxi-fuel está de tal modo integrado na unidade geradora de vapor 1 que, a qualquer momento, também é possível uma operação de ar fresco, sem alimentação de oxigênio. Para esse fim, as válvulas de bloqueio/regulagem correspondentes devem ser fechadas. Uma operação de ar fresco pura da unidade geradora de vapor 1 também é possível em uma falha ou um desligamento das turbomáquinas, tais como compressor de ar 24, expansor 42 e compressor de CO_2 40. Um curto-circuito depois de concluída a montagem das peças de instalação pertencentes ao processo de oxi-fuel dá-se durante o tempo de revisão da unidade geradora de vapor.

Os gases restantes, predominantemente constituídos de CO_2 e H_2O , são refrigerados, através do processo de circulação de Rankin na base de NH_3 , para remoção da parte de água, para muito abaixo do ponto de degelo de água do gás de combustão. O calor de evaporação da parte de água, que é liberado, nesse caso, e pelo calor latente dos gases de combustão, pode ser obtida energia elétrica adicional através do expansor 42.

O expansor 42 aciona, através do motor/gerador 41, o compressor de CO_2 40, que, dependendo da finalidade de uso, fornece as pressões finais de CO_2 predeterminadas, necessárias. Nesse caso, pode ser obtida uma compressão para 20 MPa (200 bar) para um processo de EOR (Enhanced Oil-Recovering-Process). Dependendo da potência de acionamento do compressor 40, existe uma operação por motor ou por gerador.

REIVINDICAÇÕES

1. Unidade geradora de vapor, que compreende

- um gerador de vapor (1), com uma câmara de combustão (8),
um evaporador, um superaquecedor (9), um superaquecedor intermediário
5 (12), um condensador (14), preaquecedores de água de alimentação (16, 19,
19') aquecidos regenerativamente por vapor,
 - um conjunto de turbina a vapor (2), com uma seção de alta
pressão (4), uma seção de média pressão (5) e uma seção de baixa pressão
(6),
 - 10 - uma linha de gás de combustão (22) anexada à câmara de
combustão (8),
 - uma linha de alimentação de ar (21), para alimentação de ar de
combustão ao queimador da câmara de combustão (8),
 - um preaquecedor de ar (3) permeado por gás de combustão e
15 ar de combustão,
caracterizada pelo fato de
 - que a linha de alimentação de ar (21) ramifica-se no sentido da
corrente do preaquecedor de ar (3) uma linha de ar (23) fechável e está gui-
ada para uma unidade de decomposição de ar (25),
 - 20 que na linha de ar (23) estão dispostos refrigeradores de ar (34,
35), que estão permeados por água de condensação ou água de alimenta-
ção da circulação de água de condensação/água de alimentação do gerador
de vapor (1) e
 - que a saída de oxigênio da unidade de decomposição de ar
25 (25) está ligada através de uma linha de oxigênio (26) com o queimador da
câmara de combustão (8).

2. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 1,
caracterizada pelo fato de que na linha de ar (23) está disposto um com-
pressor de ar (24), entre os refrigeradores de ar (34, 35) e a unidade de de-
30 composição de ar (25).

3. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 1
ou 2, caracterizada pelo fato de que a linha de ar (23), que através do com-

pressor de ar (24) leva à unidade de decomposição de ar (25) e que aloja os refrigeradores de ar (34, 35), e a linha de oxigênio (26), que sai da unidade de decomposição de ar (25), estão ligadas paralelamente à linha de alimentação de ar (21), que leva à câmara de combustão (8).

5 4. Unidade geradora de vapor de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que na linha de alimentação de ar (21), na linha de ar (23) e na linha de oxigênio (26) está disposta, em cada caso, uma válvula de bloqueio/regulagem (46).

10 5. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o compressor de ar (24) está acionado por uma turbina a vapor de acionamento (28), que está solicitada com vapor do superaquecedor intermediário (12) do gerador de vapor (1).

15 6. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o compressor de ar (24) está acionado por uma turbina a vapor de acionamento (28'), que está solicitada com vapor de um estágio de extração (a') do conjunto de turbina a vapor (2).

20 7. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o compressor de ar (24) está acionado por uma turbina a vapor de acionamento (28''), que está solicitada com vapor de uma fonte de vapor externa (48).

8. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o compressor de ar (24) está acionado por um motor elétrico.

25 9. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 5 ou 6, caracterizada pelo fato de que a turbina a vapor de acionamento (28, 28') está ligada com um condensador (31), cuja saída de água de condensação está ligada com a circulação de água de condensação do gerador de vapor (1).

30 10. Unidade geradora de vapor de acordo com uma das reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que da linha de gás de combustão (22) está derivada uma primeira linha secundária de gás de combustão (38), no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3), que a primeira linha se-

cundária de gás de combustão (38) está guiada para um misturador de gás (27), que a linha de oxigênio (26), vinda da unidade de decomposição de ar (25), e a linha de alimentação de ar (21) terminam no misturador de gás (27) e que o misturador de gás (27) está ligado com o queimador da câmara de combustão (8).

11. Unidade geradora de vapor de acordo com uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que da linha de gás de combustão (22) está derivada uma segunda linha secundária de gás de combustão (39), no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3), que a segunda linha secundária de gás de combustão (39) está guiada para um compressor de CO_2 (40).

12. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que na segunda linha secundária de gás de combustão (39) estão dispostos trocadores de calor (43), para refrigeração dos gases de combustão, formados na operação da câmara de combustão (8) com oxigênio da unidade de decomposição de ar (25), para abaixo do ponto de degelo de água dos mesmos, e que os trocadores de calor (43) estão ligados com um expansor (42) através de uma linha de ligação (44') por um processo de circulação de Rankin (44), sob uso de um agente refrigerante com baixo ponto de ebulição.

13. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizada pelo fato de que o compressor de CO_2 (40) é acionado pelo expansor (42).

14. Unidade geradora de vapor de acordo com a reivindicação 13, caracterizada pelo fato de que entre o compressor de CO_2 (40) e o expansor (42) está disposto um motor/gerador.

15. Unidade geradora de vapor de acordo com uma das reivindicações 11 a 13, caracterizada pelo fato de que o compressor de ar (24), o expansor (42), o compressor de CO_2 (40) e o dispositivo de acionamento da turbina a vapor de acionamento (28, 28', 28'') ou motor elétrico (49) estão dispostos sobre um ramal de um eixo (50) comum.

16. Unidade geradora de vapor de acordo com uma das reivindi-

cações 11 a 13, caracterizada pelo fato de que o gerador de vapor (1) de uma unidade geradora de vapor existente ou recém-instalada está realizada de modo reequipável pelos refrigeradores de ar (34, 35), pelo compressor de ar (24), pela unidade de decomposição de ar (25), pela circulação de Rankin (44) e pelo compressor de CO_2 .

17. Processo para operação de uma unidade geradora de vapor, que compreende

- um gerador de vapor (1), com uma câmara de combustão (8), um evaporador, um superaquecedor (9), um superaquecedor intermediário (12), um condensador (14), preaquecedores de água de alimentação (16, 19, 19') aquecidos regenerativamente por vapor,

- um conjunto de turbina a vapor (2), com uma seção de alta pressão (4), uma seção de média pressão (5) e uma seção de baixa pressão (6),

- uma linha de gás de combustão (22), que é anexada à câmara de combustão (8),

- uma linha de alimentação de ar (21), através da qual o ar de combustão é alimentado ao queimador da câmara de combustão (8),

- um preaquecedor de ar (3), que é permeado por gás de combustão e ar de combustão, caracterizado pelo fato de

- que uma linha de alimentação de ar ramifica-se no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3), através de uma linha de ar (23) e está guiada para uma unidade de decomposição de ar (25),

que a corrente de ar na linha de ar (23) é refrigerada por água de condensação ou água de alimentação da circulação de água de condensação/água de alimentação do gerador de vapor (1),

- que a corrente de ar refrigerada é decomposta em uma unidade de decomposição de ar (25) em uma parte de O_2 e uma parte de N_2 ,

- e que a parte de O_2 é alimentada através de uma linha de oxigênio (26) ao queimador da câmara de combustão (8).

18. Processo de acordo com a reivindicação 17, caracterizado

pelo fato de que os gases de combustão formados na operação da câmara de combustão (8) com oxigênio da unidade de decomposição de ar (25) são ramificados no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3) através de uma segunda linha secundária de gás de combustão (39), que os gases de combustão são refrigerados para abaixo de seu ponto de degelo de água em trocadores de calor (43) por um processo de circulação de Rankin (44), que compreende esses trocadores de calor (43) e um expansor (42), sob uso de um agente refrigerante com baixo ponto de ebulição e, subsequente, são comprimidos em um compressor de CO_2 (40).

10 19. Processo de acordo com a reivindicação 17 ou 18, caracterizado pelo fato de que depois do desligamento ou de uma falha das turbomáquinas, constituídas de compressor de ar (24), expansor (42), compressor de CO_2 , e um fechamento das válvulas de bloqueio/regulação (46), o gerador de vapor (1) é operado com ar fresco através da linha de alimentação de ar (21).

15 20. Processo de acordo com uma das reivindicações 17 a 19, caracterizado pelo fato de que durante o tempo de revisão da unidade geradora de vapor, os dispositivos ligados paralelamente ao gerador de vapor (1) são deixados em curto-circuito, depois do término da montagem.

20 21. Processo de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que no compressor de CO_2 , o gás de combustão, que consiste, substancialmente, em CO_2 e em uma pequena parte em H_2O , é comprimido para uma pressão de saída necessária para outra finalidade de uso.

25 22. Processo de acordo com uma das reivindicações 18 a 21, caracterizado pelo fato de que a incorporação de refrigeradores intermediários e adicionais do compressor de ar (24), através do processo de circulação de Rankin (44), com a linha de ligação (44'), os trocadores de calor (43) e o expansor (42), é produzida energia de acionamento adicional para o compressor de CO_2 (40).

30 23. Processo para reequipamento de uma unidade geradora de vapor, que compreende

- um gerador de vapor (1), com uma câmara de combustão (8),

um evaporador, um superaquecedor (9), um superaquecedor intermediário (12), um condensador (14), preaquecedores de água de alimentação (16, 19, 19') aquecidos regenerativamente por vapor,

5 - um conjunto de turbina a vapor (2), com uma seção de alta pressão (4), uma seção de média pressão (5) e uma seção de baixa pressão (6),

- uma linha de gás de combustão (22), que é anexada à câmara de combustão (8),

10 - uma linha de alimentação de ar (21), através da qual o ar de combustão é alimentado ao queimador da câmara de combustão (8),

- um preaquecedor de ar (3), que é permeado por gás de combustão e ar de combustão, caracterizado pelo fato de

15 - que uma linha de alimentação de ar ramifica-se no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3), através de uma linha de ar (23) e está guiada para uma unidade de decomposição de ar (25),

que a corrente de ar na linha de ar (23) é refrigerada por água de condensação ou água de alimentação da circulação de água de condensação/água de alimentação do gerador de vapor (1),

20 - que a corrente de ar refrigerada é decomposta em uma unidade de decomposição de ar (25) em uma parte de O_2 e uma parte de N_2 ,

- e que a parte de O_2 é alimentada através de uma linha de oxigênio (26) ao queimador da câmara de combustão (8).

24. Processo de acordo com a reivindicação 23, caracterizado
25 pelo fato de que os gases de combustão formados na operação da câmara de combustão (8) com oxigênio da unidade de decomposição de ar (25) são ramificados no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3) através de uma segunda linha secundária de gás de combustão (39), que os gases de combustão são refrigerados para abaixo de seu ponto de degelo de água em
30 trocadores de calor (43) por um processo de circulação de Rankin (44), que compreende esses trocadores de calor (43) e um expansor (42), sob uso de um agente refrigerante com baixo ponto de ebulição e, subseqüentemente,

são comprimidos em um compressor de CO₂ (40).

25. Processo de acordo com a reivindicação 23 ou 24, caracterizado pelo fato de que depois do desligamento ou de uma falha das turbomáquinas, constituídas de compressor de ar (24), expansor (42), compressor de CO₂, e um fechamento das válvulas de bloqueio/regulagem (46), o gerador de vapor (1) é operado com ar fresco através da linha de alimentação de ar (21).

26. Processo de acordo com uma das reivindicações 23 a 25, caracterizado pelo fato de que durante o tempo de revisão da unidade geradora de vapor, os dispositivos ligados paralelamente ao gerador de vapor (1) são deixados em curto-circuito, depois do término da montagem.

27. Processo de acordo com a reivindicação 24, caracterizado pelo fato de que no compressor de CO₂, o gás de combustão, que consiste, substancialmente, em CO₂ e em uma pequena parte em H₂O, é comprimido para uma pressão de saída necessária para outra finalidade de uso.

28. Processo de acordo com uma das reivindicações 24 a 27, caracterizado pelo fato de que a incorporação de refrigeradores intermediários e adicionais do compressor de ar (24), através do processo de circulação de Rankin (44), com a linha de ligação (44'), os trocadores de calor (43) e o expansor (42), é produzida energia de acionamento adicional para o compressor de CO₂ (40).



Fig. 1

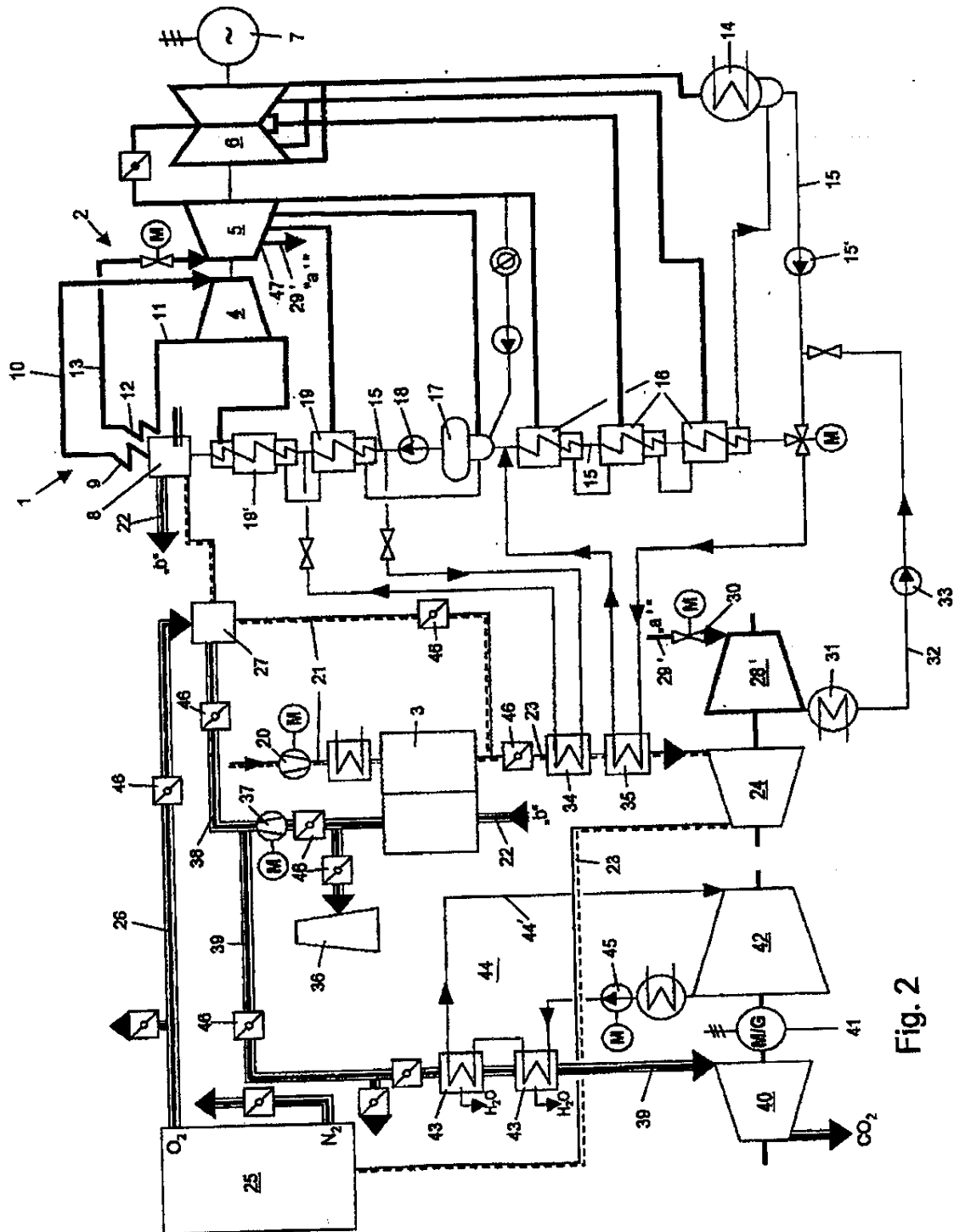


Fig. 2

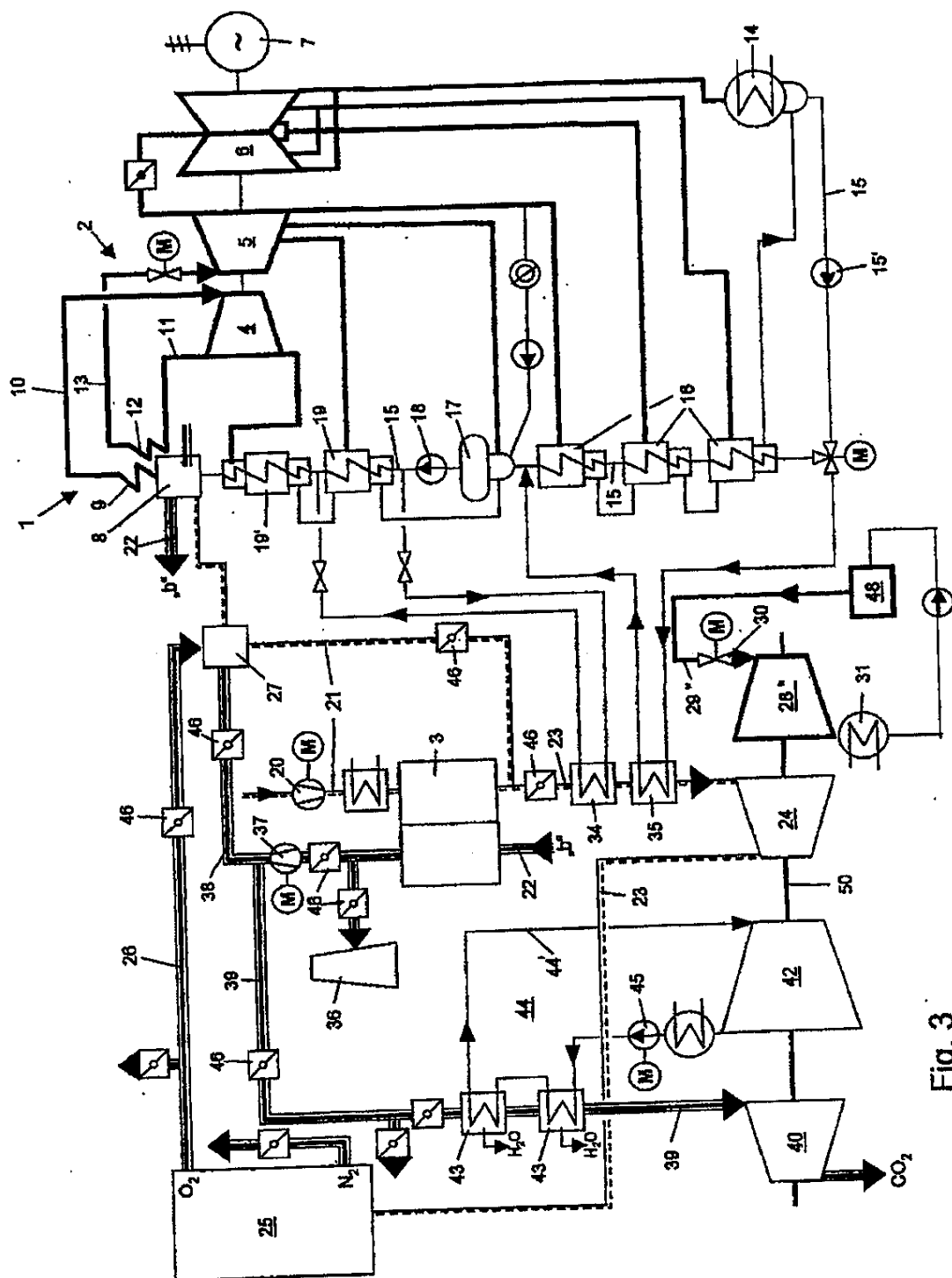


Fig. 3

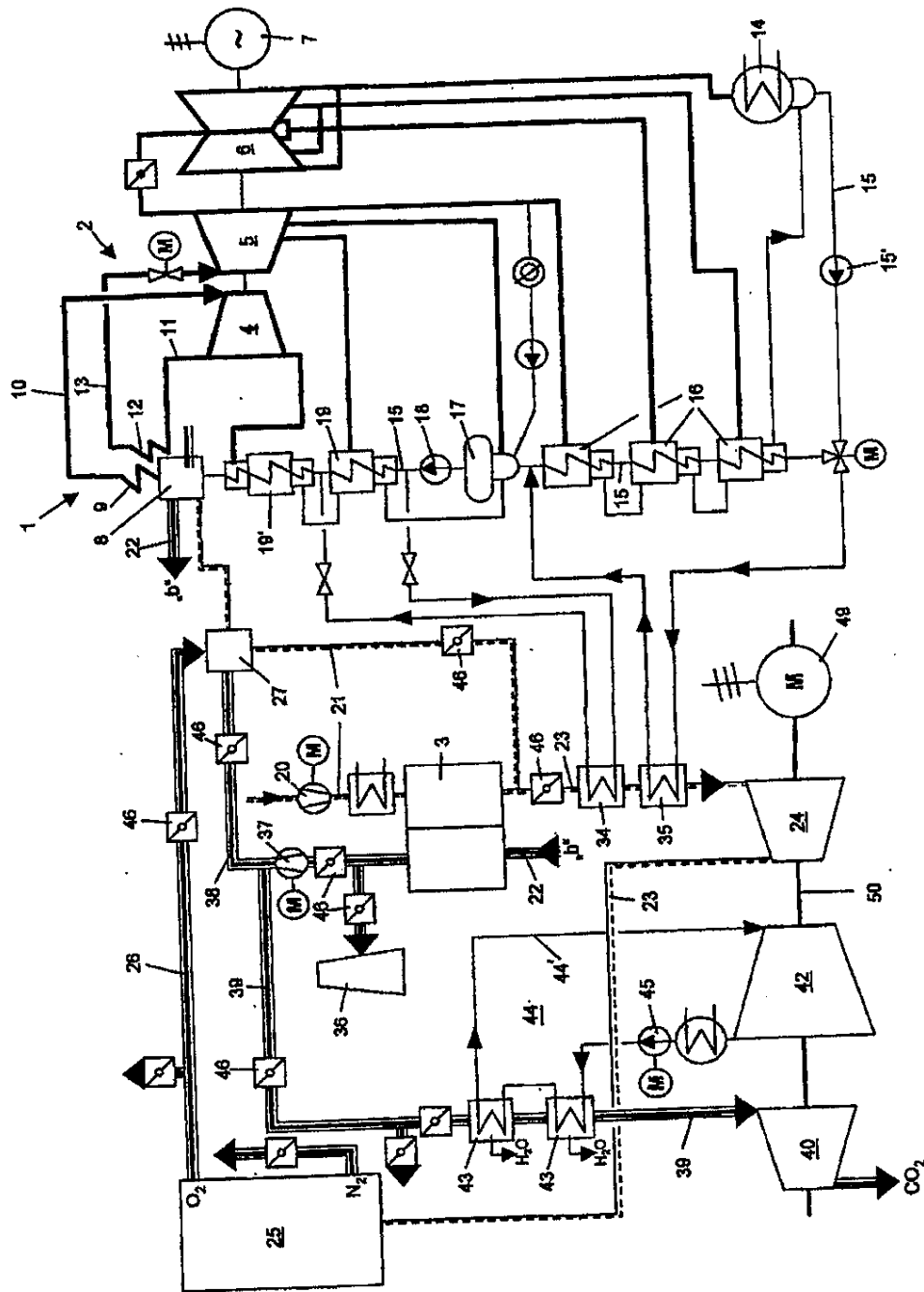


Fig. 4

RESUMO

Patente de Invenção: **"UNIDADE GERADORA DE VAPOR E PROCESSO PARA OPERAR E REEQUIPAR UMA INSTALAÇÃO GERADORA DE VAPOR"**.

5 A presente invenção refere-se a uma unidade geradora de vapor, que compreende um gerador de vapor (1), com uma câmara de combustão (8), um evaporador, um superaquecedor (9), um superaquecedor intermediário (12), um condensador (14), preaquecedores de água de alimentação (16, 19, 19') aquecidos regenerativamente por vapor, ainda, um conjunto de turbina a vapor (2), com uma seção de alta pressão (4), uma seção de média pressão (5) e uma seção de baixa pressão (6), bem como uma
10 linha de gás de combustão (22), anexada à câmara de combustão (8), uma linha de alimentação de ar (21), para alimentação de ar de combustão ao queimador da câmara de combustão (8), e um preaquecedor de ar (3), permeado por gás de combustão e ar de combustão. Nessa unidade geradora
15 de vapor, uma linha de ar (23) é ramificada da linha de alimentação de ar (21), no sentido da corrente do preaquecedor de ar (3), e guiada para uma unidade de decomposição de ar (25). Na linha de ar (23) estão dispostos refrigeradores de ar (34, 35), que estão permeados por água de condensação ou água de alimentação da circulação de água de condensação/água de
20 circulação do gerador de vapor (1). A saída de oxigênio da unidade de decomposição de ar (25) está ligada através de uma linha de oxigênio (26) com o queimador da câmara de combustão.