



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

(11) PI 1008539-4 B1



(22) Data do Depósito: 02/02/2010

(45) Data de Concessão: 04/08/2020

(54) Título: PROCESSO PARA LIQUEFAZER UMA FRAÇÃO RICA EM HIDROCARBONETOS

(51) Int.Cl.: F25J 1/02; F25J 3/02.

(30) Prioridade Unionista: 10/02/2009 DE 10 2009 008 230.1.

(73) Titular(es): LINDE AKTIENGESELLSCHAFT..

(72) Inventor(es): HEINZ BAUER; RAINER SAPPER; DANIEL GARTHE.

(86) Pedido PCT: PCT EP2010000614 de 02/02/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/091804 de 19/08/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 10/08/2011

(57) Resumo: PROCESSO PARA LIQUEFAZER UM FLUXO RICO EM HIDROCARBONETOS. A presente invenção refere-se a um processo sendo descrito para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C2+, em que o resfriamento e a liquefação da fração rica em hidrocarbonetos ocorrem em troca de calor indireta contra o refrigerante misturado de um ciclo de refrigerante misturado no qual o refrigerante misturado é comprimido em pelo menos dois estágios, e a fração rica em C2+ é removida a um nível de temperatura ajustável, em que o refrigerante misturado é separado em uma fração gasosa e uma fração líquida, ambas as frações são subresfriadas, expandidas essencialmente para a pressão de sucção do primeiro estágio de compressor e pelo menos em parte vaporizadas. De acordo com a invenção, pelo menos ocasionalmente, pelo menos um subfluxo (19, 24) da fração gasosa previamente liquefeita do refrigerante misturado (15) é expandida (j, h) e adicionada à fração líquida expandida do refrigerante misturado (21).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**PROCESSO PARA LIQUEFAZER UMA FRAÇÃO RICA EM HIDROCARBONETOS**".

[0001] A presente invenção refere-se a um processo para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C_{2+} , em que o resfriamento e a liquefação da fração rica em hidrocarbonetos ocorrem em troca de calor indireta contra o refrigerante misturado de um ciclo de refrigerante misturado o qual o refrigerante misturado é comprimido em pelo menos dois estágios, e a fração rica em C_{2+} é removida a um nível de temperatura ajustável, em que o refrigerante misturado é separado em uma fração gasosa e uma fração líquida, ambas as frações são subresfriadas, expandidas essencialmente para a pressão de sucção do primeiro estágio de compressor e pelo menos em parte vaporizadas.

[0002] Um processo do tipo em questão para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos é conhecido, por exemplo, da DE-A 19722490. Tais processos de liquefação são utilizados, por exemplo, em liquefação de gás natural. Em processos de liquefação do tipo em questão é geralmente necessário remover certos componentes, já que estes precipitariam no estágio sólido nas baixas temperaturas requeridas e/ou prejudicariam a qualidade de produto especificado. No caso mais simples, é suficiente prover somente um separador o qual serve para remover os componentes indesejados da fração rica em hidrocarbonetos a qual deve ser liquefeita. A remoção seletiva de componentes de gás natural mais leves, tal como o etano, por exemplo, em contraste faz demandas consideravelmente mais altas, tanto do procedimento de processo quanto também da controlabilidade sob condições limites mutáveis.

[0003] Nos processos de liquefação de gás natural de pequena a média capacidade - estes são considerados incluir as taxas de produ-

ção de 30 000 a 1 milhão t/ano de LNG - os ciclos misturados tendo somente um compressor de ciclo - estes são também denominados processos de Refrigerante Misturado Único (SMR) - são frequentemente utilizados. Estes têm a desvantagem que a fase de refrigerante líquida pode somente ser vaporizada em um nível de pressão. O ajuste determinado e o controle de um perfil de temperatura desejado portanto são difíceis, já que o número de possibilidades para intervenção e/ou graus de liberdade em tais processos é restrito. Perfis de temperatura correspondentes são requeridos, por exemplo, de modo a acelerar a condensação parcial da fração rica em hidrocarbonetos a qual deve ser liquefeita exatamente até uma temperatura definida a qual é requerida pela remoção posterior buscada dos componentes indesejados.

[0004] O objetivo da presente invenção é especificar um processo do tipo em questão para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C_{2+} o qual evita as desvantagens acima descritas. Especificamente, um processo do tipo em questão para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos deve ser especificado o qual seja primeiramente robusto e secundamente torna possível uma remoção eficiente e controlável de etano e hidrocarbonetos mais altos no curso de um processo de liquefação de gás natural. Portanto, a vaporização de um fluxo de refrigerante misturado deve ser disposta de tal modo que esta possa ser utilizada diretamente para controlar uma remoção de etano e de hidrocarbonetos mais altos.

[0005] Para atingir este objetivo, um processo do tipo em questão é proposto para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C_{2+} , o qual está caracterizado pelo fato de que pelo menos ocasionalmente, pelo menos um subfluxo da fração gasosa previamente liquefeita do refrigerante mistu-

rado seja expandida e adicionada à fração líquida expandida do refrigerante misturado.

[0006] Por meio de variação das razões quantitativas da fração líquida e da fração gasosa previamente liquefeita, o perfil de temperatura pode ser influenciado durante a vaporização do refrigerante misturado das duas frações acima mencionadas de tal modo que de acordo com o objetivo a temperatura do refrigerante misturado na região superior do trocador de calor ou trocadores de calor os quais servem para resfriar e para a condensação parcial da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita está sempre abaixo da temperatura da fração a ser liquefeita. O procedimento de acordo com a invenção permite uma controlabilidade suficiente da temperatura da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita na entrada para o dispositivo de separação ou coluna de separação a ser provido para remover a fração rica em C_{2+} , e assim ajustar uma concentração desejada dos hidrocarbonetos C_{2+} no produto de liquefação ou Gás Natural Liquefeito (LNG) é possível.

[0007] Modalidades vantajosas adicionais do processo de acordo com a invenção para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C_{2+} as quais são os assuntos das reivindicações dependentes estão caracterizadas pelo fato de que

- o subfluxo da fração gasosa previamente liquefeita do refrigerante misturado é retirado na extremidade fria do trocador de calor entre a fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita e o refrigerante misturado e/ou a uma temperatura intermediária adequada, expandida e adicionada à fração líquida expandida do refrigerante misturado, em que uma temperatura intermediária adequada está então presente quando o refrigerante misturado tem um subresfriamento de pelo menos 5°C , de preferência de pelo menos 10°C , comparado com o estado de ebulição,

- a troca de calor entre a fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita e o refrigerante misturado ocorre em um trocador de calor de múltiplos fluxos, o qual está de preferência construído como um trocador de calor de placa ou um trocador de calor helicoidalmente enrolado,

- se a fração rica em C_{2+} for removida em pelo menos uma coluna de separação, e pelo menos ocasionalmente, um subfluxo da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita é alimentado para a região superior e/ou a região inferior da coluna de separação,

- se a fração rica em C_{2+} for removida em pelo menos uma coluna de separação, a temperatura de fundo de coluna de separação é ajustada por meio de um permutador de reaquecimento designado para a coluna de separação.

[0008] O processo de acordo com a invenção para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C_{2+} e também as suas modalidades vantajosas adicionais as quais são os assuntos das reivindicações dependentes serão descritos em mais detalhes daqui em diante com referência às modalidades ilustrativas mostradas nas figuras 1 e 2.

[0009] Daqui em diante na explicação da modalidade exemplar mostrada na figura 2, somente as diferenças do procedimento mostrado na figura 1 serão consideradas.

[00010] As modalidades exemplares do processo de acordo com a invenção as quais estão mostradas nas figuras 1 e 2 para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos que tem uma coluna de separação T a qual serve para remover uma fração rica em C_{2+} da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita. A fração a ser liquefeita a qual é subsequentemente denominada um fluxo de gás natural, é alimentada através da linha 1 para um trocador de calor de múltiplos fluxos E3.

[00011] Este trocador de calor está de preferência construído como

um trocador de calor de placa de alumínio soldada. Dependendo do tamanho do sistema, de preferência 1 a 6 unidades de trocador de calor paralelas são providas. Alternativamente, o trocador de calor de múltiplos fluxos E3 pode ser construído como um trocador de calor helicoidalmente enrolado. Neste caso, os trocadores de calor de placa de alumínio são de preferência utilizados para uma capacidade de liquefação de 30 000 a 50 000 t/ano de LNG e os trocadores de calor helicoidalmente enrolado são de preferência utilizados para uma capacidade de liquefação de 100 000 a 1 000 000 t/ano de LNG.

[00012] O fluxo de gás natural é resfriado dentro do trocador de calor E3 parcialmente condensado e sequencialmente expandido através de uma válvula **a** para dentro da região superior da coluna de separação T. No topo da coluna de separação T uma fração de gás rica em metano é retirada através da linha 2, liquefeita e também subresfriada no trocador de calor E3 e subsequentemente, através da linha 3, na qual uma válvula de controle **e** está provida, retirada e suprida para sua utilização adicional ou armazenamento intermediário. Esta fração é o produto de liquefação (LNG). Uma fração rica em C₂₊ é retirada do fundo da coluna de separação T através da linha 4, a qual do mesmo modo tem uma válvula de controle **d**, e suprida para sua utilização adicional.

[00013] Por meio de uma alimentação de um subfluxo do fluxo de gás natural através da linha 5 e da válvula de controle **b**, a temperatura de topo da coluna de separação T e portanto a composição da fração de gás rica em metano retirada através da linha 2 são influenciadas. A temperatura de fundo da coluna de separação T também, e também a composição da fração líquida retirada através da linha 4 podem ser influenciadas pelo permutador de reaquecimento E4 e/ou a adição de um subfluxo do fluxo de gás natural através da linha 6 e da válvula de expansão **c**.

[00014] O ciclo de refrigerante misturado consiste em uma unidade de compressor de dois estágios que consiste em um primeiro estágio de compressor e um segundo estágio de compressor C1 e C2, respectivamente. A Jusante de ambos os estágios de compressor está conectada em cada caso um resfriador, E1 e E2, respectivamente. Além disso, um separador de baixa pressão D1, um separador de média pressão D2, e também um separador de alta pressão D3 estão providos.

[00015] Do topo do separador de baixa pressão D1 o qual serve para a segurança do primeiro estágio de compressor C1, o refrigerante misturado que circula no ciclo de refrigeração é alimentado através da linha 11 para o primeiro estágio de compressor C1. Neste, o refrigerante misturado é comprimido para uma pressão intermediária desejada - esta é costumeiramente entre 0,7 MPa e 3,5 MPa (7 e 35 bar), de preferência entre 1 MPa e 2,5 MPa (10 e 25 bar) - subsequentemente resfriado no resfriador E1, parcialmente condensado e alimentado através da linha 12 para o separador de média pressão D2. Enquanto a fração líquida é retirada do mesmo através da linha 20, cuja fração líquida será considerada em mais detalhes daqui em diante, a fase de gás do refrigerante misturado a qual é retirada através da linha 13 do topo do separador D2 é alimentada para o segundo estágio de compressor C2 e neste comprimida para a pressão final desejada - esta é costumeiramente entre 3 MPa e 8 MPa (30 e 80 bar), de preferência entre 4 MPa e 6 MPa (40 e 60 bar). Subsequentemente, o refrigerante misturado é resfriado no resfriador E2, parcialmente condensado e alimentado através da linha 14 para o separador de alta pressão D3. A fração líquida que ocorre no fundo do separador D3 é recirculada através da linha 16, na qual uma válvula de expansão **k** está provida, a montante do separador de média pressão D2.

[00016] No topo do separador D3 a fração de refrigerante gasosa é

retirada através da linha 15, liquefeita e também subresfriada no trocador de calor E3 e retirada do mesmo através da linha 17. Esta fração ou um subfluxo desta fração é expandida na válvula de expansão **g** para a pressão de ciclo mais baixa antes desta ser alimentada através da linha 18 através do trocador de calor E3 e sendo completamente vaporizada. Através da linha 10, a fração completamente vaporizada é subsequentemente alimentada para o separador D1.

[00017] No procedimento mostrado na figura 1, a fração de refrigerante líquida é retirada através da linha 20 do fundo do separador D2, alimentada para o trocador de calor E3 e subresfriada no mesmo. Através da linha 21, a fração líquida subresfriada é retirada do trocador de calor E3, expandida na válvula F para a pressão de ciclo mais baixa e subsequentemente alimentada através da linha 22 de volta para o trocador de calor E3. A fração vaporizada no mesmo é adicionada através da linha 23 à fração vaporizada acima mencionada na linha 10.

[00018] Nas válvulas f e g, costumeiramente uma expansão prossegue para uma pressão a qual corresponde, à parte de quedas de pressão inevitáveis, para a pressão de sucção do primeiro estágio de compressor C1. Por meio de uma escolha adequada da composição, a quantidade e/ou a pressão de vaporização do refrigerante misturado, não somente a temperatura final mas também a taxa de fluxo da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita ou do fluxo de gás natural a ser liquefeito podem ser ajustadas.

[00019] Em contraste com o procedimento mostrado na figura 1, na modalidade exemplar mostrada na figura 2, a fração líquida do refrigerante misturado a ser alimentada para o trocador de calor E3 ainda não foi retirada do separador D2, mas do separador D3 através da linha 20'. A fração líquida que ocorre no fundo do separador D2 é portanto alimentada através da linha 16', na qual uma bomba P está disposta, para o separador D3.

[00020] O procedimento de processo mostrado na figura 2 é um pouco mais eficiente comparado com o procedimento de processo mostrado na figura 1 - este torna possível um aperfeiçoamento em eficiência de 1 a 5% - mas requer uma bomba a qual dá origem a custos de capital aumentados e um maior gasto em manutenção. O procedimento de processo de acordo com a figura 1 é portanto de preferência utilizado em capacidades de sistema relativamente pequenas (30 000 a 500 000 t/ano de LNG) enquanto que o procedimento de processo mostrado na figura 2 é de preferência implementado em capacidades de sistema relativamente grandes (100 000 a 1 000 000 t/ano de LNG).

[00021] Devido à expansão acima descrita da fração gasosa sub-resfriada líquida e também previamente liquefeita do refrigerante misturado nas válvulas **f** e **g** para uma pressão de vaporização essencialmente idêntica, o curso de temperatura do fluxo de refrigerante dentro do trocador de calor E3 a jusante da válvula **f** não é livremente selecionável. As composições das frações de refrigerante gasosa e líquida por sua vez estão acopladas pelos equilíbrios nos separadores D2 e D3. Portanto, o ajuste de válvula da válvula **f** não pode influenciar a um grau suficiente o perfil de temperatura na parte superior ou mais quente do trocador de calor E3.

[00022] De acordo com a invenção, portanto, pelo menos ocasionalmente, pelo menos um subfluxo da fração gasosa previamente líquida do refrigerante misturado 15 é expandida e adicionada à fração líquida expandida do refrigerante misturada na linha 22. Nas figuras, dois subfluxos de refrigerante misturados possíveis 19 e 24 estão mostrados os quais, após a expansão na válvula **h** ou **j**, respectivamente, podem ser adicionados ao refrigerante misturado expandido na linha 22. Na prática, na maioria dos casos, ou a válvula **h** ou a **j** está provida. A princípio, no entanto, os subfluxos de refrigerante misturado 19

e 24 podem ser utilizados separadamente ou juntamente para controlar a temperatura ou perfil de temperatura.

[00023] Neste caso, os subfluxos de refrigerante misturado 19 e/ou 24 é ou são retirados na extremidade fria do trocador de calor E3 e/ou a uma temperatura intermediária adequada através da linha 19 ou 24, expandidos na válvula **h** ou **j** e adicionados à fração líquida expandida do refrigerante misturado 22. Uma temperatura intermediária adequada está presente quando o refrigerante misturado 15 tem um subresfriamento de pelo menos 5°C, de preferência pelo menos 10°C, comparado com o estado de ebulição.

[00024] Por meio do procedimento de acordo com a invenção, uma controlabilidade suficiente da temperatura da fração rica em hidrocarbonetos ou do fluxo de gás natural 1 o qual deve ser liquefeito na entrada para a coluna de separação T está provida, e é requerida para ajustar uma concentração desejada dos hidrocarbonetos C₂₊ no produto de liquefação ou no LNG.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para liquefazer uma fração rica em hidrocarbonetos com a remoção simultânea de uma fração rica em C_{2+} , em que o resfriamento e a liquefação da fração rica em hidrocarbonetos ocorrem em troca de calor indireta contra o refrigerante misturado de um ciclo de refrigerante misturado no qual o refrigerante misturado é comprimido em pelo menos dois estágios, e a fração rica em C_{2+} é removida a um nível de temperatura ajustável, em que o refrigerante misturado é separado em uma fração gasosa e uma fração líquida, ambas as frações são subresfriadas, expandidas essencialmente para a pressão de sucção do primeiro estágio de compressor e pelo menos em parte vaporizadas, caracterizado pelo fato de que pelo menos ocasionalmente, pelo menos um subfluxo (19, 24), que é liquefeito contra ele mesmo, da fração gasosa previamente liquefeita do refrigerante misturado (15) é expandida (j, h) e adicionada à fração líquida expandida do refrigerante misturado (21).

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o subfluxo (19, 24) da fração gasosa previamente liquefeita do refrigerante misturado (15) é retirado na extremidade fria do trocador de calor (E3) entre a fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita (1, 2) e o refrigerante misturado (15, 17, 18, 20, 20', 22) e/ou a uma temperatura intermediária adequada, expandida (j, h) e adicionada à fração líquida expandida do refrigerante misturado (21), em que uma temperatura intermediária adequada está então presente quando o refrigerante misturado (15) tem um subresfriamento de pelo menos 5°C , comparado com o estado de ebulição.

3. Processo, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o refrigerante misturado (15) tem um subresfriamento de pelo menos 10°C comparado com o estado de ebulição.

4. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindica-

ções precedentes, caracterizado pelo fato de que a troca de calor entre a fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita (1, 2) e o refrigerante misturado (15, 17, 18, 20, 20', 22) ocorre em um trocador de calor de múltiplos fluxos (E3), o qual está construído como um trocador de calor de placa ou um trocador de calor helicoidalmente enrolado.

5. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que a fração rica em C_{2+} é removida em pelo menos uma coluna de separação, caracterizado pelo fato de que, pelo menos ocasionalmente, um subfluxo (5) da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita é alimentado para a região superior da coluna de separação (T).

6. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que a fração rica em C_{2+} é removida em pelo menos uma coluna de separação, caracterizado pelo fato de que, pelo menos ocasionalmente, um subfluxo (6) da fração rica em hidrocarbonetos a ser liquefeita é alimentado para a região inferior da coluna de separação (T).

7. Processo, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, em que a fração rica em C_{2+} é removida em pelo menos uma coluna de separação, caracterizado pelo fato de que a temperatura de fundo de coluna de separação é ajustada por meio de um permutador de reaquecimento (E4) designado para a coluna de separação (T).

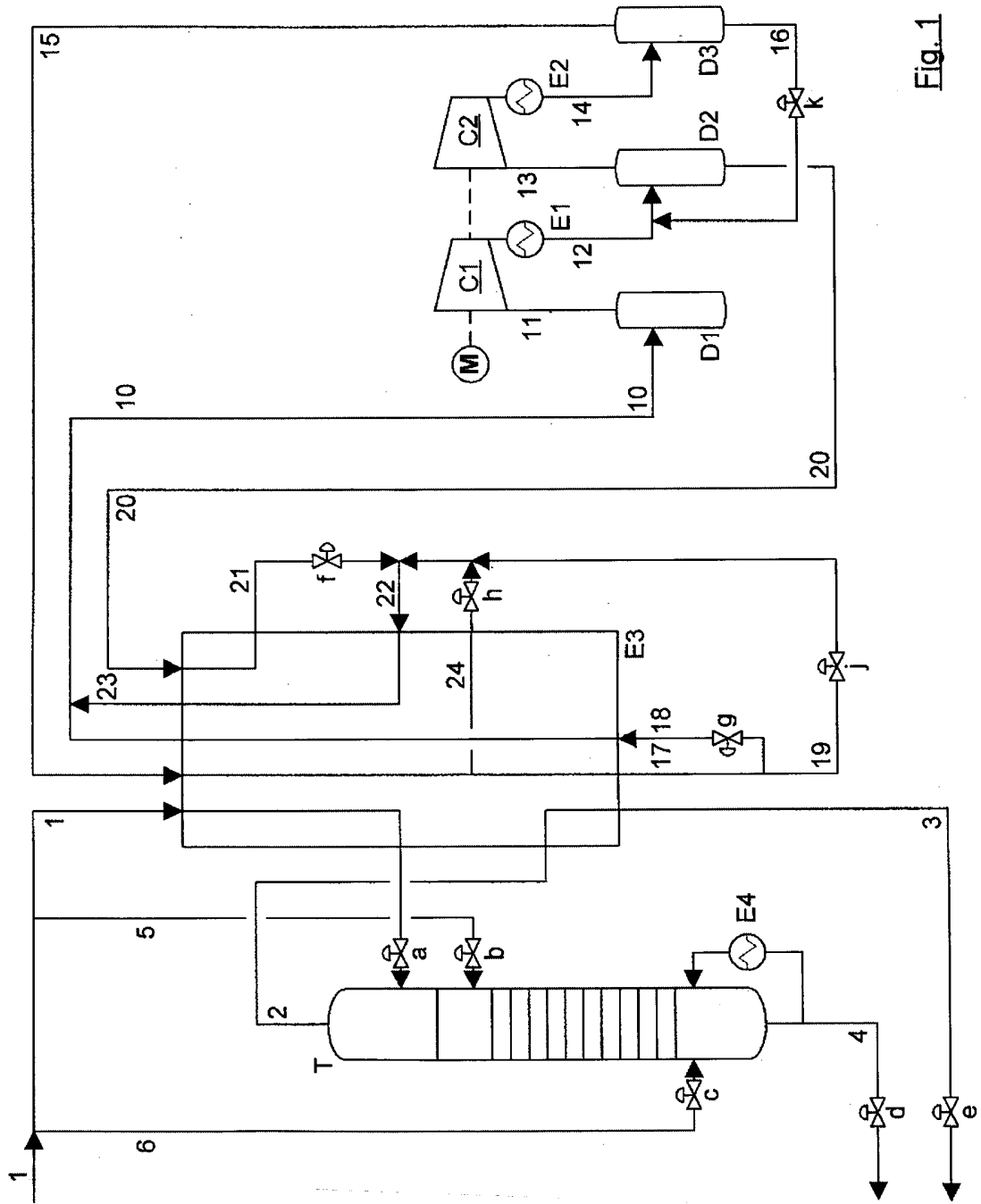


Fig. 1

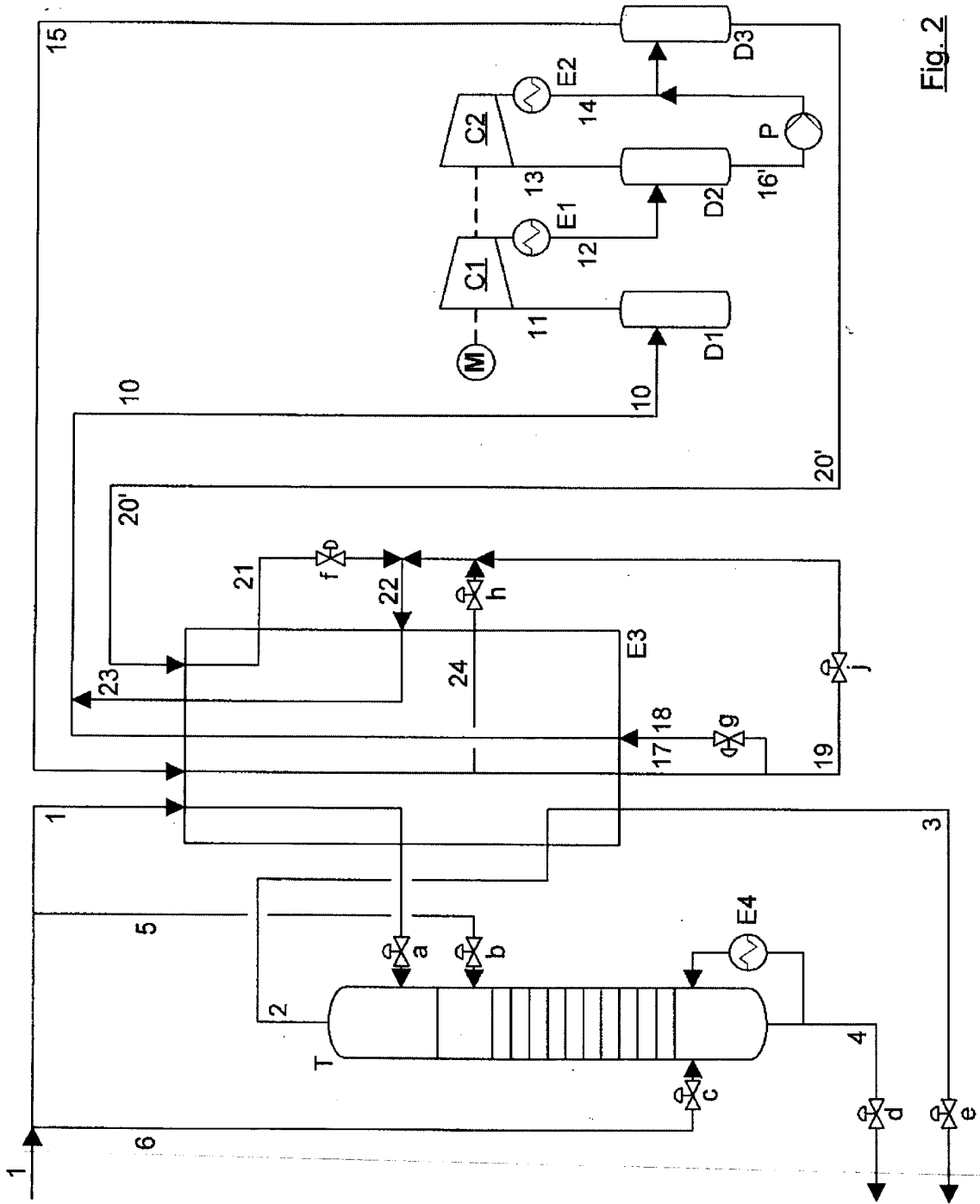


Fig. 2