



(11)

EP 3 438 586 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
08.04.2020 Bulletin 2020/15

(51) Int Cl.:
F25J 3/04 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18186782.1**

(22) Date de dépôt: **01.08.2018**

(54) **APPAREIL ET PROCÉDÉ DE SÉPARATION D'AIR PAR DISTILLATION CRYOGÉNIQUE**
GERÄT UND VERFAHREN ZUR TRENNUNG VON LUFT DURCH KRYOGENE DESTILLATION
METHOD AND DEVICE FOR AIR SEPARATION BY CRYOGENIC DISTILLING

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **03.08.2017 FR 1757497**
03.08.2017 FR 1757493
03.08.2017 FR 1757495
03.08.2017 FR 1757498

(43) Date de publication de la demande:
06.02.2019 Bulletin 2019/06

(73) Titulaire: **L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET
L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES
CLAUDE
75007 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **CAVAGNE, Patrice**
94170 LE PERREUX SUR MARNE (FR)
• **CHAMONTIN, Nicolas**
75007 PARIS (FR)
• **DOS SANTOS, Bénédicte**
77410 ANNET SUR MARNE (FR)

• **RICHAUME, Laurent**
75007 PARIS (FR)

(74) Mandataire: **Mercey, Fiona Susan**
L'Air Liquide SA
Direction de la Propriété Intellectuelle
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(56) Documents cités:
CN-Y- 201 173 660 FR-A1- 2 851 330
GB-A- 1 500 610

• **Macconnell: "Process Control and Optimization,**
Vol. II, Chapter 8.37 - Separation Controls, Air",
Instrument Engineers' Handbook , 1 janvier 2006
(2006-01-01), pages 2123-2136, XP055173780,
Extrait de l'Internet:
URL:ftp://ftp.ucauca.edu.co/Facultades/FIE
T/DEIC/Materias/Instrumentacion%20Industri
al/Instrument%20Engineers'%20Handbook,%20
F
ourth%20Edition,%20Volume%20Two-%20Proc
ess
%20Control%20and%20Optimization/1081ch8_3
7 .pdf [extrait le 2015-03-04]

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est relative à un appareil et à un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique selon les préambules des revendications 1 et 3 respectivement. Un tel appareil et un tel procédé sont connus de FR-A-2 851 330. Elle concerne en particulier les appareils utilisant un surpresseur d'air d'alimentation alimenté par de l'air provenant d'un niveau intermédiaire d'un échangeur principal de refroidissement d'air d'alimentation, donc à une température inférieure à 0°C. Cet air est ensuite surpressé dans le surpresseur et renvoyé à l'échangeur principal avant d'être envoyé à une colonne de distillation cryogénique.

[0002] Lorsque la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'un compresseur devient trop élevée, des instabilités que l'on appelle décollements apparaissent au niveau des aubes du compresseur. Le décrochage aérodynamique ne permet plus de pousser l'air dans le bon sens, et la partie « haute pression » du compresseur (la sortie) se vide dans sa partie « basse pression » (l'entrée). Dans certains cas extrêmes, une inversion du sens d'écoulement peut même se produire.

[0003] Ces grandes fluctuations de débit portent le nom de pompage, en raison de la nature de ce phénomène d'instabilité aérodynamique, qui donne naissance à des ondes longitudinales. Si, en augmentant la vitesse de rotation, la différence de pression entre l'entrée et la sortie d'un compresseur augmente, cette augmentation de pression est limitée par ce phénomène de pompage. Lorsque le rapport de compression dépasse une valeur critique, le pompage apparaît et l'augmentation de la vitesse de rotation du compresseur n'influera presque plus sur le rapport de compression.

[0004] Si ce phénomène nivelle les performances des compresseurs, il est également parfois très destructeur pour les compresseurs.

[0005] Généralement quand l'approche du pompage est détectée, on renvoie une partie de l'air comprimé dans le compresseur en amont du compresseur après réfrigération suivie de détente dans une vanne.

[0006] Dans le cas d'un surpresseur froid, dans un but de réduire les coûts, il est souhaitable de supprimer le réfrigérant en aval de la surpression et en amont de l'échangeur de chaleur. Un tel appareil est connu de FR-A-2851330.

[0007] On pourrait envisager de renvoyer l'air surpressé dans le surpresseur froid à la propre aspiration en cas de pompage et de refroidir l'air surpressé à renvoyer à l'aspiration dans des passages dédiés de l'échangeur de chaleur, mais cette solution risque de coûter cher en compliquant l'échangeur.

[0008] La présente invention permet de résoudre le problème en ouvrant une vanne vers une turbine en aval du compresseur, afin d'augmenter le débit dans le compresseur et ainsi sortir de la zone de pompage.

[0009] Selon un objet de l'invention, il est prévu un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique

comprenant un compresseur d'air pour comprimer tout l'air à distiller, un surpresseur d'air pour comprimer au moins une partie de l'air à distiller, une turbine de détente pour recevoir de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne, un échangeur de chaleur, des moyens pour envoyer de l'air du compresseur à l'échangeur de chaleur ayant deux extrémités, des moyens pour prélever de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre les deux extrémités et pour l'envoyer au surpresseur, des moyens pour envoyer de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, des moyens pour envoyer de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur à la turbine, des moyens pour envoyer de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, des moyens pour soutirer du système de colonnes un débit enrichi en oxygène et un débit enrichi en azote, ces moyens étant reliés à l'échangeur de chaleur, des moyens pour détendre l'air surpressé dans le surpresseur, aucun moyen de refroidissement entre le refoulement du surpresseur et les moyens pour détendre l'air surpressé et des moyens pour envoyer de l'air, surpressé dans le surpresseur et détendu par les moyens de détente, en amont ou en aval de la turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour détecter la perte de charge ou le débit entre deux points du surpresseur ainsi que des moyens pour ouvrir les moyens de détente, par exemple une vanne, pour envoyer l'air surpressé en amont ou en aval de la turbine sans passer par l'échangeur de chaleur, afin d'augmenter le débit dans le surpresseur, uniquement si la perte de charge ou du débit du surpresseur dépasse un seuil indiquant que le pompage est proche.

[0010] Le surpresseur peut être relié à l'entrée de la turbine de sorte que l'air surpressé puisse se détendre au moins en partie dans la turbine.

[0011] Selon un autre aspect de l'invention, il est prévu un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel on comprime tout l'air à distiller dans un compresseur d'air, on surpresse au moins une partie de l'air à distiller comprimé dans le compresseur d'air dans un surpresseur d'air, on détend dans au moins une turbine de détente de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, on sépare de l'air comprimé refroidi dans un échangeur de chaleur dans un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne, on prélève de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre ses deux extrémités pour envoyer au surpresseur, on envoie de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, on envoie de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur à la turbine, on envoie de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, on soutire du système de colonnes un débit enrichi en oxygène et un débit enrichi en azote et on réchauffe ces débits dans l'échangeur de chaleur caractérisé en ce que :

- i) si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche ou
- ii) un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur indiquant que le point de pompage est proche,

on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur sans l'avoir refroidie entre le surpresseur et la détente et on envoie l'air surpressé détendu en amont ou en aval de l'au moins une turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé et pour les cas i) et ii) on augmente le débit dans le surpresseur pour sortir de la zone de pompage.

[0012] Selon d'autres aspects facultatifs :

- si, de préférence uniquement si, la perte de charge entre les deux points est au dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur passe au-dessus du débit minimal du surpresseur, on envoie tout l'air du surpresseur à l'échangeur de chaleur pour se refroidir.
- si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en-dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur, on n'envoie aucune partie de l'air surpressé en amont du surpresseur.
- de l'air surpressé et détendu est détendu dans la turbine si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en dessous du seuil (et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur et de préférence aucun débit d'air provenant du surpresseur n'est détendu dans la turbine si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur passe au-dessus du débit minimal.
- si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal, l'air surpressé est détendu jusqu'à la pression d'une colonne du système de colonnes, est mélangé avec l'air provenant de la turbine et est envoyé à la colonne.
- le procédé de séparation s'effectue dans un appareil de séparation par distillation cryogénique.
- si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil ou débit du surpresseur est au-dessus du débit minimal, on envoie tout l'air surpressé se refroidir dans l'échangeur de chaleur.
- l'air surpressé détendu envoyé à la turbine est envoyé à une turbine couplée au surpresseur dont provient l'air.
- l'air surpressé détendu envoyé à la turbine est envoyé à une turbine recevant de l'air, voire tout l'air qu'elle détend, du surpresseur.
- la turbine reçoit de l'air du surpresseur uniquement dans le cas où la perte de charge entre les deux points du surpresseur est en dessous du seuil.
- si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur dans des moyens de détente autre qu'une turbine.
- si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur dans une vanne.
- si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur, on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur jusqu'à une pression d'entrée ou de sortie d'une turbine de l'appareil, voire jusqu'à la pression d'une colonne de l'appareil.
- le surpresseur d'air a une température d'entrée entre 0°C et -180°C, voire entre -60°C et -180°C.

[0013] L'invention sera décrite de manière plus détaillée en se référant à la figure qui illustre un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique selon l'invention.

[0014] L'appareil comprenant un système de colonnes comprenant une colonne opérant à une première pression K1 et une colonne opérant à une deuxième pression K2 inférieure à la deuxième pression. Les colonnes sont reliées thermiquement à travers un rebouilleur de cuve de la deuxième colonne chauffé par de l'azote de tête de la première colonne. Des débits de reflux non-illustrés enrichis en azote et en oxygène sont envoyés de la colonne K1 à la colonne K2. De l'oxygène liquide 31 est soutiré en cuve de la deuxième colonne K2 et de l'azote gazeux 33 est soutiré en tête de la deuxième colonne. De l'azote liquide LIN est envoyé en tête de la deuxième colonne par certaines phases pour aider à tenir le procédé en froid. Un fluide riche en oxygène est envoyé se réchauffer à l'échangeur E, par exemple l'oxygène liquide 31 peut se vaporiser dans l'échangeur de chaleur E. Un fluide riche en azote est envoyé se réchauffer à l'échangeur E.

[0015] L'appareil comprend une première turbine de détente d'air T1, une deuxième turbine de détente d'air T2, un premier surpresseur d'air C1 couplé à la première turbine et un deuxième surpresseur d'air C2 couplé à la deuxième turbine.

[0016] L'air comprimé 1 à une pression P provenant d'un autre compresseur (non-illustré) est divisé en deux fractions, dont une première fraction 3 est envoyée à l'échangeur de chaleur E sans avoir été comprimé à une pression au-delà de la pression P. Une deuxième fraction 5 est envoyée au premier surpresseur C1 où elle est comprimée à une pression supérieure à celle (P) de la première fraction 3. La sortie du premier surpresseur C1 est reliée à l'entrée de ce surpresseur par une conduite 25 à travers une vanne V8.

[0017] Selon une première variante, la première fraction 3 est refroidie dans l'échangeur de chaleur E jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci et n'ayant pas été comprimée dans le premier surpresseur est envoyée vers la première et la deuxième turbines à travers le clapet ouvert CL3 et les vannes ouvertes V5, V13, V4, V19.

[0018] La deuxième fraction 5 se refroidit dans l'échangeur de chaleur E jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci après avoir été comprimée dans le premier surpresseur C1. Ensuite elle est envoyée vers le deuxième surpresseur C2.

[0019] En marche normale, l'air détendu provenant des première et deuxième turbines est envoyé à la première colonne K1 pour être séparé à travers les vannes V6, V15, V11 et la conduite 13. La deuxième fraction 5 est comprimée dans le deuxième surpresseur C2, passe par le clapet ouvert CL1 et ensuite se refroidit dans l'échangeur de chaleur avant d'être envoyé sous forme liquide à la première colonne K1 à travers la vanne V9. Les vannes V2 et V3 sont fermées.

[0020] Si le surpresseur C1 s'approche de son point de pompage, une partie de l'air surpressé est prise après refroidissement dans un refroidisseur en aval du surpresseur, détendue par la vanne V8 et renvoyée à l'aspiration du surpresseur C1.

[0021] Si le surpresseur C2, alimenté par de l'air 19 provenant d'un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur E, s'approche de son point de pompage, aucune partie de l'air surpressé dans le surpresseur C2 n'est envoyée à l'aspiration du surpresseur C2. Le surpresseur C2 n'a pas de réfrigérant en aval du surpresseur. Si le débit surpressé en C2 passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche, une partie de l'air surpressé est envoyée par la conduite 23, détendue dans la vanne V3 et arrive à l'aspiration de la turbine T2 pour y être détendue et envoyée à la distillation.

[0022] Le seuil de détection de l'approche du point de pompage est défini en définissant un seuil de perte de charge entre deux points du surpresseur à ne pas dépasser. Tant que la perte de charge reste au-dessus du seuil, on envoie tout l'air surpressé à l'échangeur de chaleur pour y liquéfier.

[0023] Une fois que la perte de charge a atteint le seuil, on ouvre la vanne permettant à l'air de passer vers la turbine.

[0024] Le reste de l'air surpressé est renvoyé à l'échangeur de chaleur E à travers le clapet CL1 et se liquéfie au moins partiellement dans l'échangeur avant d'être détendu dans la vanne V9 et envoyé à la colonne K1.

[0025] Alternativement, la partie de l'air envoyée à l'entrée de la turbine T2 peut être envoyée à la sortie de celle-ci arrivant dans la conduite 17. Dans ce cas, la vanne de détente de l'air détendra cette partie de l'air jusqu'à une pression légèrement au-dessus de la pression de la colonne K1.

[0026] Il est également possible d'envoyer la partie de

l'air non pas vers la turbine T2 mais vers l'entrée ou la sortie de la turbine T1. L'air peut même être envoyé aux deux turbines T1, T2, aux entrées des deux, aux sorties des deux ou à l'entrée d'une et à la sortie de l'autre.

[0027] Selon une deuxième variante, la première fraction 3 est sortie d'un échangeur de chaleur à une température intermédiaire de celui-ci et n'ayant pas été comprimée dans le premier surpresseur est envoyée vers le deuxième surpresseur C2.

[0028] La deuxième fraction 5 se refroidit dans l'échangeur de chaleur jusqu'à une température intermédiaire de celui-ci après avoir été comprimée dans le premier surpresseur C1. Ensuite elle est envoyée vers la première et la deuxième turbines.

[0029] Dans ce cas aussi si le surpresseur C2, alimenté par de l'air 19 provenant d'un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur E, s'approche de son point de pompage, aucune partie de l'air surpressé dans le surpresseur C2 n'est envoyée à l'aspiration du surpresseur C2. Le surpresseur C2 n'a pas de réfrigérant en aval du surpresseur.

[0030] Si le débit surpressé en C2 passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche, une partie de l'air surpressé est envoyée par la conduite 23, détendue dans la vanne V3 et arrive à l'aspiration de la turbine T2, sans passer par l'échangeur E, pour être détendue dans la turbine T2 et envoyée à la distillation.

[0031] Le seuil de détection de l'approche du point de pompage est défini en définissant un seuil de perte de charge entre deux points du surpresseur à ne pas dépasser. Cette différence de pression est équivalente au débit minimal d'air dans le surpresseur sous lequel il ne faut pas passer. Tant que la perte de charge reste au-dessus du seuil, on envoie tout l'air surpressé à l'échangeur de chaleur pour y liquéfier.

[0032] Une fois que la perte de charge passe sous le seuil, on ouvre la vanne permettant à l'air de passer vers la turbine.

[0033] Il est aussi possible de déclencher l'ouverture de la vanne si le débit d'air dans le surpresseur passe en dessous d'un seuil.

[0034] Le reste de l'air surpressé est renvoyé à l'échangeur de chaleur E à travers le clapet CL1 et se liquéfie au moins partiellement dans l'échangeur avant d'être détendu dans la vanne V9 et envoyé à la colonne K1.

[0035] Alternativement, la partie de l'air envoyée à l'entrée de la turbine T2 peut être envoyée à la sortie de celle-ci arrivant dans la conduite 17. Dans ce cas, la vanne de détente de l'air détendra cette partie de l'air jusqu'à une pression légèrement au-dessus de la pression de la colonne K1.

[0036] Il est également possible d'envoyer la partie de l'air non pas vers la turbine T2 mais vers l'entrée ou la sortie de la turbine T1. L'air peut même être envoyé aux deux turbines T1, T2, aux entrées des deux, aux sorties des deux ou à l'entrée d'une et à la sortie de l'autre.

[0037] Un fluide riche en oxygène est envoyé se ré-

chauffer à l'échangeur E, par exemple l'oxygène liquide 31 peut se vaporiser dans l'échangeur de chaleur E. Un fluide riche en azote est envoyé se réchauffer à l'échangeur E.

[0038] L'invention s'applique également au cas dans lequel l'appareil ne comprend qu'une seule turbine d'air couplée à un surpresseur froid.

[0039] Dans ce cas, l'air est envoyé en service normal du surpresseur froid vers l'échangeur de chaleur. L'air peut ensuite passer directement dans le système de colonne après détente ou sinon peut être envoyé au moins en partie à la seule turbine.

[0040] Dans le cas où une partie de l'air surpressé se liquéfie dans l'échangeur de chaleur et est détendu dans une vanne V9 en amont du système de colonnes, quand le débit d'air surpressé dans le surpresseur C1 passe en dessous d'un seuil indiquant l'approche du pompage, on peut augmenter le débit de liquide passant dans la vanne V9. Cette vanne sera alors dimensionnée sur ce cas de fonctionnement.

[0041] Il sera compris que l'appareil peut comprendre un seul surpresseur froid et une seule turbine, recevant ou non de l'air du surpresseur froid en dehors de période de risque de pompage.

[0042] Cette invention s'applique à tout procédé utilisant un surpresseur froid d'air dans un appareil de séparation d'air par distillation cryogénique. Elle s'applique par exemple aux procédés de FR2943408, WO05064252, EP2831525, JP2015114083, JP54162678, EP1055894, EP2600090, JP2005221199, EP2963370, EP2963369, FR2913760, FR3033397, EP2458311, EP1782011, EP1711765, FR2895068, EP2489968, DE102011121314, EP1014020, FR2985305, DE102006027650, FR2861841, FR3010778, EP644388 et FR2721383.

[0043] Le surpresseur d'air a une température d'entrée de préférence entre 0°C et -180°C, voire entre -60°C et -180°C.

Revendications

1. Appareil de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant un compresseur d'air pour comprimer tout l'air à distiller, un surpresseur d'air (C2) pour comprimer au moins une partie de l'air à distiller, une turbine de détente (T1, T2) pour recevoir de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne (K1, K2), un échangeur de chaleur (E), des moyens pour envoyer de l'air du compresseur à l'échangeur de chaleur ayant deux extrémités, des moyens (19) pour prélever de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre les deux extrémités et pour l'envoyer au surpresseur, des moyens (CL1, 21) pour envoyer de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, des

moyens pour envoyer de l'air refroidi (9, 11) dans l'échangeur de chaleur à la turbine, des moyens (17, 13) pour envoyer de l'air détendu dans la turbine au système de colonnes, des moyens pour soutirer du système de colonnes un débit enrichi en oxygène (31) et un débit enrichi en azote (33), ces moyens étant reliés à l'échangeur de chaleur, des moyens (V3) pour détendre l'air surpressé dans le surpresseur, aucun moyen de refroidissement entre le refoulement du surpresseur et les moyens pour détendre l'air surpressé et des moyens pour envoyer de l'air, surpressé dans le surpresseur et détendu par les moyens de détente, en amont ou en aval de la turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé **caractérisé en ce qu'il** comprend des moyens pour détecter la perte de charge ou le débit entre deux points du surpresseur (C2) ainsi que des moyens pour ouvrir les moyens de détente (V3) pour envoyer l'air surpressé en amont ou en aval de la turbine sans passer par l'échangeur de chaleur, afin d'augmenter le débit dans le surpresseur, uniquement si la perte de charge ou le débit du surpresseur dépasse un seuil indiquant que le pompage est proche.

2. Appareil selon la revendication 1 dans lequel le surpresseur (C2) est relié à l'entrée de la turbine (T2) de sorte que l'air surpressé puisse se détendre au moins en partie dans la turbine.

3. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique dans lequel on comprime tout l'air à distiller dans un compresseur d'air, on surpresse au moins une partie de l'air à distiller comprimé dans le compresseur d'air dans un surpresseur d'air (C2), on détend dans au moins une turbine de détente (T2, T1) de l'air comprimé provenant du compresseur et éventuellement du surpresseur d'air, on sépare de l'air comprimé refroidi dans un échangeur de chaleur (E) dans un système de colonnes de distillation cryogénique comprenant au moins une colonne (K1, K2), on prélève de l'air refroidi à un point intermédiaire de l'échangeur de chaleur entre ses deux extrémités pour envoyer au surpresseur, on envoie de l'air surpressé du surpresseur à l'échangeur de chaleur, on envoie de l'air refroidi dans l'échangeur de chaleur à l'au moins une turbine, on envoie de l'air détendu dans l'au moins une turbine au système de colonnes, on soutire du système de colonnes un débit enrichi en oxygène (31) et un débit enrichi en azote (33) et on réchauffe ces débits dans l'échangeur de chaleur **caractérisé en ce que :**

- i) si la perte de charge entre deux points du surpresseur passe en dessous d'un seuil indiquant que le point de pompage est proche ou
- ii) si le débit du surpresseur passe en dessous d'un débit minimal du surpresseur indiquant que

le point de pompage est proche,

on détend une partie de l'air surpressé dans le surpresseur sans l'avoir refroidi entre le surpresseur et la détente et on envoie l'air surpressé détendu en amont ou en aval de l'au moins une turbine, sans avoir été refroidi dans l'échangeur de chaleur après avoir été surpressé et pour les cas i) et ii) on augmente le débit dans le surpresseur pour sortir de la zone de pompage.

4. Procédé selon la revendication 3 dans lequel si, de préférence uniquement si, la perte de charge entre les deux points est au dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur (C2) est au dessus du débit minimal du surpresseur, on envoie tout l'air du surpresseur à l'échangeur de chaleur (E) pour se refroidir
5. Procédé selon la revendication 3 dans lequel que si la perte de charge entre les deux points du surpresseur passe en-dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur, on n'envoie aucune partie de l'air surpressé en amont du surpresseur.
6. Procédé selon la revendication 3 ou 4 dans lequel de l'air surpressé et détendu est détendu dans la turbine (T2) si la perte de charge entre les deux points du surpresseur (C2) passe en dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal du surpresseur et de préférence aucun débit d'air provenant du surpresseur n'est détendu dans la turbine si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil et/ou un débit du surpresseur passe au-dessus du débit minimal.
7. Procédé selon la revendication 3 ou 4 dans lequel si la perte de charge entre les deux points du surpresseur (C2) passe en dessous du seuil et/ou un débit du surpresseur passe en dessous du débit minimal, l'air surpressé est détendu jusqu'à la pression d'une colonne (K1, K2) du système de colonnes, est mélangé avec l'air provenant de la turbine (T2) et est envoyé à la colonne.
8. Procédé selon la revendication 3, 4, 5 ou 6 dans lequel si la perte de charge entre les deux points du surpresseur est au-dessus du seuil, on envoie tout l'air surpressé se refroidir dans l'échangeur de chaleur (E).
9. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6 ou 8 dans lequel l'air surpressé détendu envoyé à la turbine (T2) est envoyé à une turbine couplée au surpresseur dont provient l'air.
10. Procédé selon l'une des revendications 3 à 6 ou 8

dans lequel l'air surpressé détendu envoyé à la turbine est envoyé à une turbine (T2) recevant de tout l'air qu'elle détend, du surpresseur (C2).

11. Procédé selon l'une des revendications 3 à 8 dans lequel la turbine (T2) reçoit de l'air du surpresseur uniquement dans le cas où la perte de charge entre les deux points du surpresseur est en dessous du seuil.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Luftabscheidung durch kryogene Destillation, umfassend einen Luftkompressor zur Kompression der gesamten zu destillierenden Luft, einen Luftverdichter (C2) zum Komprimieren wenigstens eines Teils der zu destillierenden Luft, eine Expansionsturbine (T1, T2) zur Aufnahme der Druckluft aus dem Kompressor und gegebenenfalls aus dem Luftverdichter, ein Säulensystem zur kryogenen Destillation, umfassend wenigstens eine Säule (K1, K2), einen Wärmeaustauscher (E), Mittel zum Transportieren der Luft aus dem Kompressor zum Wärmeaustauscher, der zwei Enden aufweist, Mittel (19) zur Entnahme der abgekühlten Luft an einem Zwischenort des Wärmeaustauschers zwischen den beiden Enden und zu deren Transport zum Luftverdichter, Mittel (CL1, 21) zum Transportieren der im Luftverdichter nachverdichteten Luft zum Wärmeaustauscher, Mittel zum Transportieren der im Wärmeaustauscher abgekühlten Luft (9, 11) zur Turbine, Mittel (17, 13) zum Transportieren der in der Turbine expandierten Luft in das Säulensystem, Mittel zum Abziehen eines mit Sauerstoff (31) angereicherten Volumenstroms und eines mit Stickstoff (33) angereicherten Volumenstroms aus dem Säulensystem, wobei diese Mittel mit dem Wärmeaustauscher verbunden sind, Mittel (V3) zum Expandieren der im Luftverdichter nachverdichteten Luft, kein Kühlmittel zwischen der Druckseite des Luftverdichters und den Mitteln zum Expandieren der nachverdichteten Luft und Mittel zum Transportieren von Luft, die im Luftverdichter nachverdichtet und von Expansionsmitteln expandiert wurde, stromaufwärts oder stromabwärts der Turbine, ohne dass sie nach der Nachverdichtung im Wärmeaustauscher abgekühlt wurde, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie Mittel zum Erkennen des Lastverlustes oder des Durchsatzes zwischen zwei Punkten des Luftverdichters (C2) sowie Mittel zum Öffnen der Expansionsmittel (V3) umfasst, um die stromaufwärts oder stromabwärts der Turbine nachverdichtete Luft zu transportieren, ohne dass sie den Wärmeaustauscher durchläuft, um den Durchsatz im Luftverdichter zu erhöhen, jedoch nur, wenn der Lastverlust oder der Durchsatz eine Schwelle übersteigt, die anzeigt, dass das Pumpen bevorsteht.

2. Einrichtung nach Anspruch 1, wobei der Luftverdichter (C2) mit dem Eingang der Turbine (T2) dergestalt verbunden ist, dass die nachverdichtete Luft wenigstens teilweise in der Turbine expandieren kann.
3. Verfahren zur Luftabscheidung durch kryogene Destillation, wobei die gesamte zu destillierende Luft in einem Luftkompressor komprimiert wird, wobei wenigstens ein Teil der im Luftkompressor komprimierten zu destillierenden Luft in einem Luftverdichter (C2) nachverdichtet wird, wobei in wenigstens einer Expansionsturbine (T2, T1) die aus dem Kompressor und gegebenenfalls dem Luftverdichter stammende Druckluft expandiert wird, wobei die in einem Wärmeaustauscher (E) abgekühlte Druckluft in einem Säulensystem zur kryogenen Destillation mit wenigstens einer Säule (K1, K2) abgeschieden wird, wobei die abgekühlte Luft an einem Zwischenort des Wärmeaustauschers zwischen seinen beiden Enden entnommen und zum Luftverdichter transportiert wird, wobei die im Luftverdichter nachverdichtete Luft zum Wärmeaustauscher transportiert wird, wobei die im Wärmeaustauscher abgekühlte Luft an die wenigstens eine Turbine transportiert wird, wobei die in der wenigstens einen Turbine expandierte Luft zu dem Säulensystem transportiert wird, wobei ein mit Sauerstoff (31) angereicherter Volumenstrom und ein mit Stickstoff (33) angereicherter Volumenstrom aus dem Säulensystem abgezogen wird und diese Volumenströme in dem Wärmeaustauscher erhitzt werden, **dadurch gekennzeichnet, dass**,
 - i) wenn der Lastverlust zwischen zwei Punkten des Luftverdichters unter eine Schwelle fällt, die angibt, dass der Pumpenzeitpunkt bevorsteht, oder
 - ii) wenn der Durchsatz des Luftverdichters unter einen Mindestdurchsatz fällt, der anzeigt, dass der Pumpenzeitpunkt bevorsteht,

ein Teil der im Luftverdichter nachverdichteten Luft expandiert wird, ohne dass sie zwischen dem Luftverdichter und der Expansion abgekühlt wird, und die stromaufwärts oder stromabwärts der wenigstens einen Turbine expandierte nachverdichtete Luft transportiert wird, ohne im Wärmeaustauscher nach der Nachverdichtung abgekühlt worden zu sein, und für die Fälle i) und ii), dass der Durchsatz im Luftverdichter für den Abzug aus der Pumpzone erhöht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei, wenn, und bevorzugt nur dann wenn der Lastverlust zwischen den zwei Punkten oberhalb der Schwelle liegt und/oder ein Durchsatz des Luftverdichters (C2) oberhalb des Mindestdurchsatzes des Luftverdichters liegt, die gesamte Luft aus dem Luftverdichter zur Abkühlung an den Wärmeaustauscher (E) transportiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei, wenn der Lastverlust zwischen den zwei Punkten des Luftverdichters unter die Schwelle fällt und/oder ein Durchsatz des Luftverdichters unter einen Mindestdurchsatz des Luftverdichters fällt, kein Teil der nachverdichteten Luft stromaufwärts des Luftverdichters transportiert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei die nachverdichtete und expandierte Luft in der Turbine (T2) expandiert wird, wenn der Lastverlust zwischen den zwei Punkten des Luftverdichters (C2) unter die Schwelle fällt und/oder wenn ein Durchsatz des Luftverdichters unter einen Mindestdurchsatz des Luftverdichters fällt, und bevorzugt kein Luftdurchsatz aus dem Luftverdichter in der Turbine expandiert wird, wenn der Lastverlust zwischen den zwei Punkten des Luftverdichters oberhalb der Schwelle liegt und/oder wenn ein Durchsatz des Luftverdichters oberhalb des Mindestdurchsatzes des Luftverdichters liegt.
7. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei, wenn der Lastverlust zwischen den zwei Punkten des Luftverdichters (C2) unter die Schwelle fällt und/oder wenn ein Durchsatz des Luftverdichters unter den Mindestdurchsatz des Luftverdichters fällt, die nachverdichtete Luft bis zum Druck einer Säule (K1, K2) des Säulensystems expandiert wird, mit Luft aus der Turbine (T2) vermischt wird und zu der Säule transportiert wird.
8. Verfahren nach Anspruch 3, 4, 5 oder 6, wobei, wenn der Lastverlust zwischen den zwei Punkten des Luftverdichters oberhalb der Schwelle liegt, die gesamte nachverdichtete Luft zur Abkühlung in den Wärmeaustauscher (E) transportiert wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6 oder 8, wobei die an die Turbine (T2) transportierte nachverdichtete expandierte Luft an eine Turbine transportiert wird, die mit dem Luftverdichter, aus dem die Luft stammt, gekoppelt ist.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6 oder 8, wobei die an die Turbine transportierte nachverdichtete expandierte Luft an eine Turbine (T2) transportiert wird, die die gesamte Luft, die sie expandiert, vom Luftverdichter (C2) aufnimmt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8, wobei die Turbine (T2) die Luft aus dem Luftverdichter nur dann aufnimmt, wenn der Lastverlust zwischen den beiden Punkten des Luftverdichters unterhalb der Schwelle liegt.

Claims

1. Device for air separation by cryogenic distillation comprising an air compressor to compress all the air to be distilled, an air booster compressor (C2) for compressing at least one portion of the air to be distilled, an expansion turbine (T1, T2) for receiving compressed air coming from the compressor and optionally from the air booster compressor, a system of cryogenic distillation columns comprising at least one column (K1, K2), a heat exchanger (E), means for sending air from the compressor to the heat exchanger having two ends, means (19) for withdrawing cooled air at an intermediate point of the heat exchanger between the two ends and for sending it to the booster compressor, means (CL1, 21) for sending the booster compressed air from the booster compressor to the heat exchanger, means for sending cooled air (9, 11) in the heat exchanger to the turbine, means (17, 13) for sending expanded air in the turbine to the system of columns, means for withdrawing from the system of columns a oxygen-enriched flow (31) and a nitrogen-enriched flow (33), these means being connected to the heat exchanger of the means (V3) to expand the booster compressed air in the booster compressor, no means of cooling between the backflow of the booster compressor and the means for expanding the booster compressed air and means for sending air, booster compressed in the booster compressor and expanded by the means for expanding, upstream or downstream from the turbine, without having been cooled in the heat exchanger after having been booster compressed **characterised in that** it comprises means for detecting the loss of pressure or the flow rate between two points of the booster compressor (C2) as well as means for opening the means for expanding (V3) in order to send the booster compressed air upstream or downstream from the turbine without passing through the heat exchanger, so as to increase the flow rate in the booster compressor, only if the loss of pressure or the flow rate of the booster compressor exceeds a threshold indicating that pumping is close.
2. Device according to claim 1 wherein the booster compressor (C2) is connected to the inlet of the turbine (T2) in such a way that the booster compressed air can be expanded at least partially in the turbine.
3. Method for air separation by cryogenic distillation wherein all the air to be distilled is compressed in an air compressor, at least one portion of the air to be distilled compressed in the air compressor is booster compressed in an air booster compressor (C2), in at least one expansion turbine (T2, T1) compressed air is expanded coming from the compressor and optionally from the air booster compressor, com-

pressed air cooled in a heat exchanger (E) is separated in a system of cryogenic distillation columns comprising at least one column (K1, K2), cooled air is withdrawn at an intermediate point of the heat exchanger between the two ends thereof to be sent to the booster compressor, booster compressed air is sent from the booster compressor to the heat exchanger, air cooled in the heat exchanger is sent to the at least one turbine, air expanded in the at least one turbine is sent to the system of columns, an oxygen-enriched flow (31) and a nitrogen-enriched flow (33) is withdrawn from the system of columns and these flows are heated in the heat exchanger **characterised in that:**

- i) if the loss of pressure between two points of the booster compressor passes below a threshold indicating that the point of pumping is close or
- ii) if the flow rate of the booster compressor passes below a minimum flow rate of the booster compressor indicating that the point of pumping is close,

a portion of the air booster compressed in the booster compressor is expanded without having cooled it between the booster compressor and the expansion and expanded booster compressed air is sent upstream or downstream from the at least one turbine, without having been cooled in the heat exchanger after having been booster compressed and for cases i) and ii) the flow rate is increased in the booster compressor in order to exit the pumping zone.

4. Method according to claim 3 wherein if, preferably only if, the loss of pressure between the two points is above the threshold and/or a flow rate of the booster compressor (C2) is above the minimum flow rate of the booster compressor, all the air of the booster compressor is sent to the heat exchanger (E) to be cooled.
5. Method according to claim 3 wherein if the loss of pressure between the two points of the booster compressor passes below the threshold and/or a flow rate of the booster compressor passes below the minimum flow rate of the booster compressor, no portion of the booster compressed air is sent upstream from the booster compressor.
6. Method according to claim 3 or 4 wherein booster compressed and expanded air is expanded in the turbine (T2) if the loss of pressure between the two points of the booster compressor (C2) passes below the threshold and/or a flow rate of the booster compressor passes below the minimum flow rate of the booster compressor and preferably no flow of air coming from the booster compressor is expanded in the turbine if the loss of pressure between the two

points of the booster compressor is above the threshold and/or a flow rate of the booster compressor passes above the minimum flow rate.

7. Method according to claim 3 or 4 wherein if the loss of pressure between the two points of the booster compressor (C2) passes below the threshold and/or a flow rate of the booster compressor passes below the minimum flow rate, the booster compressed air is expanded to the pressure of a column (K1, K2) of the system of columns, is mixed with the air coming from the turbine (T2) and is sent to the column. 5
10
8. Method according to claim 3, 4, 5 or 6 wherein if the loss of pressure between the two points of the booster compressor is above the threshold, all of the booster compressed air is sent to be cooled in the heat exchanger (E). 15
9. Method according to one of claims 3 to 6 or 8 wherein the expanded booster compressed air sent to the turbine (T2) is sent to a turbine coupled to the booster compressor from which the air comes. 20
10. Method according to one of claims 3 to 6 or 8 wherein the expanded booster compressed air sent to the turbine is sent to a turbine (T2) that receives all the air that it expands, from the booster compressor (C2). 25
30
11. Method according to one of claims 3 to 8 wherein the turbine (T2) receives air from the booster compressor only in the case where the loss of pressure between the two points of the booster compressor is below the threshold. 35

40

45

50

55

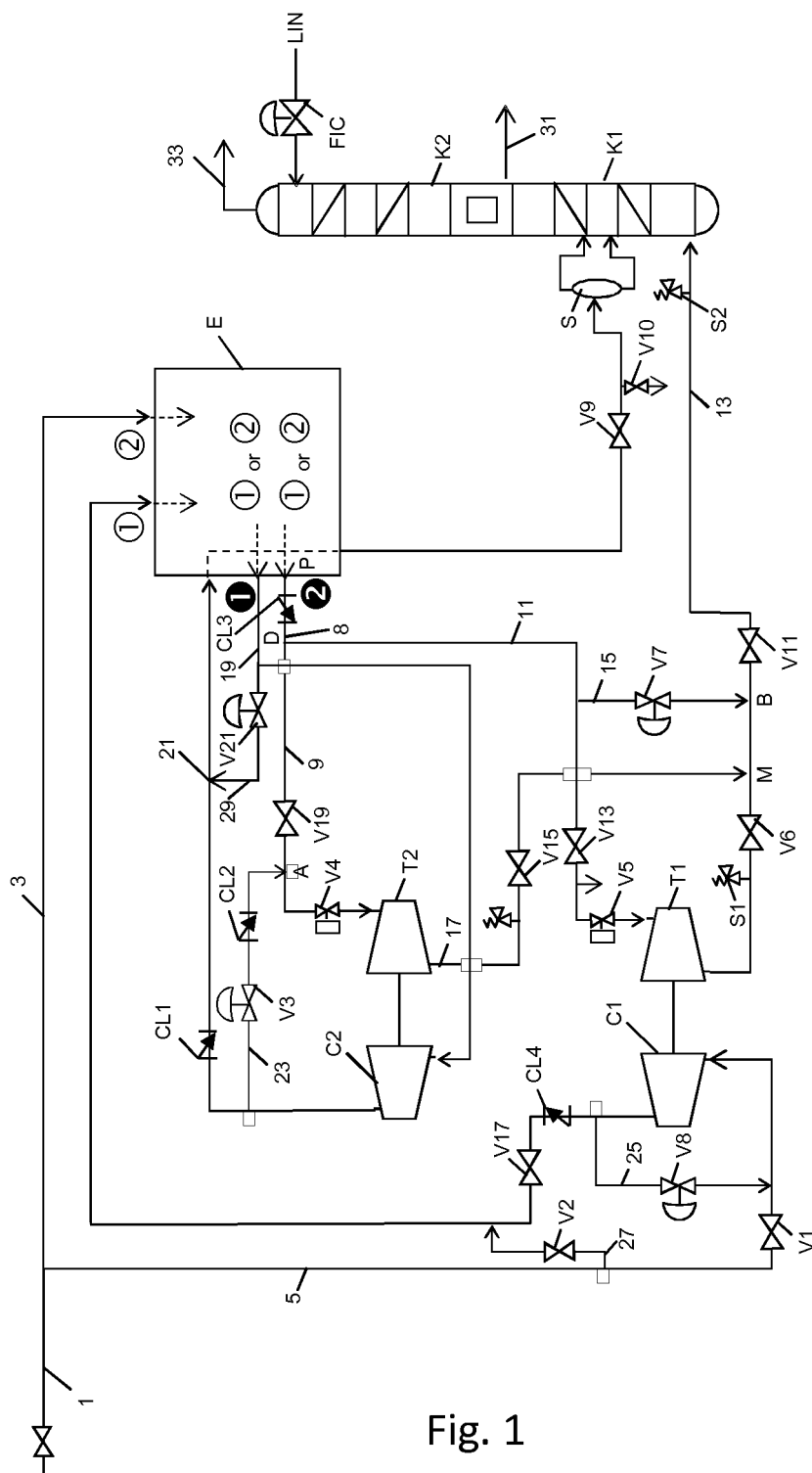


Fig. 1

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2851330 A [0001] [0006]
- FR 2943408 [0042]
- WO 05064252 A [0042]
- EP 2831525 A [0042]
- JP 2015114083 B [0042]
- JP 54162678 B [0042]
- EP 1055894 A [0042]
- EP 2600090 A [0042]
- JP 2005221199 B [0042]
- EP 2963370 A [0042]
- EP 2963369 A [0042]
- FR 2913760 [0042]
- FR 3033397 [0042]
- EP 2458311 A [0042]
- EP 1782011 A [0042]
- EP 1711765 A [0042]
- FR 2895068 [0042]
- EP 2489968 A [0042]
- DE 102011121314 [0042]
- EP 1014020 A [0042]
- FR 2985305 [0042]
- DE 102006027650 [0042]
- FR 2861841 [0042]
- FR 3010778 [0042]
- EP 644388 A [0042]
- FR 2721383 [0042]