(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
26 février 2009 (26.02.2009)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/024672 A2

(51) Classification internationale des brevets : Non classée

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2008/000950

(22) Date de dépôt international : 26 juin 2008 (26.06.2008)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0756453 12 juillet 2007 (12.07.2007) FR

(71) Déposant *(pour tous les États désignés sauf US)* : **L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES GEORGES CLAUDE** [FR/FR]; 75, quai d'Orsay, F-75007 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants *(pour US seulement)* : **BRIGLIA, Alain** [FR/FR]; Les Epineaux, F-49140 Corze (FR). **SAMY, Laurent** [FR/FR]; 13, rue Albert, F-75010 Paris (FR).

(74) Mandataire : **MERCEY, Fiona**; L'Air Liquide SA, DPI, 75, quai d'Orsay, F-75321 Paris Cedex 07 (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) **Title:** INTEGRATION OF SEVERAL SEPARATION UNITS

(54) **Titre :** INTEGRATION DE PLUSIEURS UNITES DE SEPARATION

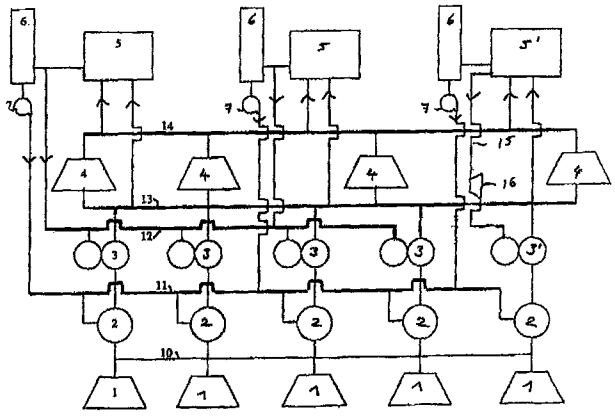


FIG. 1

(57) **Abstract:** An air separation installation by cryogenic distillation comprises at least three cold chambers (5,5'), at least three air scrubbers (3,3'), at least two main air compressors (1) to compress air from ambient pressure, means (12) for delivering nitrogen from at least two cold chambers to at least two scrubbing devices passing through a collector and means (15,16) for delivering nitrogen to at least one other of the cold chambers and to at least one other scrubbing device without passing through the collector.

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/024672 A2

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

(57) Abrégé : Une installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprend au moins trois boîtes froides (5,5'), au moins trois appareils d'épuration d'air (3,3'), au moins deux compresseurs principaux (1) d'air pour comprimer l'air à partir de la pression ambiante, des moyens (12) pour envoyer de l'azote d'au moins deux des boîtes froides à au moins deux des appareils d'épuration en passant par un collecteur et des moyens (15,16) pour envoyer de l'azote d'au moins une autre des boîtes froides à au moins un autre des appareils d'épuration sans passer par le collecteur.

Intégration de plusieurs unités de séparation

La présente invention concerne l'intégration de plusieurs unités de séparation.

La présente invention s'applique aux procédés de séparation des gaz de l'air par distillation cryogénique, en particulier du type à compression interne (oxygène gazeux est produit par vaporisation sous pression dans la ligne d'échange) par exemple en présence de surpresseurs d'air, où au moins trois (n) boites froides sont alimentées par au moins deux (m) compresseurs d'air principaux et éventuellement (p) surpresseurs d'air, avec (q) tours de refroidissement d'air par contact direct avec de l'eau, au moins trois (r) appareils d'épuration en tête pour épurer l'air, (s) tours de refroidissement d'eau par contact direct avec l'azote provenant d'un appareil de séparation d'air, où $p \neq 1, q \neq 1, s \neq 1$

Lorsque plusieurs unités de séparation des gaz de l'air de tailles identiques ou différentes sont installées sur un même site, il peut se révéler nécessaire dans certains cas

- de maximiser la taille de certain type de machine ou d'équipement et ainsi avoir moins d'équipement à installer
- d'éviter d'installer des tailles des machines ou d'équipement hors de références industrielles connues compatibles unitairement avec la taille des boites froides
- d'améliorer la fiabilité du site.
- de réutiliser des machines ou équipement existants qui ne sont pas nécessairement compatibles avec la taille de la ou des boites froides, limitant ainsi l'investissement

Pour cela, la création de collecteurs ou réseaux, interconnectant les différents équipements entre eux est une solution.

Les collecteurs ou réseaux pouvant servir à résoudre les problématiques citées ci-dessus se déclinent ainsi (à noter que tous les réseaux cités ci après ne sont pas nécessairement installés):

- réseau d'air humide moyenne pression, réseau d'air sec moyenne pression, interconnectant les compresseurs d'air, avant et après les épurations en tête
- Le réseau d'air humide permet de s'accommoder d'un nombre de compresseurs d'air principaux différents des équipements en aval. Par exemple :
  - m compresseur(s) principal (aux) d'air alimentant q tours air eau avec $q = m + x$, ou r épurations avec $r = m + x$; où $m \geq 1$ et $x \geq 1$
  - m compresseurs principaux d'air alimentant q tour(s) air eau avec $q = m - x$, ou r épurations avec $r = m - x$; où $m - x > 0$ et $x \neq 0$
- Le réseau d'air sec moyenne pression permet de s'accommoder d'un nombre d'épuration en tête différents des équipements en aval
  - r épuration(s) en tête alimentant n boites froides avec $n = r + x$, ou p compresseurs booster d'air avec $p = r + x$; où $r \geq 1$ et $x \geq 1$
  - r épurations en tête alimentant n boite(s) froides(s) avec $n = r - x$, ou p compresseurs booster d'air avec $p = r - x$; où $r - x > 0$ et $x \neq 0$
- réseau d'air haute pression interconnectant les compresseurs boosters d'air en sortie
- Le réseau d'air sec haute pression permet de s'accommoder un nombre de compresseurs de surpression d'air différent du nombre des équipements en aval. Par exemple :
  - p compresseur(s) booster d'air alimentant n boites froides avec $n = p + x$; où $p \geq 1$ et $x \geq 1$
  - p compresseurs booster d'air alimentant n boite(s) froide(s) avec $n = p - x$; où $p - x > 0$ et $x \neq 0$
- Note : Dans le cas où il y a plusieurs compresseurs de surpression d'air, il peut être avantageux de surdimensionner légèrement chaque compresseur de surpression d'air afin d'améliorer la fiabilité du site. En fait en régime normal tous les compresseurs de surpression d'air opèrent à une charge réduite (préférablement au-dessus de 70%), et lorsque l'un de ces compresseurs de surpression d'air s'arrête, les autres compresseurs de surpression restants sont poussés à leur maximum de façon à compenser soit totalement ou partiellement le déficit d'air haute pression

- Capacité maximale d'une machine respecte la règle suivante :
  - $C^M = \frac{C^T - C^E}{N^{BAC} - 1} et \frac{C^N}{C^M} \geq 0.70$ avec :
    - C^M = capacité d'une machine en marche maximale
    - C^T = capacité totale des machines en marche nominale
    - C^E = capacité effaçable
    - N^{BAC} = nombre total de compresseurs installés
    - C^N = capacité d'une machine en marche nominale réduite
    - réseau d'azote impur interconnectant les circuits de régénération des adsorbeurs
    - La plus large portion de l'azote résiduaire produit est utilisée généralement dans la tour de refroidissement d'eau par contact direct avec de l'azote provenant d'un appareil de séparation d'air qui se trouve proche de la boite froide afin de minimiser la taille des collecteurs. L'autre partie du débit est envoyé dans un réseau d'azote impur qui alimente individuellement certains adsorbeurs afin d'en assurer leur régénération. Par exemple :
      - n boites froides alimentant r épuration(s) en tête avec r = n - x; où $n - x > 0$ et $x \neq 0$

Une boite froide alimentée par deux épurations en tête a deux fluides différents pour régénérer chaque épuration en tête. Cela évite de caler tout le circuit de pression de l'unité de séparation d'air sur l'épuration en tête la moins performante en perte de charge. A ces fins un fluide non dépendant de l'azote résiduaire peut être utilisé, comme de l'azote moyenne pression détendu par exemple.

Un réseau d'eau froide interconnecte les circuits de refroidissement issus des tours eau azote alimentant les tours air eau

- Le réseau d'eau froide issu des tours de contact direct de refroidissement d'eau par échange de chaleur avec de l'azote se révèle utile quand le nombre de tours de contact direct eau azote est différent du nombre de tours de contact direct air eau. Par exemple :
  - s tour(s) eau azote alimentant q tours air eau avec q = s + x ; où $s \geq 1$ et $x \geq 1$

- s tours eau azote alimentant q tour(s) air eau avec q = s - x; où s – x > 0 et x ≠ 0

Pour tous les réseaux ou collecteurs mentionnés précédemment, les réseaux ou collecteurs permettent aussi de connecter entre eux des équipements de fonction identique mais de taille différente, globalisant ainsi les flux, pour pouvoir les redistribuer sur les équipements en aval égaux en nombre à ceux en amont, mais de tailles différentes ayant une capacité totale identique aux équipements en amont.

Selon un objet de l'invention, il est prévu une installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant n boîtes froides où n≥ 3, r appareils d'épuration d'air où r≥ 3, , m compresseurs principaux d'air où m≥ 2 pour comprimer l'air à partir de la pression ambiante et reliés aux n boîtes froides pour y fournir de l'air comprimé, un collecteur d'azote provenant d'au moins une première et une deuxième des boîtes froides relié à au moins un premier et un deuxième appareils d'épuration d'air caractérisée en ce qu' au moins un troisième appareil d'épuration d'air n'est pas relié au collecteur d'azote et est relié par une conduite de fourniture d'azote à au moins une troisième des boîtes froides .

Selon d'autres caractéristiques facultatives :

- le troisième appareil d'épuration d'air non relié au collecteur, la conduite de fourniture d'azote et la troisième des boîtes froides reliée à la conduite de fourniture sont reliés à travers un moyen de détente d'azote .
- le moyen de détente est une turbine .
- la troisième boîte froide est reliée aux premier, deuxième et troisième appareils d'épuration d'air pour recevoir de l'air épuré provenant de ces appareils.
- le troisième appareil d'épuration est relié à la troisième boîte froide de sorte qu'en fonctionnement il reçoit de l'azote d'une pureté différente de celle de l'azote circulant dans le collecteur.
- le troisième appareil d'épuration est relié à la troisième boîte froide de sorte qu'en fonctionnement il reçoit de l'azote d'une pression différente de celle de l'azote circulant dans le collecteur.
- chacune des boîtes froides comprend une double colonne de séparation d'air constituée par une colonne moyenne pression et une colonne basse pression,

les colonnes moyenne pression de chacune des boîtes froides opérant de préférence sensiblement à la même pression et les colonnes basse pression de chacune des boîtes froides opérant de préférence sensiblement à la même pression .

- le collecteur d'azote est relié aux colonnes basse pression des premier et deuxième boîtes froides alors que la conduite d'azote est reliée à la colonne moyenne pression de la troisième boîte froide.

Selon un autre objet de l'invention, un procédé de séparation d'air par distillation cryogénique utilisant au moins trois boîtes froides, au moins deux compresseurs d'air et au moins trois appareils d'épuration d'air dans lequel :

i) on envoie de l'air comprimé des au moins deux compresseurs d'air aux au moins trois appareils d'épuration d'air pour former de l'air épuré

ii) on envoie de l'air épuré des au moins trois appareils d'épuration d'air aux au moins trois boîtes froides

iii) on envoie de l'azote de régénération d'au moins deux des boîtes froides à un collecteur et ensuite à au moins deux des appareils d'épuration d'air et caractérisé en ce que

iv) on envoie de l'azote de régénération d'au moins une des boîtes froides à au moins un des appareils d'épuration d'air sans passer par le collecteur.

Eventuellement l'azote de régénération des étapes iii) et iv) ont des pressions de régénération et/ou des puretés différentes.

Les débits d'azote ont des puretés différentes si leur pureté diffère d'au moins 1% mol.

Soit chacune des boites froides et/ou chacun des appareils d'épuration et/ou chacune des tours de refroidissement est adapté(e) à traiter un débit identique,

soit chacune des boites froides et/ou chacun des appareils d'épuration et/ou chacune des tours de refroidissement est adapté(e) à traiter un débit différent.

De l'air comprimé dans au moins deux compresseurs principaux d'air est envoyé à un collecteur d'air relié à au moins trois des boîtes froides

Un circuit typique de circulation d'eau entre la tour de refroidissement d'air par contact direct avec l'eau et la tour de refroidissement d'eau par contact direct avec l'azote provenant d'un appareil de séparation d'air est décrit dans « Industrial Gas Handbook » de F.G. Kerry, 2007, pages 112 et 113.

L'invention sera décrite en plus de détail en se référant à la figure qui montre une installation intégrée de trois appareils de séparation d'air selon l'invention.

Dans la Figure 1, l'installation comprend cinq compresseurs d'air principaux 1, cinq tours de refroidissement d'air par contact direct avec de l'eau 2, cinq appareils d'épuration d'air 3, quatre compresseurs de surpression d'air 4, trois boîtes froides 5, trois tours de refroidissement d'eau par contact direct avec de l'azote 6 et trois pompes 7 d'eau refroidie dans les tours 6.

Chacune des boîtes froides 5,5' comprend une double colonne de séparation d'air constituée par une colonne moyenne pression et une colonne basse pression, et un échangeur pour refroidir l'air à une température cryogénique. Les colonnes moyenne pression de chacune des trois boîtes froides opèrent de préférence sensiblement à la même pression et les colonnes basse pression de chacune des trois boîtes froides opèrent de préférence sensiblement à la même pression.

L'air comprimé dans les cinq compresseurs 1 et envoyé à un collecteur d'air humide 10. De ce collecteur 10, l'air humide est reparti à cinq tours de refroidissement 2 et ensuite envoyé de chaque tour à un appareil d'épuration respectif 3,3' sans être mélangé. L'air épuré est envoyé à un collecteur 13 d'air sec moyenne pression. L'air de ce collecteur est envoyé en partie directement aux trois boîtes froides 5,5' sans être surpressé et en partie aux surpresseurs 4 connectés en parallèle. Les sorties des surpresseurs 4 sont connectées à un collecteur d'air sec haute pression 14 qui distribue l'air haute pression aux trois boîtes froides 5,5'.

De l'azote résiduaire basse pression de chaque boîte froide 5,5' est envoyé à un tour de refroidissement d'eau associé 6,6'. Le reste de l'azote résiduaire basse pression provenant de deux appareils 5 est envoyé à un collecteur d'azote 12 qui distribue l'azote aux quatre appareils d'épuration d'air 3 pour régénérer les bouteilles.

L'eau refroidie dans chaque tour de refroidissement eau azote 6,6' est pompée par une pompe respective 7 puis envoyé à un collecteur d'eau froide 11 qui distribue l'eau aux cinq tours de refroidissement d'air par contact direct avec de l'eau 2.

Un des appareils d'épuration d'air 3' est alimenté en azote non pas par le collecteur 12 mais uniquement par de l'azote moyenne pression provenant d'une conduite 15 relié à la troisième boîte froide 5' à travers une turbine de détente 16 d'azote moyenne pression.

Le collecteur d'azote 12 est relié uniquement aux colonnes basse pression des première et deuxième boîtes froides alors que la conduite d'azote 15 est reliée uniquement à la colonne moyenne pression de la troisième boîte froide.

Ainsi la boite froide 5' est alimentée par cinq appareils d'épurations en tête 3,3' et a deux fluides différents pour régénérer les appareils d'épuration en tête qui l'alimentent, puisque les appareils d'épuration 3 sont régénérés avec de l'azote résiduaire et l'appareil d'épuration 3' est régénéré par de l'azote moyenne pression détendu. Ceci évite de caler tout le circuit de pression de l'unité de séparation d'air sur l'épuration en tête la moins performante en perte de charge.

REVENDICATIONS

1. Installation de séparation d'air par distillation cryogénique comprenant n boîtes froides (5,5') où n≥ 3, r appareils d'épuration d'air (3,3') où r≥ 3, , m compresseurs principaux d'air (1) où m≥ 2 pour comprimer l'air à partir de la pression ambiante et reliés aux n boîtes froides pour y fournir de l'air comprimé, un collecteur d'azote (12) provenant d'au moins une première et une deuxième des boîtes froides (5) relié à au moins un premier et un deuxième appareils d'épuration d'air (3) caractérisée en ce qu' au moins un troisième appareil d'épuration d'air (3') n'est pas relié au collecteur d'azote et est relié par une conduite de fourniture d'azote (15) à au moins une troisième des boîtes froides (5').

2. Installation selon la revendication 1 dans laquelle le troisième appareil d'épuration d'air (3') non relié au collecteur, la conduite de fourniture d'azote (15) et la troisième des boîtes froides (5') reliée à la conduite de fourniture sont reliés à travers un moyen de détente d'azote (16).

3. Installation selon la revendication 2 dans laquelle le moyen de détente est une turbine (16).

4. Installation selon l'une des revendications précédentes dans laquelle la troisième boîte froide (5') est reliée aux premier, deuxième et troisième appareils d'épuration d'air (3,3') pour recevoir de l'air épuré provenant de ces appareils.

5. Installation selon l'une des revendications précédentes dans laquelle le troisième appareil d'épuration (3') est relié à la troisième boîte froide (5') de sorte qu'en fonctionnement il reçoit de l'azote d'une pureté différente de celle de l'azote circulant dans le collecteur (12).

6. Installation selon l'une des revendications précédentes dans laquelle le troisième appareil d'épuration (3') est relié à la troisième boîte froide (5') de

sorte qu'en fonctionnement il reçoit de l'azote d'une pression différente de celle de l'azote circulant dans le collecteur (12).

7. Installation selon l'une des revendications précédentes dans laquelle chacune des boîtes froides (5,5') comprend une double colonne de séparation d'air constituée par une colonne moyenne pression et une colonne basse pression, les colonnes moyenne pression de chacune des boîtes froides opérant de préférence sensiblement à la même pression et les colonnes basse pression de chacune des boîtes froides opérant de préférence sensiblement à la même pression .

8. Installation selon la revendication 7 dans laquelle le collecteur d'azote (12) est relié aux colonnes basse pression des première et deuxième boîtes froides alors que la conduite d'azote (15) est reliée à la colonne moyenne pression de la troisième boîte froide.

9. Procédé de séparation d'air par distillation cryogénique utilisant au moins trois boîtes froides (5,5'), au moins deux compresseurs d'air (1) et au moins trois appareils d'épuration d'air (3,3') dans lequel :

i) on envoie de l'air comprimé des au moins deux compresseurs d'air aux au moins trois appareils d'épuration d'air pour former de l'air épuré

ii) on envoie de l'air épuré des au moins trois appareils d'épuration d'air aux au moins trois boîtes froides

iii) on envoie de l'azote de régénération d'au moins deux des boîtes froides à un collecteur (12) et ensuite à au moins deux des appareils d'épuration d'air et caractérisé en ce que

iv) on envoie de l'azote de régénération d'au moins une des boîtes froides (5') à au moins un des appareils d'épuration d'air (3') sans passer par le collecteur.

10. Procédé selon la revendication 9 dans lequel l'azote de régénération des étapes iii) et iv) ont des pressions de régénération et/ou des puretés différentes.

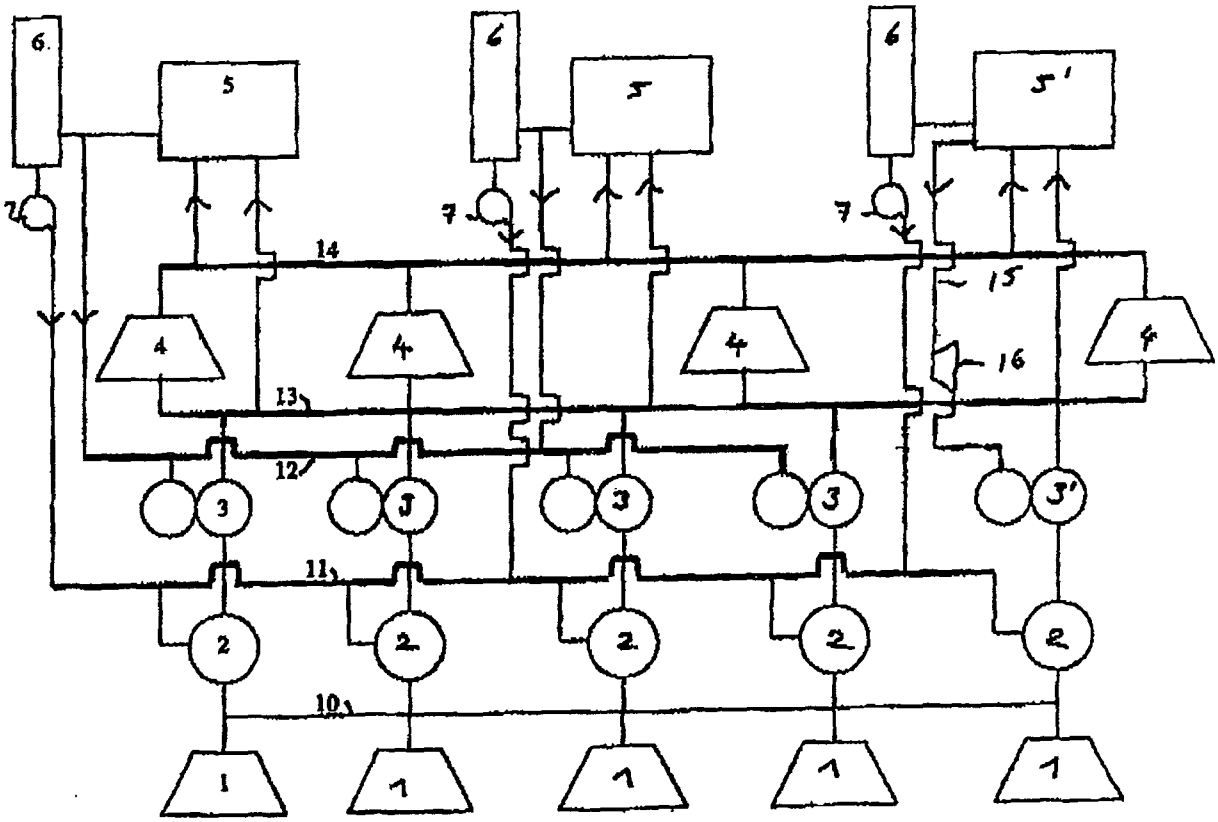


FIG. 1