

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
23. September 2010 (23.09.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/105765 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F04D 27/02 (2006.01) G05B 13/04 (2006.01)
F25J 3/04 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/001553

(22) Internationales Anmeldedatum:
11. März 2010 (11.03.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 013 756.4 17. März 2009 (17.03.2009) DE
09007169.7 28. Mai 2009 (28.05.2009) EP

(71) Anmelder: LINDE AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Klosterhofstrasse 1, 80331 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): POMPL, Gerhard
[DE/DE]; Am Steinbügel 19, 92339 Beilngries (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

BZ, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

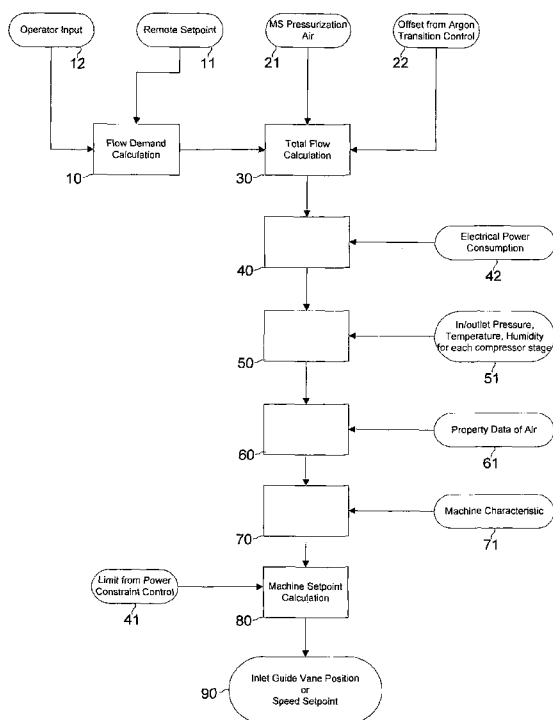
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CRYOGENIC AIR SEPARATION

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR TIEFTEMPATURZERLEGUNG VON LUFT



(57) Abstract: The method and the device relate to cryogenic air separation. Atmospheric air is suctioned in by a main air compressor. The main air compressor is formed by a turbo-compressor having adjustable guide vanes. In order to control the compressed air volume, a target value is determined for the compressed air volume (10, 30), the power consumption of the main air compressor (42) is measured, and the measured value of the power consumption is used to calculate numerically (40, 50, 60, 70) the actual value of the compressed air volume. The calculated actual value of the compressed air volume is compared to the target value of the compressed air volume (80), and finally the setting of the guide vanes (90) is carried out depending on said comparison.

(57) Zusammenfassung: Das Verfahren und die Vorrichtung dienen zur Tieftemperaturzerlegung von Luft. Atmosphärische Luft wird von einem Hauptluftverdichter angesaugt. Der Hauptluftverdichter wird durch einen Turboverdichter mit verstellbaren Leitschaufeln gebildet. Zur Regelung der Verdichtungsluftmenge wird ein Sollwert für die Verdichtungsluftmenge bestimmt wird (10, 30), die Leistungsaufnahme des Hauptluftverdichters gemessen (42), aus dem gemessenen Wert der Leistungsaufnahme der Istwert der Verdichtungsluftmenge numerisch berechnet (40, 50, 60, 70), der berechnete Istwert der Verdichtungsluftmenge mit dem Sollwert der Verdichtungsluftmenge verglichen (80) und schließlich in Abhängigkeit von diesem Vergleich die Einstellung der Leitschaufeln vorgenommen (90).

WO 2010/105765 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderun-

gen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

5

Derartige Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft und entsprechende Vorrichtungen sind zum Beispiel aus Hausen/Linde, Tieftemperaturtechnik, 2. Auflage 1985, Kapitel 4 (Seiten 281 bis 337 und 449 bis 454) bekannt.

- 10 Das Destilliersäulen-System der Erfindung kann als Ein-Säulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung ausgebildet sein, als Zwei-Säulen-System (zum Beispiel als klassisches Linde-Doppelsäulensystem), oder auch als Drei- oder Mehr-Säulen-System. Zusätzlich zu den Kolonnen zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung können weitere Vorrichtungen zur Gewinnung hochreiner Produkte und/oder anderer
- 15 Luftkomponenten, insbesondere von Edelgasen vorgesehen sein, beispielsweise eine Argongewinnung und/oder eine Krypton-Xenon-Gewinnung.

- Die Erfindung bezieht sich insbesondere auf industrielle Großanlagen mit einer Verdichtungsluftmenge von 100.000 Nm³/h oder mehr, vorzugsweise 300.000 Nm³/h
- 20 oder mehr. . Vorzugsweise kommt ein mehrstufiger Hauptluftverdichter zum Einsatz, insbesondere mit drei oder mehr Stufen.

- Bisher ist es üblich, den Istwert der Verdichtungsluftmenge stromabwärts des Hauptluftverdichters direkt zu messen und die Verdichterleistung entsprechend
- 25 nachzufahren. Die Mengenmessung wird über den Druckabfall an einer Blende vorgenommen. Hierfür sind lange Einlaufstrecken durch Normung vorgegeben, die ansonsten keinen verfahrenstechnischen Nutzen haben, aber großen apparativen Aufwand verursachen.

- 30 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Regelung der Menge eines verdichteten Gasstroms anzugeben, das wirtschaftlich besonders günstig ist und insbesondere einen relativ geringen apparativen Aufwand erfordert.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Auf eine direkte Messung des Mengenstroms der Luft kann dadurch verzichtet werden. Der entsprechende Aufwand entfällt. Überraschenderweise ergibt sich außerdem eine verbesserte Genauigkeit der Mengenmessung gegenüber der konventionellen Methode. Während eine direkte Mengenmessung eine Genauigkeit von $\pm 3\%$ aufweist, ist die Messung der Antriebsleistung insbesondere bei elektrischem Antrieb wesentlich genauer ($\pm 0,5\%$). Selbst wenn man zusätzliche Ungenauigkeiten durch Messung von anderen Parametern berücksichtigt, ergibt sich insgesamt eine sehr präzise und verlässliche Mengenmessung und damit eine besonders günstig Betriebsweise des Hauptluftverdichters und des Verfahrens insgesamt.

Zwar sind Verfahren zur indirekten Bestimmung des Istwerts der Menge eines in einem Verdichter verdichteten Gases schon beschrieben worden, beispielsweise in DE 19804330 A1; allerdings bezieht sich diese Lehre ausschließlich auf einstufige, rein drehzahlregelte Verdichter ohne verstellbare Leitschaufeln. Ein solcher Verdichtertyp ist für den Einsatz als Hauptluftverdichter in einer Luftzerlegungsanlage nicht geeignet.

Grundsätzlich kann bei der Erfindung zusätzlich zur Leitschaufeleinstellung jede Möglichkeit zur Einstellung der Leistung des Hauptluftverdichters eingesetzt werden, beispielsweise eine Drehzahlregelung. Der Antrieb des Hauptluftverdichters kann mittels jeder bekannten Methode erfolgen, beispielsweise mittels eines Elektromotors oder einer Dampfturbine.

Das erfindungsgemäße Prinzip der Verdichterregelung kann auch auf andere Verdichter übertragen werden, die in Luftzerlegungsanlagen betrieben werden, beispielsweise auf Produktverdichter und Kreislaufverdichter.

In die numerische Berechnung des Istwerts der Verdichtungsluftmenge gehen zum Beispiel ein oder mehrere der folgenden Eingangsgrößen ein:

- Druck des zu verdichtenden Luftstroms
- Temperatur des zu verdichtenden Luftstroms
- Dichte des zu verdichtenden Luftstroms
- Relative Feuchte des zu verdichtenden Luftstroms
- Wirkungsgrad des Verdichters

- Kennfeld des Verdichters

Vorzugsweise werden alle bekannten Parameter des zu verdichtenden Luftstroms in der Berechnung ausgewertet. Hierzu sind nur relativ einfach durchzuführende Messungen notwendig, etwa von Druck, Temperatur und relativer Feuchte.

5

Günstig ist es insbesondere, wenn das Kennfeld des Hauptluftverdichters empirisch bestimmt wird und dieses empirisch ermittelte Kennfeld in die Berechnung des Istwerts der Verdichtungsluftmenge eingeht. Das Kennfeld des Verdichters beschreibt die Abhängigkeit des Wirkungsgrads des Verdichters von einer Mehrzahl von Parametern, insbesondere zwei oder mehr der oben genannten physikalischen Parameter des zu verdichtenden Gases. Die Ermittlung des Kennfeldes kann beispielsweise auf einem Teststand durchgeführt werden, bevor der Verdichter seinen endgültigen Standort erhält. Sie wird vorzugsweise mit einem Gas durchgeführt, das dieselbe Zusammensetzung aufweist wie das zu verdichtete Gas im späteren Betrieb des Verdichters, zum Beispiel Luft im Falle eines Luftverdichters oder Stickstoff im Falle eines Stickstoffverdichters. Alternativ kann das Kennfeld auch mit einem anderen Gas bestimmt werden, beispielsweise mit Stickstoff im Falle eines Luftverdichters oder Sauerstoffverdichters.

10

15

20 Mit der genauen Kenntnis des Verhaltens des Verdichters ist es im Rahmen der Erfindung möglich, die Verdichtungsluftmenge besonders genau einzustellen, ohne sie direkt zu messen. Es kann sinnvoll sein, die Kennfeldbestimmung im Laufe der Betriebszeit der Anlage zu wiederholen, ebenso wie auch Mengenmessungen von Zeit zu Zeit neu kalibriert werden müssen. Grundsätzlich ist die Erfindung aber auch mit einem vom Hersteller zur Verfügung gestellten Kennfeld des Hauptluftverdichters ausführbar.

25

Im Rahmen der Erfindung ist es günstig, wenn bei der numerischen Berechnung des Sollwerts der Verdichtungsluftmenge ein oder mehrere der folgenden Eingangsgrößen verwendet werden:

30

- Aktueller Produktbedarf des Verbrauchers
- Zukünftiger Produktbedarf des Verbrauchers
- Aktueller Bedarf der Luftzerlegungsanlage an verdichteter Luft

Der aktuelle Bedarf der Luftzerlegungsanlage kann beispielsweise im Rahmen einer automatischen Lastregelung (ALC – automatic load control) ermittelt werden. Hier steht der aktuelle Bedarf bereits als numerischer Wert zur Verfügung, der laufend aktualisiert und in die numerische Berechnung des Sollwerts eingebracht werden kann. Alternativ
5 kann der aktuelle Produktbedarf oder eine Vorgabe für die Verdichtungsluftmenge auch durch eine manuelle Eingabe eines Operators festgelegt werden.

In diesem Rahmen oder zusätzlich können neben dem quasi-stationären Bedarf an verdichteter Luft weitere, zum Beispiel periodische oder sonstige zeitlich begrenzte
10 Anforderungen an die Verdichtungsluftmenge berücksichtigt werden. Beispielsweise kann eine zyklisch geschaltete Reinigungseinrichtung für die verdichtete Luft von Zeit zu Zeit einen Teil der verdichteten Luft für den Druckaufbau im Anschluss an die periodische Regenerierung eines Reinigungsbetts. Soll in dieser Zeit die für die Luftzerlegung zur Verfügung stehende Gasmenge nicht oder nicht in gleichem Maße
15 vermindert sein, muss diese Anforderung ebenfalls in die Verdichterregelung eingehen, sodass während des Druckaufbautakts eine entsprechend höhere Verdichtungsluftmenge zur Verfügung steht. Hier können bei der erfindungsgemäßen Betriebsweise die Daten eines entsprechenden elektronischen Reglers (zum Beispiel Molsieb-Sequencer) genutzt werden.

Bei schwankendem Produktbedarfs des Verbrauchers beziehungsweise der Verbraucher kann außerdem diese Größe in die Berechnung Berechnung des Sollwerts der Verdichtungsluftmenge einfließen, entweder direkt oder indirekt über die ALC der Luftzerlegungsanlage. Hierbei kann eine prädiktive Produktmengenregelung
20 auch für die Verdichtungsregelung wie eine Pipeline-Folge-Regelung genutzt werden, wie sie beispielsweise in EP 1542102 A1 beschrieben ist.

Vorzugsweise wird bei dem Vergleich zwischen Istwert und Sollwert der Verdichtungsluftmenge ein Grenzwert für den Energieverbrauch berücksichtigt. Bei
30 manchen Luftzerlegungsanlagen mit Gasverdichtung wird ein Grenzwert für den Gesamtenergieverbrauch vorgegeben, der nicht überschritten werden darf, weil entweder nicht mehr Energie zur Verfügung steht oder diese ab dem Limit unverhältnismäßig teuer wird (power constraint). Da häufig der Verdichter am meisten Energie verbraucht, ist es im Rahmen der Erfindung vorteilhaft, die entsprechende
35 Regelung (PCC – power constraint control) in die Verdichtungsregelung einzubinden.

In diesem Fall wird also die Verdichtungsleistung und damit der Istwert der Verdichtungsluftmenge bei einem Maximalwert abgeregelt, auch wenn der aktuell bestimmte Sollwert der Verdichtungsluftmenge höher ist. Resultiert daraus ein Defizit an Produkt beispielsweise einer nachfolgenden Gaszerlegungsanlage, so kann dieses aus einem Produktpuffer ergänzt werden. Solche Produktpuffer, die in der Regel als Flüssigkeits- oder Gasdruckspeicher ausgebildet sind, werden bei Luftzerlegungsanlagen häufig vorgehalten.

Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft gemäß den Patentansprüchen 7 bis 12.

Die Erfindung sowie weitere Einzelheiten der Erfindung werden im Folgenden anhand eines in der Zeichnung schematisch als Ablaufdiagramm dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Der Aufbau der Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage ist in der Zeichnung nicht dargestellt. Sie weist in dem Beispiel ein Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung auf, das durch ein Zwei-Säulen-System zur rektifikatorischen Trennung von Sauerstoff und Stickstoff gebildet wird, das aus einer Hochdrucksäule und einer Niederdrucksäule besteht (Linde-Verfahren). Über eine Argonübergangsleitung ist ein System zur Argongewinnung an die Niederdrucksäule angeschlossen, das mindestens eine Rohargonsäule aufweist. Über ein Filter strömt atmosphärische Luft in einen dreistufigen Hauptluftverdichter, wird dort mindestens auf den Betriebsdruck der HDS verdichtet, anschließend in einer Reinigungseinrichtung, die vorzugsweise durch eine Molekularsiebstation gebildet wird, gereinigt, in einem Hauptwärmetauschersystem abgekühlt und mindestens teilweise in die Hochdrucksäule eingeleitet. Aus der Hochdrucksäule und/oder der Niederdrucksäule wird mindestens ein Produktstrom abgezogen und einem Verbraucher zugeleitet. Diese Zuleitung kann entweder direkt erfolgen oder indirekt über ein Pipeline-System oder über einen Flüssigpuffer, gegebenenfalls mit anschließender Verdampfung.

In einem ersten Schritt 10 des Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst der Leitwert für die Menge Verdichtungsluftmenge bestimmt ("Flow Demand Calculation"), beispielsweise aus dem Produktbedarf an einem oder mehreren Endprodukten (Produktströmen) der Luftzerlegungsanlage. Dieser Leitwert

entspricht im Wesentlichen dem Bedarf an Zerlegungsluft, die zum Beispiel für die Rektifikation, die Kälteerzeugung und/oder die Verdampfung von Druckprodukten benötigt wird. Auf welchen Daten diese Berechnung durchgeführt wird, ist nicht entscheidend für die Erfindung. Es können diesem Schritt zum Beispiel die Daten 11 einer Pipeline-Folge-Regelung für mindestens ein Produkt der Luftzerlegungsanlage und/oder einer automatischen Lastanpassung (ALC) der Luftzerlegungsanlage als äußere Vorgaben ("Remote Setpoint") einfließen. Alternativ oder zusätzlich kann eine Vorgabe 12 des Bedienungspersonals ("Operator Input") ausgewertet werden, die über eine Eingabevorrichtung wie eine Tastatur oder Ähnliches eingegeben wird.

10

Im Schritt 30 ("Total Flow Calculation") wird daraus der Sollwert für die Verdichtungsluftmenge bestimmt. Dabei fließen weitere Randbedingungen aus dem Betrieb der Luftzerlegungsanlage ein, insbesondere der aktuelle Bedarf an Druckaufbauluft 21 für das Molekularsieb der Luftreinigung (MS Pressurization Air).

15

Wenn die Anlage wie hier eine Argongewinnung aufweist, kann alternativ oder zusätzlich ein Messwert 22 aus der Argonübergangsleitung ("Offset from Argon Transition Control") einfließen. Sollte die rechnerisch ermittelte Luftmenge nicht exakt der tatsächlich benötigten entsprechen, werden die Analysen in der Argonübergangsleitung (Messwert 22) ihren Idealwert verlassen und die Luftmenge muss korrigiert werden.

20

In den Schritten 40 bis 70 wird der Istwert der Verdichtungsluftmenge bestimmt.

Im Schritt 40 geht zunächst der Messwert 42 für die Leistungsaufnahme des Hauptluftverdichters ein ("Electrical Power Consumption").

25

Außerdem werden verschiedene weitere Messwerte 51 an dem mehrstufigen Verdichter berücksichtigt, insbesondere Ein- und/oder Austrittsdruck, Temperatur, Dichte und/oder relative Feuchte des zu verdichtenden Gasstroms, und zwar vorzugsweise an jeder Verdichtungsstufe ("In/outlet Pressure, Temperature, Humidity for each compressor stage"). In die Berechnung gehen weiterhin die Stoffdaten von Luft 61 ("Property Data of Air") ein.

30

In Schritt 70 werden Daten 71 über den Verdichter ("Machine Characteristic") verarbeitet, insbesondere dessen Wirkungsgrad und Kennfeld.

35

Schließlich wird In Schritt 80 der in 50 bis 70 berechnete Istwert der Verdichtungsluftmenge mit dem Sollwert aus Schritt 30 verglichen. und die benötigte Einstellung der Leitschaufeln jeder Stufe des Hauptluftverdichters und gegebenenfalls weiterer Betriebsparameter des Hauptluftverdichters werden bestimmt ("Machine Setpoint Calculation"). Hierbei können fakultativ verschiedene Parameter der Energieversorgung eingehen, nämlich zum Beispiel eine Vorgabe 41 über den maximalen Energieverbrauch der Gesamtanlage oder auch ein maximaler Energieverbrauch des Verdichters ("Limit from Power Constraint Control") und/oder der erwartete künftige Verlauf der Gesamtenergieverbrauch, beispielsweise durch das bevorstehende Einschalten eines Elektroerhitzers für das Regeneriergas einer adsorptiven Luftreinigung, sowie nochmals der aktuelle Messwert 42 für die Leistungsaufnahme 42 (in der Zeichnung nicht separat dargestellt).

Am Ende wird in Schritt 90 die in Schritt 80 ermittelten Einstellwerte an das Regelgerät des Verdichters ausgegeben, das schließlich die entsprechende Einstellung am Verdichter vornimmt, insbesondere durch entsprechende Einstellung der Leitschaufeln und gegebenenfalls zusätzlich der Drehzahl des Verdichters ("Inlet Guide Vane Position or Speed Setpoint").

In dem Ausführungsbeispiel weist die Luftzerlegungsanlage ein Molekularsieb für die Reinigung der verdichteten Luft auf, die innerhalb ihres zyklischen Betriebs zeitweise einen Teil der verdichteten Luft zum Druckaufbau benötigt. Da diese Luftmenge hier in der Vorgabe des ALC noch nicht berücksichtigt ist, finden die entsprechenden Daten 21, die von einem Molsieb-Sequencer zugeliefert werden im Schritt 30 eine entsprechende Berücksichtigung bei der Bestimmung Sollwerts der Verdichtungsluftmenge.

Dieser numerische Berechnungszyklus wird im Betrieb der entsprechenden Anlage laufend wiederholt, sodass die Verdichterleistung laufend entsprechend dem Bedarf an Luft angepasst wird.

Selbstverständlich kommt es bei der Erfindung nicht auf die genaue Reihenfolge der Berechnungsschritte an. In einem zweiten Ausführungsbeispiel können zum Beispiel die Sollwertbestimmung (entsprechend den Schritten 10 und 30 der Zeichnung) und

die Istwertbestimmung (entsprechend den Schritten 50 bis 70 der Zeichnung) parallel durchgeführt werden. Die Ergebnisse beider parallelen Berechnungsstränge (der aktuelle Sollwert der Verdichtungsluftmenge und der aktuelle Istwert der Verdichtungsluftmenge) fließen dann in den Vergleichsprozess ein (entsprechend

5 Schritt 80 der Zeichnung).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, bei dem atmosphärische Luft von einem Hauptluftverdichter angesaugt wird und der in dem Hauptluftverdichter verdichtete Luftstrom mindestens teilweise einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zugeführt und in dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung mindestens ein Produktstrom erzeugt wird, der einem Verbraucher zugeleitet wird, wobei der Hauptluftverdichter durch einen Turboverdichter mit verstellbaren Leitschaufeln gebildet wird und die Verdichtungsluftmenge, die in dem Hauptluftverdichter verdichtet wird, mindestens teilweise durch Einstellung der Leitschaufeln des Verdichters geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- ein Sollwert für die Verdichtungsluftmenge bestimmt wird (10, 30),
 - die Leistungsaufnahme des Hauptluftverdichters gemessen wird (42),
 - aus dem gemessenen Wert der Leistungsaufnahme der Istwert der Verdichtungsluftmenge numerisch berechnet wird (40, 50, 60, 70),
 - der berechnete Istwert der Verdichtungsluftmenge mit dem Sollwert der Verdichtungsluftmenge verglichen wird (80) und
 - in Abhängigkeit von diesem Vergleich die Einstellung der Leitschaufeln vorgenommen wird (90).
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der numerischen Berechnung des Istwerts der Verdichtungsluftmenge (40, 50, 60, 70) ein oder mehrere der folgenden Eingangsgrößen verwendet werden:
- Druck des zu verdichtenden Luftstroms
 - Temperatur des zu verdichtenden Luftstroms
 - Dichte des zu verdichtenden Luftstroms
 - Relative Feuchte des zu verdichtenden Luftstroms
 - Wirkungsgrad des Verdichters
 - Kennfeld des Verdichters
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass vor Inbetriebnahme des Hauptluftverdichters das Kennfeld des Hauptluftverdichters empirisch bestimmt wird und dieses empirisch ermittelte Kennfeld (71) in die

numerische Berechnung des Istwerts der Verdichtungsluftmenge (40, 50, 60, 70) eingeht.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Bestimmung des Sollwerts der Verdichtungsluftmenge (10, 30) ein oder mehrere der folgenden Eingangsgrößen verwendet werden:

- Aktueller Produktbedarf des Verbrauchers
- Zukünftiger Produktbedarf des Verbrauchers
- Aktueller Bedarf der Luftzerlegungsanlage an verdichteter Luft

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Vergleich zwischen Istwert und Sollwert der Verdichtungsluftmenge (80) ein Grenzwert für den Energieverbrauch (41) berücksichtigt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptluftverdichter auf eine maximale Verdichtungsluftmenge von mehr als 100.000 Nm³/h, insbesondere von mehr als 300.000 Nm³/h ausgelegt ist.

7. Vorrichtung zur Tieftemperaturzerlegung von Luft, mit

- einem Hauptluftverdichter zum Verdichten atmosphärischer Luft, der durch einen Turboverdichter mit verstellbaren Leitschaufeln gebildet wird,
- einem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- Mitteln zum Einleiten des in dem Hauptluftverdichter verdichteten Luftstroms in das Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung,
- Mitteln zum Zuführen eines Produktstroms aus dem Destilliersäulen-System zur Stickstoff-Sauerstoff-Trennung zu einem Verbraucher und mit
- eine automatische Steuerungseinrichtung zur Regelung der Verdichtungsluftmenge, die in dem Hauptluftverdichter verdichtet wird, mindestens teilweise durch Einstellung der Leitschaufeln des Verdichters,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die automatische Steuerungseinrichtung mit einer Messeinrichtung für die Leistungsaufnahme des Hauptluftverdichters verbunden ist und
- die automatische Steuerungseinrichtung so ausgebildet ist, dass
- aus dem von der Messeinrichtung gemessenen Wert der Leistungsaufnahme der Istwert der Verdichtungsluftmenge numerisch berechnet wird,

- der berechnete Istwert der Verdichtungsluftmenge mit einem vorgegebenen Sollwert der Verdichtungsluftmenge verglichen wird und
- in Abhängigkeit von diesem Vergleich die Einstellung der Leitschaukeln vorgenommen wird.

5

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die automatische Steuerungseinrichtung so ausgebildet ist, dass bei der numerischen Berechnung des Istwerts der Verdichtungsluftmenge ein oder mehrere der folgenden Eingangsgrößen verwendet werden:

10

- Druck des zu verdichtenden Luftstroms
- Temperatur des zu verdichtenden Luftstroms
- Dichte des zu verdichtenden Luftstroms
- Relative Feuchte des zu verdichtenden Luftstroms
- Wirkungsgrad des Verdichters

15

- Kennfeld des Verdichters

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der automatische Steuerungseinrichtung ein vor Inbetriebnahme des Hauptluftverdichters empirisch bestimmtes Kennfeld des Hauptluftverdichters gespeichert ist und dass die automatische Steuerungseinrichtung so ausgebildet ist, dass dieses empirisch ermittelte Kennfeld in die numerische Berechnung des Istwerts der Verdichtungsluftmenge eingeht.

20

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die automatische Steuerungseinrichtung so ausgebildet ist, dass bei der Bestimmung des Sollwerts der Verdichtungsluftmenge ein oder mehrere der folgenden Eingangsgrößen verwendet werden:

25

- Aktueller Produktbedarf des Verbrauchers
- Zukünftiger Produktbedarf des Verbrauchers
- Aktueller Bedarf der Luftzerlegungsanlage an verdichteter Luft

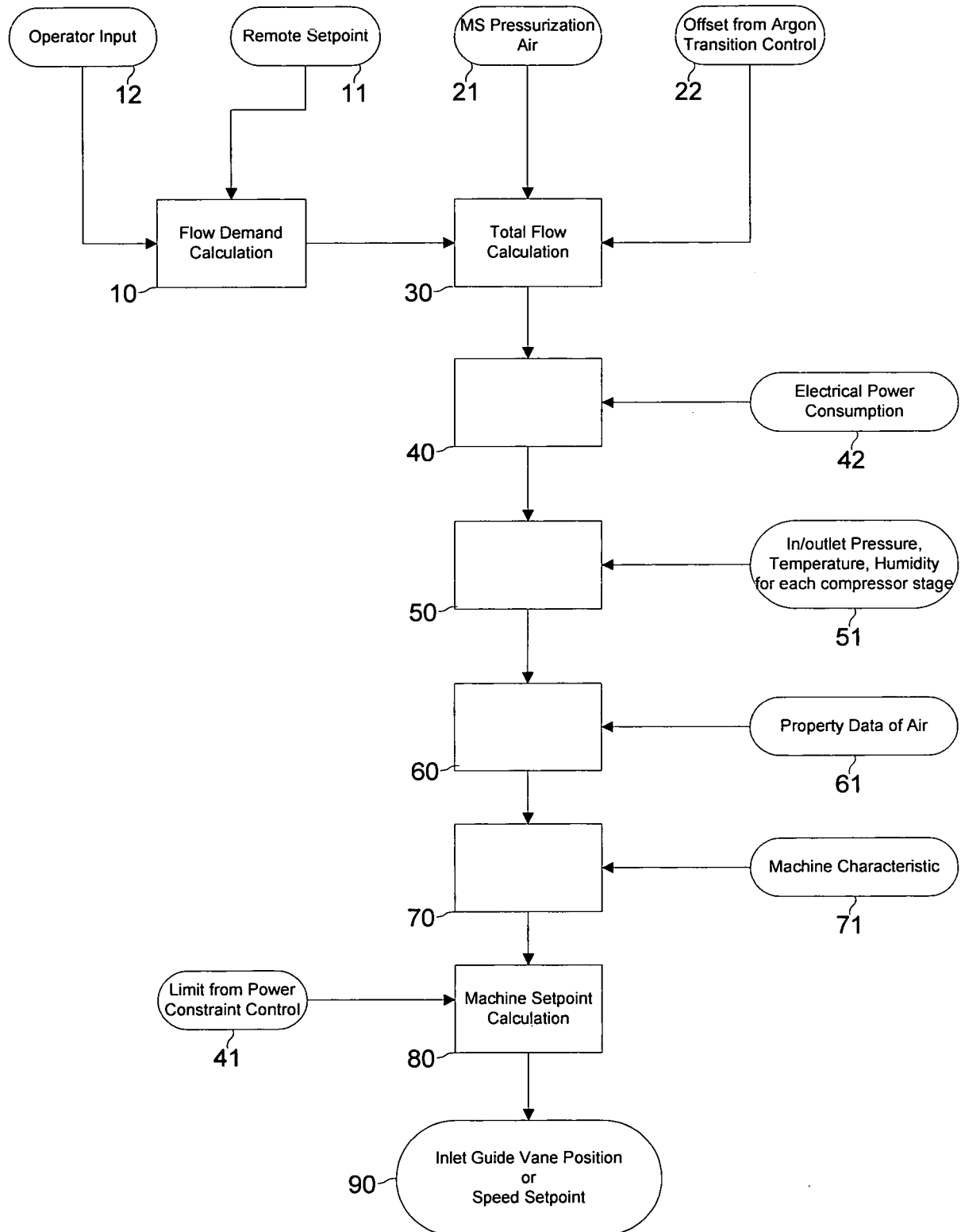
30

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die automatische Steuerungseinrichtung so ausgebildet ist, dass bei dem Vergleich zwischen Istwert und Sollwert der Verdichtungsluftmenge ein Grenzwert für den Energieverbrauch berücksichtigt wird.

35

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptluftverdichter auf eine maximale Verdichtungsluftmenge von mehr als 100.000 Nm³/h, insbesondere von mehr als 300.000 Nm³/h ausgelegt ist.

1/1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/001553

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F04D27/02 F25J3/04 G05B13/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F04D F25J G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 198 04 330 A1 (K BUSCH GMBH DRUCK & VAKUUM DR [DE]) 12 August 1999 (1999-08-12) the whole document -----	1-12
A	DE 10 2006 030108 A1 (MAN TURBO AG [DE]) 3 January 2008 (2008-01-03) * abstract figures 1,2 paragraphs [0018] - [0021] -----	1-12
A	GB 2 060 210 A (BORG WARNER) 29 April 1981 (1981-04-29) * abstract figure 1 page 1 - page 3 ----- -/--	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 July 2010

Date of mailing of the international search report

13/07/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Giorgini, Gabriele

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/001553

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 503 048 B1 (MIRSKY SAUL [US]) 7 January 2003 (2003-01-07) the whole document -----	1-12
A	US 5 971 712 A (KANN MENG JENG [US]) 26 October 1999 (1999-10-26) the whole document figure 1 -----	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/001553

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
DE 19804330	A1	12-08-1999	AU	2722999 A	23-08-1999
			WO	9940325 A1	12-08-1999
DE 102006030108	A1	03-01-2008	CN	101479678 A	08-07-2009
			EP	2033057 A1	11-03-2009
			WO	2008000459 A1	03-01-2008
			JP	2009541756 T	26-11-2009
GB 2060210	A	29-04-1981	DE	2943156 A1	07-05-1981
US 6503048	B1	07-01-2003	NONE		
US 5971712	A	26-10-1999	US	6213724 B1	10-04-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/001553

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F04D27/02 F25J3/04 G05B13/04
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F04D F25J G05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 198 04 330 A1 (K BUSCH GMBH DRUCK & VAKUUM DR [DE]) 12. August 1999 (1999-08-12) das ganze Dokument	1-12
A	DE 10 2006 030108 A1 (MAN TURBO AG [DE]) 3. Januar 2008 (2008-01-03) * Zusammenfassung Abbildungen 1,2 Absätze [0018] - [0021]	1-12
A	GB 2 060 210 A (BORG WARNER) 29. April 1981 (1981-04-29) * Zusammenfassung Abbildung 1 Seite 1 - Seite 3	1-12

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Juli 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/07/2010

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Giorgini, Gabriele

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/001553

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 503 048 B1 (MIRSKY SAUL [US]) 7. Januar 2003 (2003-01-07) das ganze Dokument -----	1-12
A	US 5 971 712 A (KANN MENG JENG [US]) 26. Oktober 1999 (1999-10-26) das ganze Dokument Abbildung 1 -----	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/001553

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19804330 A1	12-08-1999	AU 2722999 A	23-08-1999
		WO 9940325 A1	12-08-1999
DE 102006030108 A1	03-01-2008	CN 101479678 A	08-07-2009
		EP 2033057 A1	11-03-2009
		WO 2008000459 A1	03-01-2008
		JP 2009541756 T	26-11-2009
GB 2060210 A	29-04-1981	DE 2943156 A1	07-05-1981
US 6503048 B1	07-01-2003	KEINE	
US 5971712 A	26-10-1999	US 6213724 B1	10-04-2001