



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 335 105 B1**

12

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- 49 Veröffentlichungstag der Patentschrift: **09.11.94** 51 Int. Cl.⁵: **F04D 27/02**
21 Anmeldenummer: **89103056.1**
22 Anmeldetag: **22.02.89**

54 **Verfahren zur Vermeidung des Pumpens eines Turboverdichters mittels Abblaseregulung.**

30 Priorität: **30.03.88 DE 3810717**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.10.89 Patentblatt 89/40

45 Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung:
09.11.94 Patentblatt 94/45

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE GB IT LI NL

56 Entgegenhaltungen:
DE-A- 1 428 066
DE-A- 2 605 025
DE-A- 2 735 246

73 Patentinhaber: **MAN Gutehoffnungshütte Ak-
tiengesellschaft**
Postfach 11 02 40
D-46122 Oberhausen (DE)

72 Erfinder: **Blotenberg, Wilfried, Dr.-Ing.**
Irkensbusch 28
D-4220 Dinslaken (DE)

EP 0 335 105 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vermeidung des Pumpens eines einen nachgeschalteten Prozeß über eine Abgabelleitung mit einem gasförmigen Druckmedium versorgenden Turboverdichters, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ein Verfahren der genannten Art ist aus der DE-B- 11 07 887 bekannt. Dieses Verfahren benutzt zwei voneinander unabhängige Regelvorrichtungen, nämlich eine übliche, langsam wirkende und eine zusätzliche, schnell wirkende Regelvorrichtung. Die übliche Regelvorrichtung arbeitet in bekannter Weise nach Maßgabe einer Regeldifferenz, die in Abhängigkeit von Ansaugvolumenstrom und Enddruck des Verdichters bestimmt wird. Die zusätzliche Regelvorrichtung arbeitet nach Maßgabe von nahe dem nachgeschalteten Prozeß erfaßten Werten für Druck oder Durchfluß des verdichteten Mediums und bewirkt bedarfsweise eine rasche teilweise oder vollständige Öffnung des einzigen Abblaseventils oder eines zusätzlichen, parallelen Abblaseventils.

Als nachteilig wird bei diesem Verfahren angesehen, daß es zu seiner Durchführung zwei unabhängige, nebeneinander arbeitende Regelvorrichtungen erfordert, was einen hohen technischen Aufwand darstellt.

Es stellt sich daher die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, welches bei vergleichsweise geringem zusätzlichen Aufwand auch bei aus einem dem Verdichter nachgeschalteten Prozeß herrührenden Störungen eine sehr sichere, sowohl ein Pumpen des Verdichters als auch Druckeinbrüche auf der Druckseite des Verdichters verhindernde Regelung des Verdichters gewährleistet.

Die Lösung dieser Aufgabe gelingt erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Das neue Regelverfahren erfordert für seine Durchführung nur eine Regelvorrichtung für die Abblaseregelung, der diejenige von zwei Regeldifferenzen zugeführt wird, die zuerst eine Störung oder die die größere Störung signalisiert. Der zusätzliche Aufwand für die Durchführung des neuen Regelverfahrens ist also vorteilhaft gering; es wird aber dennoch sichergestellt, daß sowohl Störungen, deren Ursache im Bereich des Turboverdichters liegt, als auch Störungen, die aus einem nachgeschalteten Prozeß herrühren, frühzeitig erkannt und in entsprechende Regelvorgänge umgesetzt werden. Hierdurch wird ein sicherer Betrieb des Turboverdichters ohne Pumpen und ohne Druckeinbrüche im nachgeschalteten Prozeß gewährleistet.

Der Abgabadurchfluß kann entweder durch eine entsprechende Meßeinrichtung in einer zum Prozeß geführten Druckleitung für das Druckmedium unmittelbar gemessen oder in einer Simulation aus Parametern des nachgeschalteten Prozesses, wie z.B. der Stellung eines oder mehrerer Ventile und/oder des Druckes an einer oder mehreren Stellen des Prozesses, berechnet werden. Die erste Verfahrensvariante ist besonders dann zweckmäßig, wenn aus anderen Gründen bereits eine Durchflußmeßeinrichtung an geeigneter Stelle vorhanden ist, deren Meßergebnisse für das neue Verfahren genutzt werden können. Die Berechnung des Durchflusses ist dann zu bevorzugen, wenn eigens für das Verfahren eine Durchflußmeßeinrichtung installiert werden müßte. Hierdurch werden unnötig hohe Investitionskosten vermieden. Unabhängig von der Art der Erfassung des Abgabadurchflusses, sei es durch Messung oder durch Berechnung, kann dieser auf beiden Wegen mit einer für das Verfahren ausreichenden Genauigkeit gewonnen werden. Wird der Abgabadurchfluß als Massenstrom, d.h. als Masse je Zeiteinheit, gemessen, muß noch eine Umrechnung erfolgen, um zu gleichen Einheiten bei Ansaugvolumenstrom und Abgabadurchfluß zu kommen. Der Massenstrom steht über die Dichte des verdichteten Gases mit dem Volumenstrom in einer festen Beziehung und die Dichte wiederum ist eine Funktion des Druckes. In diesem Fall ist also zur Berechnung des Abgabadurchflusses als Volumenstrom neben der Erfassung des Massenstroms auch eine Druckmessung am Eingang des Prozesses sowie eine anschließende Umrechnung erforderlich.

Wie im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegeben, ist der gerade noch zulässige Minimalansaugvolumenstrom eine Funktion des Verdichterenddruckes. Das gleiche gilt für den Minimalabgabadurchfluß unter der oft erfüllten Voraussetzung, daß der Druck des Druckmediums auf dessen weiterem Weg zum Prozeß im wesentlichen konstant bleibt. In dieser einfachen Verfahrensvariante ist daher vorgesehen, daß für den Minimalansaugvolumenstrom und für den Minimalabgabadurchfluß der gleiche, von einem gemeinsamen Funktionsgeber in Abhängigkeit vom Verdichterenddruck gelieferte Minimaldurchflußwert verwendet wird. Eine andere, etwas aufwendigere Verfahrensvariante sieht zur Ermöglichung einer höheren Genauigkeit und größeren Beeinflussbarkeit des Verfahrens vor, daß für den Minimalansaugvolumenstrom und für den Minimalabgabadurchfluß unabhängig voneinander berechnete, von je einem eigenen Funktionsgeber gelieferte Minimaldurchflußwerte verwendet werden, wobei der Minimalansaugvolumenstrom als Funktion des Verdichterenddruckes und der Minimalabgabadurchfluß als Funktion des Drucks an der Abgabadurchfluß-Erfassungsstelle nahe dem

Eingang des Prozesses bestimmt wird.

Um das neue Verfahren auch bei Betriebszuständen des Verdichters mit geöffnetem Abblaseventil mit ausreichender Genauigkeit anwenden zu können, ist vorgesehen, daß zusätzlich der Abblasedurchfluß durch das Abblaseventil erfaßt und zu dem Abgabedurchfluß addiert wird. Die Erfassung des Abblasedurchflusses erfolgt entweder durch eine Messung in der dem Abblaseventil vor- und nachgeschalteten Abblaseleitung oder durch eine eigene Meßeinrichtung einsparende Berechnung. Eine Möglichkeit der Berechnung besteht darin, daß der Abblasedurchfluß durch eine Simulationsrechnung aus der Stellung des Abblaseventils und dem Druck vor dem Abblaseventil berechnet wird. Hierzu ist ein Stellungsmelder am Abblaseventil erforderlich, der in der Praxis häufig schon aus anderen Gründen vorhanden ist. Wenn ein derartiger Stellungsmelder eingespart werden soll, kann der Abblasedurchfluß auch aus einer in der Abblaseregulierung erzeugten Regelgröße für die Verstellung des Abblaseventils durch Simulation des dynamischen Verhaltens des Abblaseventils und aus dem Druck vor dem Abblaseventil berechnet werden. Eine solche Simulation des dynamischen Verhaltens des Ventils ist mit den heute verfügbaren Möglichkeiten der elektronischen Datenverarbeitung kein Problem.

Zwecks Erzielung einer höheren Genauigkeit bei der Bestimmung des Abblasedurchflusses ist vorgesehen, daß zusätzlich die Temperatur des durch das Abblaseventil strömenden Mediums und/oder der Druck hinter dem Abblaseventil gemessen und in die Berechnung des Abblasedurchflusses einbezogen werden. Außer Temperatur und/oder Druck können auch noch weitere, den Durchfluß durch das Abblaseventil beeinflussende Größen erfaßt und in die Berechnung einbezogen werden.

Aufgrund von verbleibenden Ungenauigkeiten bei der Messung oder Berechnung des Abgabedurchflusses und gegebenenfalls des Abblasedurchflusses kann es vorkommen, daß der ermittelte Durchfluß kleiner ist als der tatsächliche Durchfluß. In diesem Fall würde das Abblaseventil primär durch die Änderungen des Abblasdurchflusses bzw. der Summe aus diesem und dem Abgabedurchfluß gesteuert. Dadurch kommt es zu einem Betrieb des Verdichters mit einem unnötig großen Abstand von der Pumpgrenze. Um dies zu vermeiden, kann der Wert für den Abgabedurchfluß oder die Summe aus diesem und dem Wert für den Abblasedurchfluß vor Eingang in die Regelung mit einem vorgebbarem Faktor, der größer als 1 ist, multipliziert werden. Alternativ kann mit dem gleichen Ziel zu dem Wert für den Abgabedurchfluß bzw. zu der Summe aus diesem und dem Wert für den Abblasedurchfluß vor Eingang in die Regelung

eine vorgebbare Konstante addiert werden. Dies hat zur Folge, daß eine unerwünschte Vergrößerung des Sicherheitsabstandes zur Pumpgrenze nur noch dann eintritt, wenn der Fehler in der Abgabedurchflußbestimmung größer wird als der vorgegebene Faktor, der z.B. 1,1 sein kann, oder als die addierte Größe.

Eine andere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, daß in einer Zusatzeinrichtung mit großer Zeitkonstante eine Korrekturgröße auf den Wert für den Abgabedurchfluß oder die Summe aus den Werten für den Abgabedurchfluß und Abblasedurchfluß addiert wird, die so lange verändert wird, bis die Summe genau dem Ansaugvolumenstrom entspricht. Durch geeignete Wahl der Zeitkonstanten der Zusatzeinrichtung, die z.B. durch einen Integrierer realisierbar ist, kann gewährleistet werden, daß die kompensierende Wirkung so langsam erfolgt, daß vorübergehende dynamische Ungleichgewichte zwischen Ansaugvolumenstrom und Abgabedurchfluß sowie zwischen den zugehörigen Regeldifferenzen ungehindert passieren können. Ergänzend kann der Integrierer auf bestimmte Werte, insbesondere negative Werte begrenzt werden, wodurch die Einstellung eines zu großen Sicherheitsabstandes von der Pumpgrenze verhindert wird.

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, daß die Werte für den Abgabedurchfluß oder die Summe aus diesem und dem Wert für den Abblasedurchfluß als Eingangssignal auf eine nachgebende Referenz gegeben werden, wobei die Referenz im wesentlichen aus einem Integrierer mit einstellbarer Zeitkonstante besteht, dessen Ausgangssignal mit dieser Zeitkonstante dem Eingangssignal folgt, und wobei die nach plötzlichen Änderungen des Eingangssignals vorübergehend auftretende Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangssignal als Korrekturgröße für eine aus Ansaugvolumenstrom und Minimalansaugvolumenstrom gebildete, in die normale Abblaseregulierung eingehende erste Regeldifferenz verwendet wird. Hierdurch wird bei plötzlicher Abnahme des Abgabedurchflusses ein früheres und/oder verstärktes Eingreifen der normalen Abblaseregulierung bewirkt. Diese Regeldifferenz kann dabei unmittelbar selbst oder auch durch vorzeichenrichtige Umschaltung der Korrekturgröße auf den Soll- oder Istwert für die Berechnung der Regeldifferenz verändert werden. Eine derartige frühere Reaktion ist bei Störungen in Richtung einer Zunahme des Abgabedurchflusses nicht erforderlich, weshalb zweckmäßig diese Regelung mittels nachgebender Referenz als nur in der erstgenannten Abnahme-Richtung wirkend ausgestaltet ist.

Schließlich besteht noch die Möglichkeit, daß der Abgabedurchfluß in Form mehrerer einzelner Teil-Abgabedurchflüsse an unterschiedlichen, mög-

lichen Störstellen benachbarten Punkten des dem Verdichter nachgeschalteten Prozesses erfaßt wird und daß für jeden Teil-Abgabedurchfluß unabhängig voneinander von je einem eigenen Funktionsgeber in Abhängigkeit vom herrschenden Verdichterenddruck eigene Minimaldurchflußwerte berechnet werden. Hier ist zwar ein höherer Verfahrensaufwand in Kauf zu nehmen, es wird jedoch ein frühestmögliches Reagieren der Abblaseregulierung auf Störungen aus dem nachgeschalteten Prozeß gewährleistet.

Ein Ablaufbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im folgenden anhand einer Zeichnung erläutert. Die einzige Figur der Zeichnung zeigt in schematischer Darstellung einen Turboverdichter nebst zugehörigen Leitungen, Ventilen und dergleichen Elementen zusammen mit einem Regelschema des Verfahrens.

Im oberen Teil der Figur ist ein Turboverdichter 1 dargestellt, der saugseitig mit einer Ansaugleitung 10 und druckseitig mit einer Abgabeleitung 11 verbunden ist. Von der Abgabeleitung 11 zweigt eine Abblaseleitung 20 ab, in die ein Abblaseventil 2 eingeschaltet ist. Durch die Abblaseleitung 20 kann bei geöffnetem Abblaseventil 2 ein Teil des vom Verdichter 1 in die Abgabeleitung 11 geförderten gasförmigen Mediums in die Atmosphäre abgeblasen werden. Das Abblaseventil 2 ist hierzu mittels einer Ventilbetätigungseinrichtung 21 verstellbar. Im weiteren Verlauf der Abgabeleitung 11 ist in diese, wie üblich, eine Rückschlagklappe 3 eingesetzt. An diese Rückschlagklappe 3 anschließend führt die Abgabeleitung 11 zu einem dem Verdichter 1 nachgeschalteten Prozeß, der mit dem komprimierten gasförmigen Medium zu versorgen ist.

Vor dem Verdichter 1 ist in die Ansaugleitung 10 eine Meßeinrichtung 4 eingesetzt, die dazu dient, den durch die Leitung 10 zum Verdichter 1 strömenden Ansaugvolumenstrom $\dot{V}_A$ zu messen. In Strömungsrichtung hinter dem Verdichter 1 ist in der Abgabeleitung 11 eine weitere Meßeinrichtung 5 angeordnet, die dazu dient, den Verdichterenddruck P_E zu messen. Eine weitere Meßeinrichtung 6 ist schließlich noch vor dem dem Verdichter 1 nachgeschalteten Prozeß in die Abgabeleitung 11 eingesetzt. Diese Meßeinrichtung 6 dient zur Messung des Abgabedurchflusses $\dot{V}_P$ zum Prozeß, wobei ggf. noch über die Dichte des Mediums an der Meßstelle eine Umrechnung in Volumen je Zeiteinheit erfolgt, wenn der Abgabedurchfluß als Massenstrom, d. h. als Masse je Zeiteinheit, gemessen wird.

Wie aus dem Regelschema in der Figur ersichtlich ist, werden die gemessenen Werte des Verdichterenddrucks P_E zur Berechnung des bei dem jeweiligen Druck P_E gerade noch zulässigen Minimaldurchflusses $\dot{V}_{Amin}$ verwendet. Hieran

schließt sich die Berechnung einer ersten Regeldifferenz x_{d1} an, wobei x_{d1} als Differenz aus dem Minimaldurchfluß, hier dem Minimalansaugvolumenstrom $\dot{V}_{Amin}$, und dem Ansaugvolumenstrom $\dot{V}_A$ definiert ist.

Die gemessenen Werte für den Abgabedurchfluß $\dot{V}_P$ werden zur Berechnung einer zweiten Regeldifferenz x_{d2} verwendet, wobei x_{d2} definiert ist als Differenz aus dem Minimaldurchfluß, hier dem Minimalabgabedurchfluß $\dot{V}_{Pmin}$ und dem gemessenen Abgabedurchfluß $\dot{V}_P$. Für beide Regeldifferenzbildungen wird im vorliegenden Beispiel jeweils derselbe Minimaldurchfluß verwendet, d. h. daß hier der Minimalansaugvolumenstrom $\dot{V}_{Amin}$ gleich dem Minimalabgabedurchfluß $\dot{V}_{Pmin}$ ist. Alternativ kann auch ein gesonderter Minimalabgabedurchfluß berechnet werden.

Die beiden Regeldifferenzen x_{d1} und x_{d2} werden einer Maximalwertauswahl zugeführt. In dieser Maximalwertauswahl wird der größere der beiden Regeldifferenzwerte ausgewählt und als Regeldifferenz x_d der Abblaseregulierung zugeführt. Die Abblaseregulierung berechnet aus der ihr zugeführten Regeldifferenz x_d eine Stellgröße y , die auf die bereits erwähnte Ventilbetätigungseinrichtung 21 zur Verstellung des Abblaseventils 2 gegeben wird und dort eine entsprechende Verstellung des Abblaseventils 2 bewirkt.

Aus diesem ein einfaches Ablaufbeispiel des Verfahrens darstellenden Regelschema ist ersichtlich, daß bei einer Durchflußänderung, die ihre Ursache in dem dem Verdichter 1 nachgeschalteten Prozeß hat, zunächst eine Änderung des Abgabedurchflusses $\dot{V}_P$ erfolgt, bevor sich der Ansaugvolumenstrom $\dot{V}_A$ ändert. Diese Änderung wird frühzeitig von der Meßeinrichtung 6 erfaßt, was über die Regeldifferenzbildung, die Maximalwertauswahl und die Abblaseregulierung zu einer frühen und damit rechtzeitigen Reaktion des Abblaseventils 2 führt, auch wenn die Meßeinrichtung 4 für den Ansaugvolumenstrom $\dot{V}_A$ noch keine Veränderung des Durchflusses feststellt. Ein Pumpen des Verdichters wird so sicher vermieden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermeidung des Pumpens eines einen nachgeschalteten Prozeß über eine Abgabeleitung (11) mit einem gasförmigen Druckmedium versorgenden Turboverdichters (1) mittels Abblaseregulierung, bei welchem der Ansaugvolumenstrom (V_A) und der Verdichterenddruck (P_E) kontinuierlich erfaßt werden und bei welchem aus dem Ansaugvolumenstrom (V_A) und einem vom Verdichterenddruck (P_E) abhängigen, noch zulässigen, oberhalb des Pumpengrenzvolumenstromes liegenden Minimalansaugvolumenstrom (V_{Amin}) eine erste Re-

- geldifferenz (X_{d1}) gebildet wird, welche mittels einer Abblaseregulierung durch geregeltes Öffnen wenigstens eines Abblaseventils (2) sicherstellt, daß der Ansaugvolumenstrom (V_A) durch den Verdichter (1) oberhalb von dessen Pumpgrenze gehalten wird und wobei in der Nähe des Eingangs des dem Verdichter (1) nachgeschalteten Prozesses der Abgabedurchfluß (V_P) zu dem dem Verdichter (1) nachgeschalteten Prozeß erfaßt wird und bei Überschreiten eines Grenzwertes durch diesen Abgabedurchfluß (V_P) auch ein Öffnen des Abblaseventils (2) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß der Grenzwert ein noch zulässiger druckabhängig variierender Minimalabgabedurchfluß (V_{Pmin}) ist, der in Abhängigkeit von einem Druck auf der Abgabelleitung (11) bestimmt wird, wobei eine zweite Regeldifferenz (X_{d2}) aus Abgabedurchfluß (V_P) und Minimalabgabedurchfluß (V_{Pmin}) gebildet wird, wobei die beiden Regeldifferenzen (X_{d1} , X_{d2}) einer Maximalwertauswahl zugeführt werden und wobei der größere der beiden Regeldifferenzwerte ausgewählt und der Abblaseregulierung zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgabedurchfluß (V_P) gemessen wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgabedurchfluß (V_P) in einer Simulation aus Parametern des nachgeschalteten Prozesses, wie der Stellung eines oder mehrerer Ventile und/oder des Druckes an einer oder mehreren Stellen des Prozesses, berechnet wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für den Minimalansaugvolumenstrom (V_{Amin}) und für den Minimalabgabedurchfluß (V_{Pmin}) der gleiche, von einem gemeinsamen Funktionsgeber in Abhängigkeit vom Verdichterenddruck (P_E) gelieferte Minimaldurchflußwert verwendet wird.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für den Minimalansaugvolumenstrom (V_{Amin}) und für den Minimalabgabedurchfluß (V_{Pmin}) unabhängig voneinander berechnete, von je einem eigenen Funktionsgeber gelieferte Minimaldurchflußwerte verwendet werden, wobei der Minimalansaugvolumenstrom (V_{Amin}) als Funktion des Verdichterenddrucks (P_E) und der Minimalabgabedurchfluß (V_{Pmin}) als Funktion des Drucks an der Abgabedurchfluß-Erfassungsstelle nahe dem Eingangs des Prozesses bestimmt wird.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich der Abblasedurchfluß (V_B) durch das Abblaseventil (2) erfaßt und zu dem Abgabedurchfluß (V_P) addiert wird.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abblasedurchfluß (V_B) gemessen wird.
 8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abblasedurchfluß (V_B) durch eine Simulationsrechnung aus der Stellung des Abblaseventils (2) und dem Druck vor dem Abblaseventil (2) berechnet wird.
 9. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abblasedurchfluß (V_B) aus einer in der Abblaseregulierung erzeugten Regelgröße (y) für die Verstellung des Abblaseventils (2) und aus dem Druck vor dem Abblaseventil (2) durch Simulation des dynamischen Verhaltens des Abblaseventils (2) berechnet wird.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Temperatur des durch das Abblaseventil (2) strömenden Mediums und/oder der Druck hinter dem Abblaseventil (2) gemessen und in die Berechnung des Abblasedurchflusses (V_B) einbezogen werden.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Wert für den Abgabedurchfluß (V_P) oder die Summe aus diesem und dem Wert für den Abblasedurchfluß (V_B) vor Eingang in die Regelung mit einem vorgebbarem Faktor, der größer als 1 ist, multipliziert wird.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zu dem Wert für den Abgabedurchfluß (V_P) oder zu der Summe aus diesem und dem Wert für den Abblasedurchfluß (V_B) vor Eingang in die Regelung eine vorgebbare Konstante addiert wird.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in einer Zusatzeinrichtung mit großer Zeitkonstante eine Korrekturgröße auf den Wert für den Abgabedurchfluß (V_P) oder die Summe aus den Werten für den Abgabedurchfluß (V_P) und Abblasedurchfluß (V_B) addiert wird, die so lange verändert wird, bis die Summe genau dem Ansaugvolumenstrom (V_A) entspricht.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Werte für den Abgabedurchfluß (V_P) oder die Summe aus diesem und dem Wert für den Abblasedurchfluß (V_B) als Eingangssignal auf eine nachgebende Referenz gegeben werden, wobei die Referenz im wesentlichen aus einem Integrierer mit einstellbarer Zeitkonstante besteht, dessen Ausgangssignal mit dieser Zeitkonstante dem Eingangssignal folgt, und wobei die nach plötzlichen Änderungen des Eingangssignals vorübergehend auftretende Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangssignal als Korrekturgröße für eine aus Ansaugvolumenstrom (V_A) und Minimalansaugvolumenstrom (V_{Amin}) gebildete, in die normale Abblaserregelung eingehende erste Regeldifferenz (X_{d1}) verwendet wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgabedurchfluß (V_P) in Form mehrerer einzelner Teil-Abgabedurchflüsse an unterschiedlichen, möglichen Störstellen benachbarten Punkten des dem Verdichter (1) nachgeschalteten Prozesses erfaßt wird und daß für jeden Teil-Abgabedurchfluß unabhängig voneinander von je einem eigenen Funktionsgeber in Abhängigkeit vom herrschenden Verdichterenddruck (P_E) eigene Minimaldurchflußwerte berechnet werden.

Claims

1. A process for preventing the pumping of a turbo blower (1) supplying a downstream process by way of a delivery line (11) with a gaseous pressure medium by means of blow-off adjustment, in which the intake volume flow (V_A) and the final blower pressure (P_E) are continuously detected and in which a first adjustment differential (X_{d1}) is formed from the intake volume flow (V_A) and from a still permissible minimum intake volume flow (V_{Amin}) above the pump limit volume flow and dependent upon the final blower pressure (P_E), which adjustment differential is ensured by means of a blow-off adjustment by controlled opening of at least one blow-off valve (2), that the intake volume flow (V_A) is maintained by the blower (1) above the pump limit thereof, and wherein in the proximity of the inlet of the process downstream of the blower (1), the delivery through flow (V_P) to the process downstream of the blower (1) is detected, and, when a limiting value of this delivery through flow (V_P) is exceeded, the blow-off valve (2) is also opened
- characterised in that,

the limiting value is a still permissible minimum delivery through flow (V_{Pmin}) which is variable dependent upon pressure and which is determined in dependence upon pressure on the delivery line (11), wherein a second adjustment differential (X_{d2}) is formed from the delivery through flow (V_P) and the minimum delivery through flow (V_{Pmin}), wherein the two adjustment differentials (X_{d1} , X_{d2}) are fed to a maximum value selection and wherein the larger of the two adjustment differential values is selected and fed to the blow-off adjustment.

2. A process according to claim 1, characterised in that the delivery through flow (V_P) is measured.
3. A process according to claim 1, characterised in that the delivery through flow (V_P) is calculated in a simulation from parameters of the downstream process such as the position of one or more valves and/or of the pressure at one or more points of the process.
4. A process according to one of claims 1 to 3, characterised in that, for the minimum intake volume flow (V_{Amin}) and for the minimum delivery through flow (V_{Pmin}), the same minimum through flow value, supplied by a common function generator in dependence upon the final blower pressure (P_E), is used.
5. A process according to one of claims 1 to 3, characterised in that, for the minimum intake volume flow (V_{Amin}) and for the minimum delivery through flow (V_{Pmin}), minimum through flow values which are calculated independently of each other and are each supplied by their own function generator are used, wherein the minimum intake volume flow (V_{Amin}) is determined as a function of the final blower pressure (P_E) and of the minimum delivery through flow (V_{Pmin}) as a function of the pressure at the delivery through flow detection point close to the inlet to the process.
6. A process according to one of claims 1 to 5, characterised in that the blow-off through flow (V_B) through the blow-off valve (2) is additionally detected and is added to the delivery through flow (V_P).
7. A process according to claim 6, characterised in that the blow-off through flow (V_B) is measured.
8. A process according to claim 6, characterised in that the blow-off through flow (V_B) is cal-

culated by means of a simulation calculation from the position of the blow-off valve (2) and the pressure in advance of the blow-off valve (2).

9. A process according to claim 6, characterised in that the blow-off through flow (V_B) is calculated from a control variable (y), produced in the blow-off adjustment, for the adjustment of the blow-off valve (2) and from the pressure in advance of the blow-off valve (2) by simulation of the dynamic behaviour of the blow-off valve (2). 10
10. A process according to one of claims 8 or 9, characterised in that the temperature of the medium flowing through the blow-off valve (2) and/or the pressure behind the blow-off valve (2) are additionally measured and included in the calculation of the blow-off through flow (V_B). 20
11. A process according to one of claims 1 to 10, characterised in that the value of the delivery through flow (V_P) or the sum of this and the value for the blow-off through flow (V_B) is multiplied, before input into the adjustment, by a predeterminable factor which is greater than 1. 25
12. A process according to one of claims 1 to 10, characterised in that, before input into the adjustment, a predeterminable constant is added to the value for the delivery through flow (V_P) or to the sum of this and the value for the blow-off through flow (V_B). 30
13. A process according to one of claims 1 to 10, characterised in that, in an additional device with a large time constant, a correction variable is added to the value for the delivery through flow (V_P) or the sum of the values for the delivery through flow (V_P) and blow-off through flow (V_B), which is altered until the sum corresponds precisely to the intake volume flow (V_A). 35
14. A process according to one of claims 1 to 10, characterised in that the values for the delivery through flow (V_P) or the sum of this and the value for the blow-off through flow (V_B) are given as input signals to a compliant reference, wherein the reference consists substantially of an integrator with an adjustable time constant, of which the output signal with this time constant follows the input signal, and wherein the differential, which arises temporarily after sudden changes in the input signal, between the 40

input and output signals is used as a correction variable for a first adjustment differential (X_{d1}) formed from an intake volume flow (V_A) and a minimum intake volume flow (V_{Amin}) and being included in the normal blow-off adjustment. 5

15. A process according to one of claims 1 to 13, characterised in that the delivery through flow (V_P) is detected in the form of a plurality of individual part delivery through flows at different points of the process connected downstream of the blower (1) which adjoin possible disturbance sites, and that, for each part delivery through flow, minimum through flow values are calculated independently of each other each by their own function generator in dependence upon the prevailing final blower pressure (P_E). 10

Revendications

1. Procédé pour éviter le pompage d'un turbo-compresseur (1) alimentant en fluide sous pression gazeux, par l'intermédiaire d'une canalisation de sortie (11), un processus branché à sa suite, au moyen d'une régulation d'évacuation dans laquelle le débit volumique d'aspiration (V_A) et la pression à la sortie du compresseur (P_E) sont détectés en continu et dans laquelle, à partir du débit volumique d'aspiration (V_A) et d'un débit volumique d'aspiration minimal (V_{Amin}) encore admissible, dépendant de la pression (P_E) à la sortie du compresseur et se situant au-dessus du débit volumique limite de pompage, une première différence de réglage (x_{d1}) est formée, laquelle, au moyen d'une régulation d'évacuation, garantit par une ouverture réglée d'au moins une soupape d'évacuation (2), que le débit volumique d'aspiration (V_A) est maintenu par le compresseur (1) au-dessus de sa limite de pompage, tandis qu'au voisinage de l'entrée du processus branché à la suite du compresseur (1), le débit de sortie (V_P) vers le processus branché à la suite du compresseur (1) est détecté et, en cas de dépassement d'une valeur limite par ce débit de sortie (V_P), il s'effectue également une ouverture de la soupape d'évacuation (2), procédé caractérisé en ce que la valeur limite est un débit de sortie minimal (V_{Pmin}) encore admissible, variant en fonction de la pression, qui est déterminé en fonction d'une pression sur la canalisation de sortie (11), en ce qu'une seconde différence de réglage (x_{d2}) est formée à partir du débit de sortie (V_P) et du débit de sortie minimal (V_{Pmin}), en ce que les deux différences de réglage (x_{d1} , x_{d2}) sont appli- 55

- quées à un choix de valeurs maximales, et en ce que la plus grande des deux valeurs de différence de réglage est choisie et appliquée à la régulation d'évacuation.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le débit de sortie (V_P) est mesuré. 5
 3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le débit de sortie (V_P) est calculé par une simulation à partir de paramètres du processus branché à la suite, tels que la position d'une ou plusieurs soupapes et/ou de la pression en un ou plusieurs points du processus. 10 15
 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, pour le débit volumique d'aspiration minimal (V_{Amin}) et pour le débit de sortie minimal (V_{Pmin}), on utilise la même valeur de débit minimal délivrée par un générateur de fonction commun en fonction de la pression (P_E) à la sortie du compresseur. 20
 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, pour le débit volumique d'aspiration minimal (V_{Amin}) et pour le débit de sortie minimal (V_{Pmin}) calculés indépendamment l'un de l'autre, on utilise des valeurs de débit minimal délivrées respectivement par un générateur de fonction distinct, tandis que le débit volumique d'aspiration minimal (V_{Amin}) est déterminé en fonction de la pression (P_E) à la sortie du compresseur, et le débit de sortie minimal (V_{Pmin}) est déterminé en fonction de la pression du point de détection du débit de sortie au voisinage de l'entrée du processus. 25 30 35
 6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'en outre le débit d'évacuation (V_B) à travers la soupape d'évacuation (2) est détecté et ajouté au débit de sortie (V_P). 40
 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le débit d'évacuation (V_B) est mesuré. 45
 8. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le débit d'évacuation (V_B) est déterminé par un calcul de simulation à partir de la position de la soupape d'évacuation (2) et de la pression en amont de la soupape d'évacuation (2). 50 55
 9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le débit d'évacuation (V_B) est calculé à partir d'une grandeur de réglage (y), obtenue dans la régulation d'évacuation, pour le réglage de la soupape d'évacuation (2), et à partir de la pression en amont de la soupape d'évacuation (2) en simulation du comportement dynamique de la soupape d'évacuation (2).
 10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce qu'en supplément, la température du fluide s'écoulant à travers la soupape d'évacuation (2) et/ou la pression en aval de la soupape d'évacuation (2) sont mesurées et introduites dans le calcul du débit d'évacuation (V_B).
 11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la valeur pour le débit de sortie (V_P) ou bien la somme de cette valeur et de la valeur pour le débit d'évacuation (V_B), sont multipliées avant l'entrée dans la régulation par un facteur susceptible d'être prédéfini, qui est supérieur à 1.
 12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que à la valeur pour le débit de sortie (V_P) ou bien à la somme de cette valeur et de la valeur pour le débit d'évacuation (V_B), on ajoute avant l'entrée dans la régulation une constante susceptible d'être prédéfinie.
 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que dans un dispositif supplémentaire à grande constante de temps, une grandeur de correction est ajoutée à la valeur pour le débit de sortie (V_P) ou bien à la somme des valeurs pour le débit de sortie (V_P) et le débit d'évacuation (V_B), grandeur de correction qui est modifiée jusqu'à ce que la somme corresponde exactement au débit volumique d'aspiration (V_A).
 14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les valeurs pour le débit de sortie (V_P) ou bien la somme de ce débit et de la valeur pour le débit d'évacuation (V_B) sont fournies en tant que signal d'entrée à une référence modifiable, cette référence étant essentiellement constituée d'un intégrateur avec une constante de temps réglable, dont le signal de sortie suit avec cette constante de temps le signal d'entrée, et en ce que la différence apparaissant temporairement entre le signal d'entrée et le signal de sortie après des modifications soudaines du signal d'entrée, est utilisée comme grandeur de correction pour une première différence de réglage (x_{d1}) entrant dans la régulation normale d'éva-

cuation et formée à partir du débit volumique d'aspiration (V_A) et du débit volumique d'aspiration minimal (V_{Amin}).

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, 5
 caractérisé en ce que le débit de sortie (V_P)
 est détecté sous la forme de plusieurs débits
 de sortie partiels individuels en des points
 différents, voisins de défauts possibles, du pro- 10
 cessus branché à la suite du compresseur (1),
 et en ce que, pour chacun de ces débits
 partiels, on calcule indépendamment les uns
 des autres, respectivement par un générateur
 de fonction distinct et en fonction de la pres- 15
 sion (P_E) régnant à la sortie du compresseur,
 des valeurs de débit minimal distinctes.

20

25

30

35

40

45

50

55

