

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

- ④ Veröffentlichungstag der Patentschrift: **09.11.88**      ⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>: **F 04 D 27/00**  
⑦ Anmeldenummer: **84100822.0**  
⑧ Anmeldetag: **26.01.84**

⑨ **Verfahren zum Regeln von mindestens zwei parallel geschalteten Turbokompressoren.**

⑩ Priorität: **01.08.83 US 519097**

⑬ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**13.02.85 Patentblatt 85/07**

⑭ Bekanntmachung des Hinweises auf die  
Patenterteilung:  
**09.11.88 Patentblatt 88/45**

⑮ Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR GB IT LI NL**

⑯ Entgegenhaltungen:  
**FR-A-2 108 039**  
**GB-A- 26 618**  
**US-A-3 527 059**  
**US-A-4 255 089**

**ADVANCES IN INSTRUMENTATION, Band 31,**  
**Nr. 1, 1976, Seiten 585.1-585.7, ISA AC; A.E.**  
**NISENFELD et al.: "Control of parallel**  
**compressors"**

⑰ Patentinhaber: **MAN GUTEHOFFNUNGSHÜTTE**  
**GMBH**  
**Bahnhofstrasse, 66 Postfach 11 02 40**  
**D-4200 Oberhausen 11 (DE)**

⑱ Erfinder: **Blotenberg, Wilfried, Dipl.-Ing.**  
**Hasenstrasse 20**  
**D-4200 Oberhausen 12 (DE)**

⑲ Vertreter: **Schulze Horn, Stefan, Dipl.-Ing. et al**  
**Goldstrasse 36**  
**D-4400 Münster (DE)**

**EP 0 132 487 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt 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 zum Betreiben von mindestens zwei parallel geschalteten Turbokompressoren, die jeweils zur Verhinderung des Pumpens mit einer Pumpgrenzregelung versehen sind, d. h. daß bei ihnen vor Erreichen der Pumpgrenze beim Erreichen einer zu dieser parallel verlaufenden Abblaselinie durch Öffnen von Abblase- oder Umblaseventilen sichergestellt wird, daß ein Pumpen vermieden wird, und wobei die Turbokompressoren außerdem gemeinsam von Lastverteilungsreglern und einzeln von je einem Druckregler gesteuert werden.

Bei Kompressoren im Parallelbetrieb besteht häufig die Aufgabe, die Last gleichmäßig auf alle Maschinen zu verteilen. Üblicherweise wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß jeder Maschine ein Durchflußregler zugeordnet wird. Der Sollwert dieser Durchflußregler wird von einem gemeinsamen übergeordneten Druckregler vorgegeben.

Jeder Durchflußregler hat den gleichen Sollwert (Ausgang des Druckreglers) und führt infolgedessen jede Maschine in den Arbeitspunkt, in dem sie mit dem gleichen Durchsatz betrieben wird wie die Parallelmaschine(n). Bei unterschiedlichen Kennlinien der Maschinen ist es dabei nachteilig möglich, daß dabei eine Maschine im Abblase- oder Umblasebetrieb gefahren wird, während die andere weit im Kennfeld fährt. Diese Gefahr ist bei Maschinen mit flachen Kennlinien besonders groß.

Diese Anordnung hat außerdem den Nachteil, daß der Durchflußregler in Kaskade zum Druckregler arbeitet.

Bleibende Regelfehler müssen dabei vermieden werden, so daß beide Regler als PI-Regler zu schalten sind. Eine Reihenschaltung von zwei PI-Reglern kann aber bekanntlich nur dann stabil arbeiten, wenn der vorgeschaltete Regler wesentlich langsamer arbeitet als der unterlagerte. Da Turbokompressoren in der Regel auch noch mit Pumpgrenzregelungen ausgerüstet sind, die ebenfalls PI-Verhalten haben, bestimmen diese das Zeitverhalten aller Regelungen.

Eine typische geeignete Pumpgrenzregelung ist z. B. in der D—A 2 623 899 beschrieben. Sie stellt aufgrund einer entsprechend ansteigenden Regelkennlinie sicher, daß ein Abblasen so rechtzeitig erfolgt, daß ein Pumpen sicher verhindert wird.

In der Praxis wird dabei die Pumpgrenzregelung erst einmal stabil eingestellt. Die Durchflußregelung muß dann wesentlich langsamer reagieren, um Rückwirkungen zu vermeiden. Die Druckregelung als überlagerte Führungsregelung muß wiederum noch wesentlich langsamer reagieren. Die Folge ist, daß der Druckregler Störungen nur relativ langsam ausregeln kann. Die Lastverteilungsregelung hat in diesem Zusammenhang die Aufgabe, Betriebszustände zu verhindern, in denen eine Maschine abbläst, während andere Maschinen oder eine andere

Maschine weit im Kennfeld fahren. Eine Regelung zur Einstellung von gleichem Durchfluß kann diese Aufgabe nicht vollständig erfüllen. So können z. B. Unsymmetrien im Verlauf der Kennlinien bzw. der Abblaselinien, wie oben beschrieben, genausowenig kompensiert werden wie der Einfluß unterschiedlicher Saugdruck oder ein unsymmetrischer Strömungsverlauf in den Rohrleitungen.

Es ist demgemäß Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben bzw. Regeln von parallelgeschalteten Turbokompressoren zu finden, dem die Vorgenannten Nachteile nicht mehr anhaften und das es insbesondere erlaubt, sämtliche Turbokompressoren während des Betriebes im ausreichenden Abstand von der Abblaselinie zu betreiben, so daß ein überflüssiges Abblasen einerseits sicher vermieden wird, andererseits aber auch eine möglichst große Sicherheit gegen Pumpen vorhanden ist.

Die Turbokompressoren sollen dabei unter Berücksichtigung ihrer individuellen Werte unter möglichst günstigen Bedingungen betrieben werden können, sie sollen möglichen Druck- und Durchflußschwankungen möglichst schnell angepaßt werden können, wobei die gesamte Regelung sicher, störungsanfällig und wirtschaftlich sein soll. Insbesondere soll die gesamte Regelung mit handelsüblichen Bauelementen verwirklichtbar sein.

Diese Aufgabenstellung soll weiterhin gelöst werden unter dem neuartigen Gesichtspunkt, daß insbesondere ein Abblasen oder Pumpen einzelner Kompressoren vermieden werden soll, da dadurch Belästigungen z. B. durch Lärm, Wirkungsgradverluste erheblicher Größe und unter Umständen auch Schäden auftreten können.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei dem eingangs genannten Verfahren dadurch gelöst, daß die Lastverteilungsregler die Einstellung der Kompressoren untereinander derart regeln, daß bei jedem gleiche Abstände des Betriebspunktes gegenüber der Abblaselinie vorliegen, wobei nur einer der Kompressoren von seinem Druckregler gesteuert wird und die übrigen über die Lastverteilungsregelung nachgeführt werden, bei dem von seinem Druckregler gesteuerten Kompressor der Druckregler auf Automatik gestellt wird, während die Druckregler der andere Kompressoren auf Handbetrieb eingestellt werden und je eine Regeldifferenz der Druckregelung und der Lastverteilungsregelung gebildet wird, diese Regeldifferenzen addiert werden und ein Abgleich solange erfolgt, bis die Summe der Differenzen Null ist. Dadurch wird auch sichergestellt, daß auch in der Regelphase ein optimaler Abstand der Arbeitspunkte von der Abblaselinie vorhanden ist.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung werden in den Unteransprüchen 2 und 3 beschrieben.

Im folgenden wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand von Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Kaskadenregelung herkömmlicher Art nach dem Stand der Technik,

Figur 2 eine Lastverteilungsregelung gemäß der Erfindung,

Figur 3 eine Nachführschaltung gemäß der Erfindung, zur Begrenzung der Reglerausgänge,

Figur 4 eine Endlagenbegrenzung gemäß der Erfindung,

Figur 5 eine Lastverteilungsregelung in Form eines Schrittreglers,

Figur 6 eine erfindungsmegäße Schaltung zum Parallelbetrieb von jeweils zwei von drei vorhandenen Maschinen,

Figur 7 die Schaltung für den Parallelbetrieb von drei Maschinen,

Figur 8 eine Lastverteilungsregelung mit nur einem Druckregler,

Figur 9 eine Schaltung zum Parallelbetrieb zweier von drei Kompressoren und

Figur 10 eine Schaltung zum Parallelbetrieb von drei Kompressoren.

Gemäß Figur 2 besitzt jeder Kompressor eine eigene Druckregelung, die direkt auf die Drosselklappe wirkt. Die Druckregelung kann dadurch im Zeitverhalten so schnell gemacht werden, wie im bekannten System der Durchflußregler.

Die Druckregler sind derart gegeneinander verriegelt, daß nur maximal ein Druckregler auf Automatik geschaltet sein kann. Der andere bzw. die anderen ist bzw. sind auf Hand geschaltet, d. h. passiv, solange kein Handeingriff erfolgt.

Die Lastverteilung wird durch je einen parallelen Lastverteilungsregler (FC) erreicht. Dieser Regler erhält erfindungswesentlich als Istwert nicht den Durchfluß, sondern den Abstand des Arbeitspunktes der Maschine von der Abblaselinie (gemessen im Druck-Durchflußdiagramm).

Diese Größe ist identisch mit der Regeldifferenz  $x_d$  der Pumpgrenzregelung (FSC) und steht dort als Signal zur Verfügung, braucht also nicht gesondert bestimmt oder gemessen werden. Die Bestimmung eines solchen Signals geht z. B. aus der deutschen Patentanmeldung P 26 23 899.3 hervor, in welcher auch ein entsprechendes Druck-Durchflußdiagramm gezeigt wird, welches eine Pumpgrenz- und Abblaselinie sowie Betriebskurven von Turbokompressoren enthält. Im übrigen sind die genannten Begriffe dem Fachmann allgemein bekannt.

Bei einer unsymmetrischen Belastung der Maschinen ist die Regeldifferenz der einen Maschine ( $x_d(A)$ ) anders als die der anderen Maschine ( $x_d(B)$ ). Die Differenz dieser beiden Größen wird als Korrekturgröße (Istwert) den beiden Lastverteilungsreglern aufgeschaltet, und zwar mit unterschiedlichen Vorzeichen. Der Sollwert dieser Regler ist in der Regel auf Null gestellt, er kann jedoch auch andere Werte annehmen, wenn eine Unsymmetrie gewünscht ist.

Der Ausgang der Lastverteilungsregler wirkt additiv auf den Ausgang der Druckregler. Bei einer vorhandenen unterschiedlichen Belastung der Maschinen fährt der eine Lastverteilungsregler die Drosselklappe weiter auf, während der

andere die Klappe der Parallelmaschine(n) im gleichen Maße schließt. Setzt man lineare Kennlinien der Drosselklappen voraus, wird durch diesen Regelvorgang der Gesamtdurchsatz der Maschinen und damit der Enddruck nicht beeinflusst. Bei einer realen Anlage braucht der Druckregler nur die Unsymmetrien der Drosselklappen nachregeln.

Da Druckregler und Lastverteilungsregler dadurch bereits systembedingt entkoppelt sind, können beide gleiches Zeitverhalten erhalten. Bei einer Änderung des Enddruckes führt der Druckregler zunächst die Maschine nach, die auf Automatik steht. Die dadurch bedingte Unsymmetrie in der Maschinenbelastung wird vom Lastverteilungsregler erfaßt, der anschließend alle Maschinen soweit nachführt, bis die Symmetrie wieder erreicht ist.

Im Betrieb der Kompressoren werden gemäß Figur 2 die Ausgänge von Druckregler und Lastverteilungsregler addiert. Dadurch kann diese Summe, d. h. die Stellgröße der Drosselklappe, Werte zwischen 0 und 200% der Nenngröße annehmen. Da die Klappe bereits bei 100% die Endlage erreicht, kann eine erhebliche Übersteuerung eintreten. Dies ist unerwünscht und kann zu erheblichen Betriebsstörungen führen.

Um dies zu verhindern, kann eine Schaltung gemäß Figur 3 eingesetzt werden. Figur 3 zeigt eine solche Nachführschaltung. Es werden Regler eingesetzt, deren Ausgangsgröße auf einen extern einstellbaren Wert begrenzt werden kann. Eine Übersteuerung wird dann verhindert, wenn der Ausgang eines jeden Reglers auf eine Größe begrenzt wird, die der Differenz aus der anderen Stellgröße und 100% entspricht.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, den weiteren Anstieg der beiden Stellgrößen stets dann zu verhindern, wenn die Drosselklappe ihre Endlage erreicht hat. Technisch kann dies entweder durch eine entsprechende Beschaltung der Regler, aber auch gemäß dem Schaltschema entsprechend Figur 4 durch eine Maximalauswahl vor jedem Regler erreicht werden.

Um auch bei Stellgrößen nahe 100% noch eine ausreichende Reglerdynamik zu erhalten und keine unzulässige Begrenzung der Regeldifferenzen für Druckregler und Lastverteilungsregler zu erhalten, wird ein Verstärker eingesetzt.

Die gleiche Funktion läßt sich auch erreichen, wenn den Maximalauswählgeräten bei Erreichen der Endlage (gemeldet durch einen Endschalter oder eine Grenzwertstufe an der Stellgrößensumme) ein Wert null aufgeschaltet wird, während in allen anderen Fällen 100% vorgegeben werden.

Ein grundsätzlich anderer Weg kann beschritten werden, wenn gemäß dem Schaltschema entsprechend Figur 5 der Lastverteilungsregler als Dreipunkt-Schrittreger ausgeführt wird. Übersteigt die Korrekturgröße die im Schrittreger eingestellte Schaltschwelle, wird der nachgeschaltete Integrator solange in die jeweilige Richtung verfahren, bis die Schwelle wieder unterschritten wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

Gleichzeitig wird die Korrekturgröße als zusätzlicher Wert auf die Regeldifferenz des Druckreglers addiert. Der Ausgang des Druckreglers ist auch auf den Nachführeingang des Integrators geschaltet, der Ausgang des Integrators auf den Nachführeingang des Reglers.

Ist der Druckregler auf Automatik geschaltet, wirkt die Korrekturgröße durch diesen Regler auf die Drosselklappe. Der Druckregler verfährt sein Ausgangssignal so lange, bis sowohl Regeldifferenz als auch Korrekturgröße null sind. Der Integrator ist gleichzeitig auf Nachführen geschaltet. Der Schrittreger ist damit unwirksam, der Integrator folgt dem Druckreglerausgang unverzögert.

Ist der Druckregler ausgeschaltet, wird sein Ausgang auf den Integratorausgang nachgeführt. Der Integrator wird vom Schrittreger verstellt, der somit einen direkten Einfluß auf die Drosselklappenstellung nimmt.

Eine Umschaltung erfolgt stoßfrei, da nur jeweils Regler oder Integrator im Eingriff ist und die nicht führende Komponente auf den Ausgang der anderen nachgeführt wird. Dadurch wird auch Übersteuerung verhindert.

Sollen beide Regler auf Handbetrieb geschaltet werden, genügt es, nur den Druckregler auf Hand zu schalten. Damit wird die Drosselklappenstellung nur noch von Hand vorgegeben.

Soll der Druckregler auf Automatik geschaltet sein, der Lastverteilungsregler jedoch auf Hand, muß die Korrekturgröße durch einen Steuereingriff zu null gemacht werden.

Das Zeitverhalten des Lastverteilungsreglers läßt sich entweder durch einen Taktgeber im Ausgang des Schrittgebers oder durch eine einstellbare Zeitkonstante des Integrators einstellen.

Statt des Schrittregers können auch zwei Grenzwertstufen eingesetzt werden.

Eine Unsymmetrie kann durch Addition eines Festwertes auf die Korrekturgröße erreicht werden.

Das erfindungsgemäße, vorstehend beschriebene Verfahren läßt sich auch dann anwenden, wenn mehr als zwei Maschinen installiert sind. Falls von mehreren Maschinen nur jeweils zwei in Betrieb sind, muß durch eine Auswahllogik lediglich sichergestellt werden, daß die Korrekturgröße als Differenz der Regeldifferenzen der beiden laufenden Maschinen auf die jeweiligen Regler geschaltet sind. Ein Schema für die Umschaltung bei drei vorhandenen Maschinen zeigt Figur 6.

Es werden die Korrekturgrößen für jede mögliche Maschinenkombination gebildet ( $x_d(A) - x_d(B)$ ;  $x_d(B) - x_d(C)$ ;  $x_d(A) - x_d(C)$ ). Für jede Maschine gibt es zwei Kombinationen, so daß jeder Druckregler mit zwei Korrekturgrößen beaufschlagt wird. Die Auswahllogik muß die Korrekturgrößen aller unzulässigen Kombinationen zu null machen (Schalter A&A, B&C sowie A&C). Die Korrekturgröße der angewählten Maschinenkombination ist parallel auf die beiden zugehörigen Druckregler geführt. Eine Verriegelung der Druckregler muß sicherstellen, daß

nur jeweils ein Druckregler auf Automatikbetrieb geschaltet sein kann.

In den Eingängen der Lastverteilungsregler werden die unzulässigen Kombinationen durch Logikstufen verriegelt.

Selbstverständlich ist es möglich, auf diese Logikstufen zu verzichten und das Eingangssignal für den Schrittreger hinter den Umschaltern abzugreifen. Dies hat jedoch den Nachteil, daß die zu null geschalteten Signale keine Restspannung haben dürfen, da die Integratoren sonst beeinflusst werden können.

Auf eine Umschaltung kann ganz verzichtet werden, wenn bereits bei der Planung festgelegt werden kann, welche der beiden jeweils in Betrieb befindlichen Maschinen den Druck regelt und welche nachgeführt wird. In diesem Fall braucht die jeweilige analoge Korrekturgröße nur auf den entsprechenden Regler geschaltet zu werden.

Denkbar ist a. B., daß bei den Kombinationen A&B, B&C sowie C&A jeweils die erste den Druck regelt. Ein Parallelbetrieb von drei oder mehr Maschinen ist erfindungsgemäß ebenfalls möglich. Es werden zunächst die Korrekturgrößen für alle denkbaren Kombinationen von jeweils zwei Maschinen gebildet. Die für die vorgegebene Konstellation unzulässigen Kombinationen mit außer Betrieb befindlichen Maschinen werden zu null gemacht. Dem Druckregler einer jeden Maschine werden alle Korrekturgrößen, in denen die Regeldifferenz dieser Maschine vorkommt, vorzeichenrichtig aufaddiert.

Da die Mittelwerte aller Korrekturgrößen stets null ergeben, erfolgt hierdurch eine auf die jeweilige Maschine bezogene gewichtete Mittelwertbildung.

Mit den Eingängen der Lastverteilungsregler wird entsprechend verfahren. Für jede Korrekturgröße gibt es einen eigenen Schrittreger. In seinen Ausgängen werden alle Kombinationen mit außer Betrieb befindlichen Maschinen gesperrt.

Der Ausgang eines jeden Schrittregers wird parallel auf die Integratoren der beiden Maschinen geführt, deren Regeldifferenzen in der Korrekturgröße vorkommen. Auch bei den Schrittregerausgängen ist die Anzahl der Stellbefehle in Richtung steigender Stellbefehle genau so groß wie die in Richtung sinkender. Es wird auch hier ein Mittelwert gebildet, der genau das gewünschte Stellverhalten bewirkt. In Figur 7 wird ein Schaltschema für den Betrieb von drei Maschinen dargestellt, wobei die Auswahlhaltung sowie die weiteren, außer Betrieb befindlichen Maschinen nicht dargestellt sind.

		Beispiel	
Es	wurde	folgender	Betriebspunkt
angenommen			

$$x_d(A) = 50\%, x_d(B) = 40\%, x_d(C) = 30\%$$

Druckregler (PC) A erhält damit eine Korrekturgröße

$$(x_d(A) - x_d(B) + (x_d(A) - x_d(C))) = 30\%$$

Druckregler B erhält

$$- (x_d(A) - x_d(B)) + (x_d(B) - x_d(C)) = 0\%$$

und Druckregler C

$$- x_d(B) - x_d(C) - (x_d(A) - x_d(C)) = - 30\%$$

Integrator A erhält einen + Befehl, Integrator B einen + und einen — befehl und Integrator C einen — Befehl.

Der + und der — Befehl an Integrator B heben sich auf, so daß Maschine B nicht verstellt wird. Eine Lastaufteilung erfolgt durch Verstellung von Maschine A und Maschine C.

Es ist selbstverständlich, daß auch bei drei Maschinen im Parallelbetrieb nur eine auf Druckregelung geschaltet sein darf. Für den Parallelbetrieb von drei Maschinen gelten alle Bemerkungen für den Betrieb von zwei Maschinen entsprechend.

Mit einem entsprechend vergrößerten Schalt- aufwand läßt sich diese Methode auch auf mehr als drei Maschinen anwenden.

Die Methode kann ebenfalls angewendet werden, wenn mehrstufige Maschinen mit Zwischen- einspeisung parallel geschaltet sind und für jede einspeisung (Stufe) eine Lastverteilung gefordert ist.

Eine wesentlich einfachere Schaltung als in Figur 5 bis 7 gezeigt, ist in den Figuren 8—10 dargestellt.

Bei dieser Schaltung wird für jeden Druckregler eine Regeldifferenz "Druckregelung", d. h. Druck- sollwert minus Druckistwert und eine Regeldifferenz Lastverteilungsregelung (Balance- regelung) gebildet. Die Regeldifferenz "Last- verteilungsregelung" enthält analog zu der Besch- reibung alle Korrekturgrößen, die zur aufgaben- gemäßen Verstellung der Drosselklappe erforder- lich sind. Sind Druck- und Lastverteilungsregelung eingeschaltet, addieren sich die beiden Regel- differenzen und ein Abgleich des Reglers erfolgt so lange, bis die Summe aller Differenzen null ist. Soll ein Regler ausgeschaltet werden, wird durch einen Umschaltkontakt die entsprechende Eingangs- gröÙe zu null geschaltet. Während eines solchen Umschaltvorgangs wird der Regler jeweils kurz- zeitig auf Hand geschaltet.

Ein Handeingriff erfolgt durch den Handverstell- eingang am Druckregler. Eine Verriegelung muß sicherstellen, daß die Balanceregler aller parallel betriebenen Maschinen stets gemeinsam ein- zuschalten sind, da sonst Betriebsfälle denkbar sind, bei denen die Regeldifferenz des Druck- reglers den gleichen Betrag, aber umgekehrtes Vorzeichen der Regeldifferenz des Balancereglers hat. Wenn nur ein Regler in Betrieb ist, kann dies zu einem vorgetäuschten Quasiabgleich führen. Ist der parallele Lastverteilungsregler auch in Eingriff, dessen Druckregler bekanntlich ausgeschaltet sein muß, erfolgt hierüber eine Kompensation und eine Befreiung aus dem Quasiabgleich.

Ersichtlicherweise ist durch die erfindungs- gemäÙe Regelung der Betrieb von zwei oder noch einer größeren Anzahl von Turbo-Kompressoren in verbesserter Weise und insbesondere sicherer möglich, ohne daß der regeltechnische Aufwand erheblich wäre. Es kann also von einer idealen Lösung der anstehenden Probleme gesprochen werden.

## 10 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieben von mindestens zwei parallel geschalteten Turbokompressoren, die jeweils zur Verhinderung des Pumpens mit einer Pumpgrenzregelung versehen sind, d. h. daß bei ihnen vor Erreichen der Pumpgrenze beim Erreichen einer zu dieser parallel verlaufenden Abblaselinie durch Öffnen von Abblase- oder Um- blaseventilen sichergestellt wird, daß ein Pumpen vermieden wird, und wobei die Turbokompressoren außerdem gemeinsam von Lastverteilungs- reglern und einzeln von je einem Druckregler gesteuert werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Lastverteilungsregler die Einstellung der Kom- pressoren untereinander derart regeln, daß bei jedem gleiche Abstände des Betriebspunktes gegenüber der Abblaselinie vorliegen, wobei nur einer der Kompressoren von seinem Druckregler gesteuert wird und die übrigen über die Last- verteilungsregelung nachgeführt werden, bei dem von seinem Druckregler gesteuerten Kompressor der Druckregler auf Automatik gestellt wird, während die Druckregler der anderen Kompressoren auf Handbetrieb eingestellt werden und je eine Regeldifferenz der Druckregelung und der Lastverteilungsregelung gebildet wird, diese Regeldifferenzen addiert werden und ein Abgleich solange erfolgt, bis die Summe der Differenzen Null ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1 für Kompressoren mit mehreren Druckstufen, gekennzeichnet durch eine Anwendung bei jeder Druckstufe.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 für zweiflutige Kompressoren, gekennzeichnet durch eine Anwendung für jeden Teilstrom.

## Revendications

1. Procédé pour exploiter au moins deux turbo- compresseurs branchés en parallèle et qui, pour empêcher le pompage, sont chacun munis d'une régulation limite de pompage, c'est-à-dire que dans le cas de ces compresseurs, avant d'atteindre la limite de pompage, et alors qu'est atteinte une ligne d'évacuation parallèle à celle-ci, l'ouverture de soupapes d'évacuation ou d'inversion donne la certitude d'éviter un pompage, ces turbo-com- presseurs étant, en outre, commandés en com- mun par des régulateurs de répartition de la charge et chacun individuellement par un régu- lateur de pression, procédé caractérisé en ce que les régulateurs de répartition de la charge régient l'ajustement des compresseurs entre eux de façon que pour chacun d'eux, il y ait les mêmes inter- valles du point de fonctionnement par rapport à la

ligne d'évacuation, seul un des régulateurs étant  
lors commandé par son régulateur de pression,  
tandis que les autres sont asservis par l'inter-  
médiaire de la régulation de répartition de la  
charge, le régulateur de pression étant positionné  
sur "fonctionnement automatique" dans le cas du  
compresseur commandé par son régulateur de  
pression, tandis que les régulateurs de pression  
des autres compresseurs sont positionnés sur  
"fonctionnement manuel", et il est respective-  
ment déterminé une différence de réglage de la  
régulation de répartition de la charge, ces  
différences étant totalisées et un réglage s'effec-  
tuant jusqu'à ce que la somme de ces différences  
soit nulle.

2. Procédé selon la revendication 1 pour des  
compresseurs comportant plusieurs étages de  
pression, procédé caractérisé en ce qu'il s'appli-  
que à chaque étage de pression.

3. Procédé selon une des revendications 1 ou 2,  
pour compresseur à double flux, procédé carac-  
térisé en ce qu'il s'applique à chaque flux partiel.

#### Claims

1. Method of operating at least two turbo  
compressors which are connected in parallel and  
which are each provided with a pump limiting  
control arrangement to prevent pumping, i.e. so  
that before reaching the pumping limit but when  
reaching a blow-off line which extends parallel

therewith, it is ensured by opening of blow-off or  
of cross-blow valves that pumping is avoided, the  
turbo compressors being furthermore jointly con-  
trolled by load distributing controllers and being  
controlled individually by a respective pressure  
controller, characterised in that the load distrib-  
uting controllers so control the setting of the com-  
pressors in respect of each other that in each the  
operating point is at the same interval from the  
blow-off line, only one of the compressors being  
controlled by its pressure controller, the others  
following on via the load distribution control  
system, that compressor which is controlled by its  
pressure controller having the pressure controller  
set to automatic while the pressure controllers of  
the other compressors are set to manual oper-  
ation, a control differential being in each case  
established between the pressure control  
arrangement and the load distribution control  
arrangement; these control differentials being  
added together and being offset against one  
another until such time as the sum of the differ-  
entials is nil.

2. A method according to Claim 1 for com-  
pressors with a plurality of pressure stages,  
characterised by its application at each pressure  
stage.

3. A method according to one of Claims 1 or 2,  
for twin-flow compressors, characterised by its  
application to each partial flow.

35

40

45

50

55

60

65

6

Fig.1

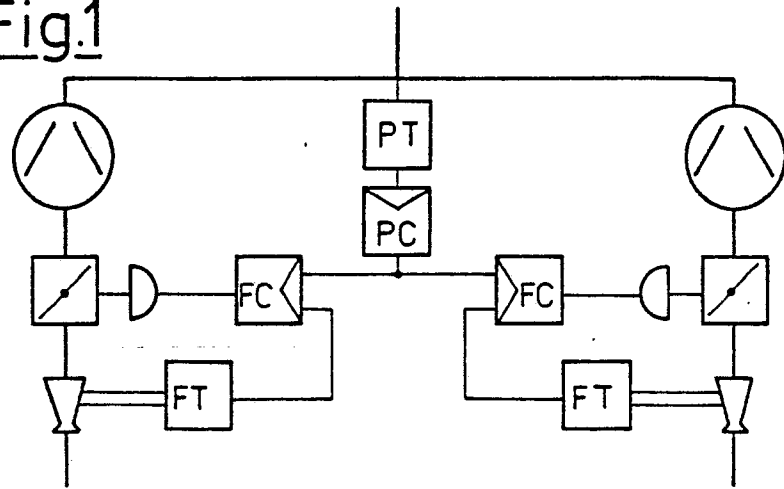


Fig.2

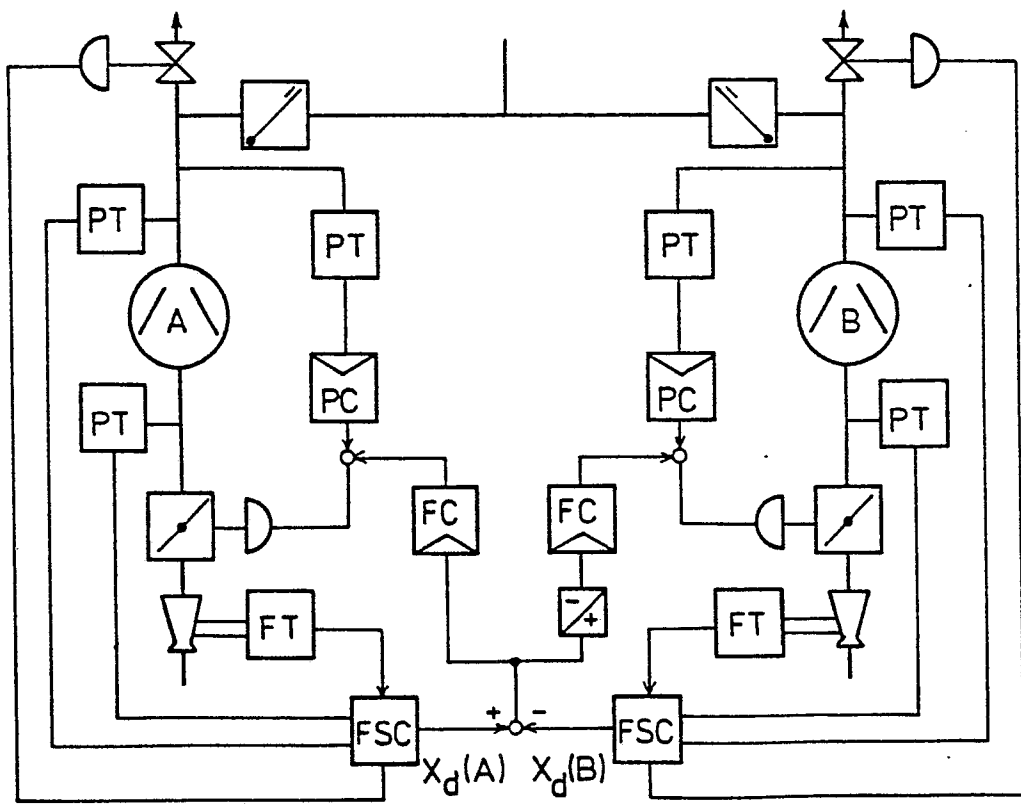


Fig.3

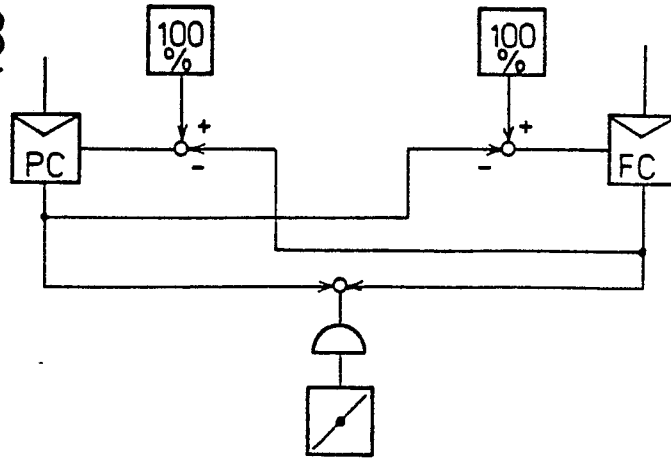


Fig.4

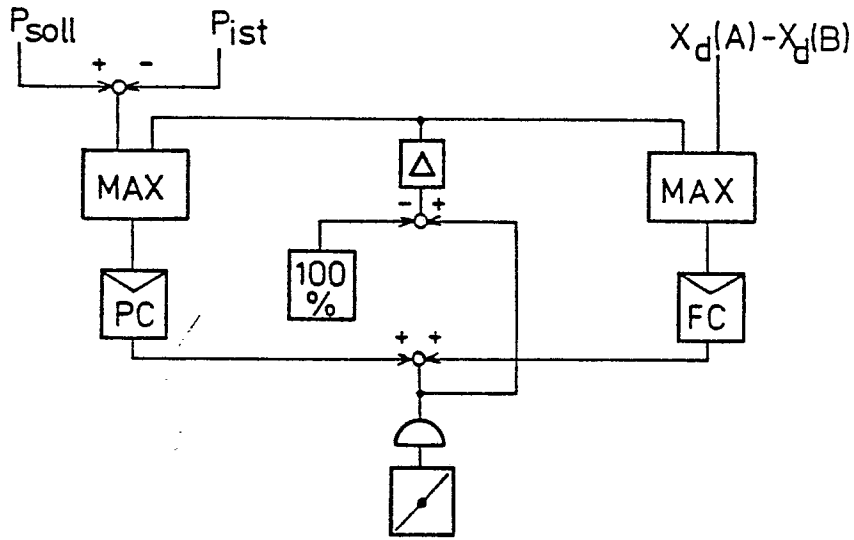


Fig.5

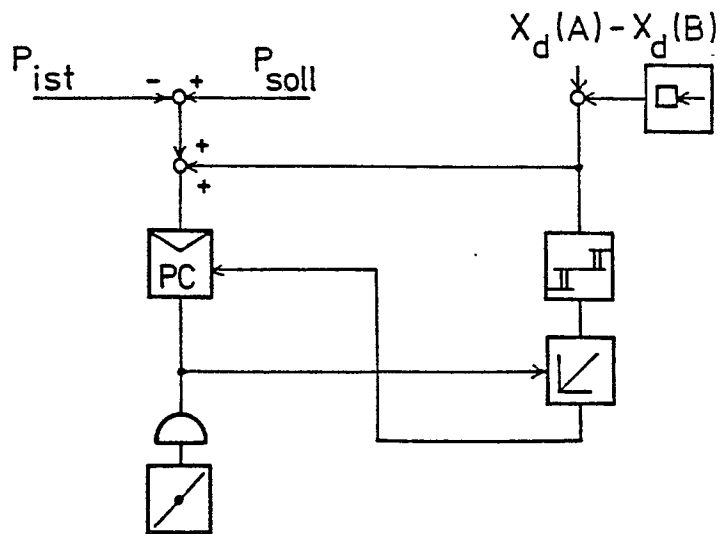


Fig.6

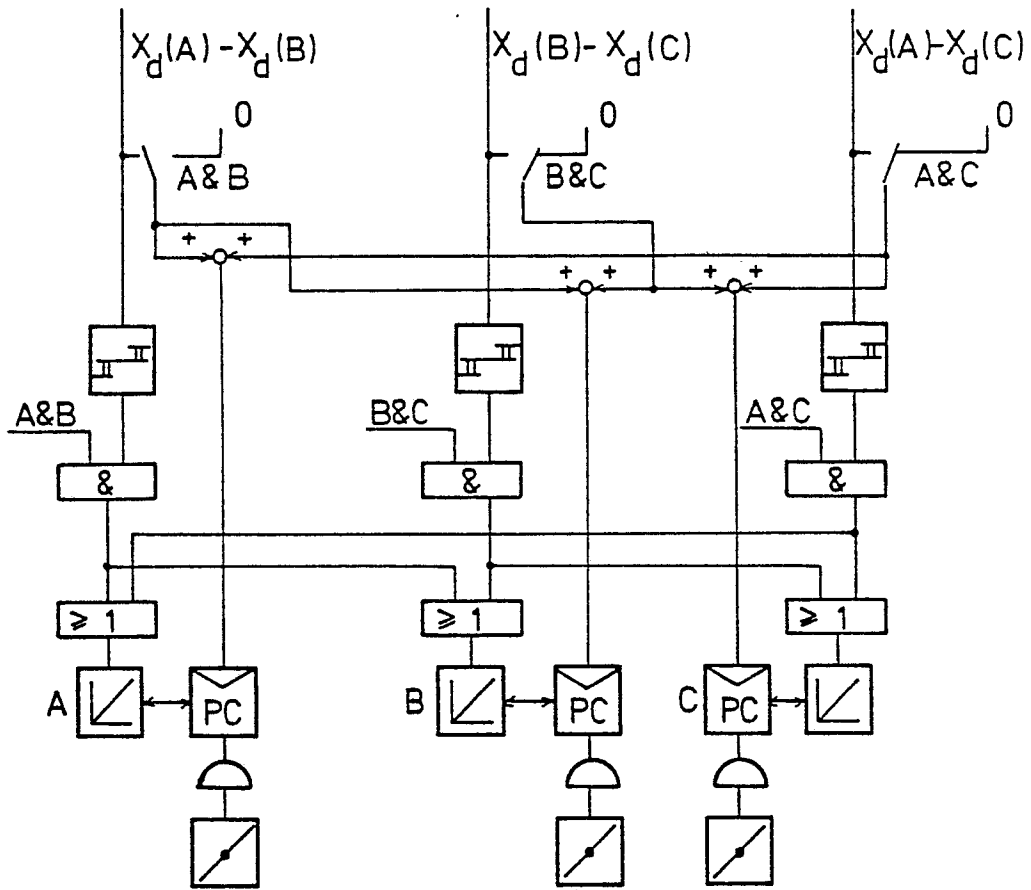


Fig.7

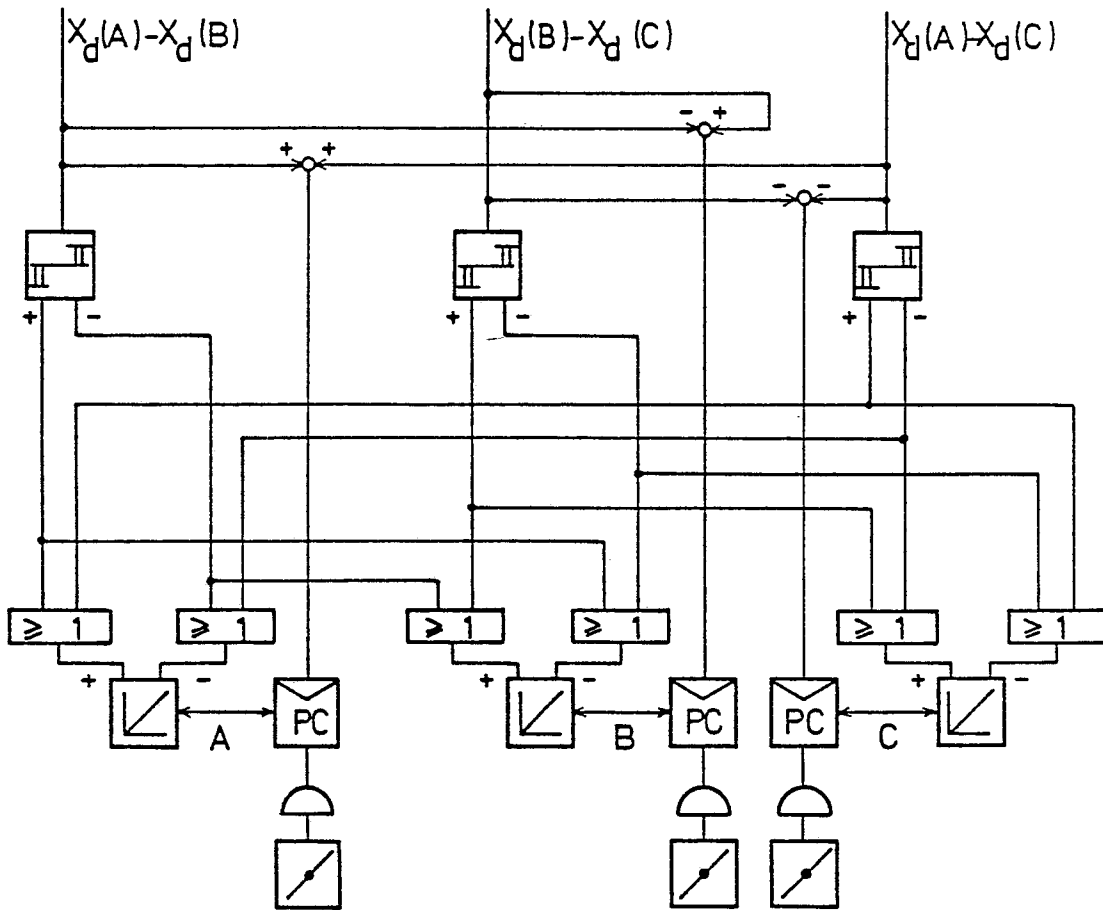


Fig.8

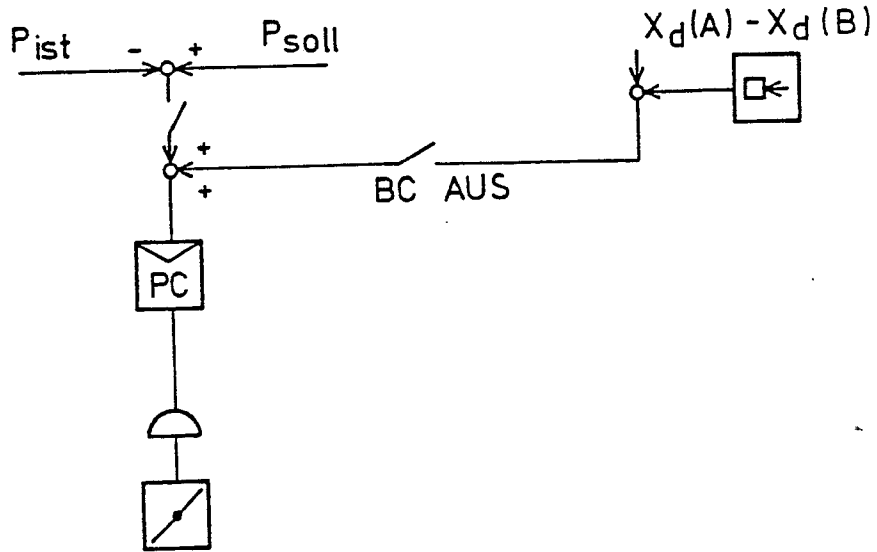


Fig.9'

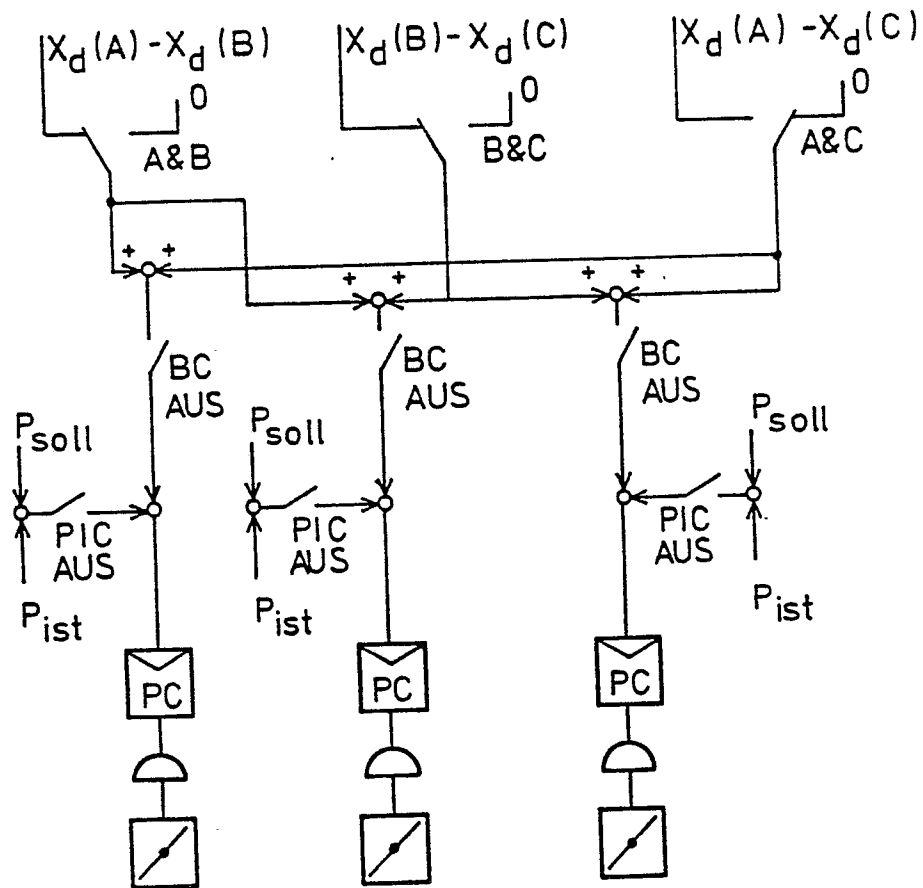


Fig. 10

