



Patent  
aufrechterhalten nach  
§ 12 Abs. 3 ErstrG

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **F 04 B 49/02**

**DEUTSCHES PATENTAMT**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Aufrechterhaltung kann Einspruch eingelegt werden

---

(21) Aktenzeichen:	(22) Anmeldetag:	(44) Veröff.-tag der DD-Patentschrift:	(45) Veröff.-tag der Aufrechterhaltung:
DD F 04 B / 326 303 0	06. 03. 89	04. 07. 90	07. 09. 95

---

(30) Unionspriorität:

—

---

(72) Erfinder: Völzer, Alfred, Dipl.-Ing., 13089 Berlin, DE; Kallmeyer, Hubert, 10247 Berlin, DE; Demant, Astrid, Dipl.-Ing., 12487 Berlin, DE; Dannebauer, Bernd, 10319 Berlin, DE; Pförtner, Volker, Dipl.-Ing., 10317 Berlin, DE

(73) Patentinhaber: Maschinenbau Halberstadt GmbH, Rudolf-Diesel-Str. 50, 38820 Halberstadt, DE

---

**(54) Verfahren zur kontinuierlichen stufenlosen Förderstromveränderung bei kritischen Drehzahlbereichen für drehzahlgeregelte Kolbenverdichter**

---

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
DE-OS 2 000 009    DE-OS 1 628 163    DE-OS 1 428 005    DE-PS 956 867    DE-PS 847 321  
DE-PS 721 745

## Patentansprüche:

1. Verfahren zur kontinuierlichen stufenlosen Förderstromveränderung bei kritischen Drehzahlbereichen für drehzahlgezielte Kolbenverdichter mit direktgekoppelten Antriebsmotoren, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei Erreichen eines kritischen Drehzahlbereiches gleichzeitig zwei Schaltungen parallel erfolgen
  - Öffnen oder Schließen eines Zuschaltchadraumes am Verdichterzylinder mit einer Förderstromveränderung von  $-x\text{ m}^3/\text{h}$  oder  $+x\text{ m}^3/\text{h}$ ,
  - schnelles Durchfahren eines kritischen Drehzahlbereiches bei steigender oder fallender Drehzahl des Verdichters mit einer Förderstromveränderung von  $+x\text{ m}^3/\text{h}$  oder  $-x\text{ m}^3/\text{h}$  und somit bei diesem Drehzahlsprung in beiden Richtungen steigend oder fallend keine Förderstromveränderung zugelassen wird.
2. Verfahren zur kontinuierlichen stufenlosen Förderstromveränderung nach Anspruch 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß bei mehreren kritischen Drehzahlbereichen sich die Schaltungen beim Erreichen jedes einzelnen kritischen Drehzahlbereiches in Reihe geschaltet wiederholen lassen.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Das Verfahren wird angewendet bei drehzahlgeregelten Kolbenverdichtern, bei denen bestimmte kritische Drehzahlbereiche schnell durchfahren werden müssen, um Resonanzspannungsausschläge im Wellensystem zu vermeiden und trotzdem eine kontinuierliche stufenlose Förderstromänderung zu gewährleisten.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Kolbenverdichter mit starrgekoppelten Antriebsmotoren für große und mittlere Förderströme werden als Sondermaschinen in Chemiebetrieben, in Betrieben der Gasfortleitung, der Gaserzeugung, der Gasspeicherung und in Betrieben zur Druckluftversorgung oft mit veränderlichen Förderströmen eingesetzt. In vielen Fällen muß dabei der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos der Gaserzeugung oder dem Gasverbrauch mit zulässigen Druckschwankungen angepaßt werden. Neben den stufenlos oder mit kleinsten Schrittweiten arbeitenden Regelungen für Kolbenverdichter mit konstanter Drehzahl, die alle darauf beruhen, daß mechanische Eingriffe in die im allgemeinen selbsttätig arbeitenden Verdichterventile erfolgen, wurde in neuer Zeit durch die Entwicklung entsprechender elektronischer Bauelemente die elektrische Drehzahlregelung auch bei E-Motoren mittlerer und größerer Leistung ökonomisch möglich. Mit der Einführung dieser drehzahlgeregelten E-Motoren mußten Maßnahmen zur Vermeidung unzulässiger Resonanzschwingungen im Wellensystem ergriffen werden. Dazu werden elastische Kupplungen zwischen E-Motor und Verdichter eingesetzt, um die vom E-Motor herrührenden starken Erregermomente nicht auf die Verdichterwelle zu übertragen. Diese elastischen Kupplungen stellen zusätzliche Verschleißteile dar, müssen entsprechend gewartet werden.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist die Schaffung einer Lösung, die es ermöglicht, mit einem geringen technischen Aufwand eine kontinuierliche stufenlose Förderstromveränderung auch bei kritischen Drehzahlbereichen von drehzahlgeregelten Kolbenverdichtern mit einem starrgekoppelten Antriebsmotor ohne unzulässige Drehschwingungsspannungen im Wellensystem zu erreichen.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß beim Erreichen eines kritischen Drehzahlbereiches nach diesem Verfahren gleichzeitig zwei Schaltungen parallel erfolgen, erstens die an einem Verdichterzylinder durch Öffnen oder Schließen eines Zuschaltchadraumes und zweitens die zum schnellen Durchfahren des erreichten kritischen Drehzahlbereiches bei steigender oder fallender Drehzahl. Diese beiden Schaltungen bewirken in der Summe keine Veränderung des Förderstromes für den Verdichter, da sich beide Förderstromveränderungen  $-x\text{ m}^3/\text{h}$  durch Öffnen des Zuschaltchadraumes und  $+x\text{ m}^3/\text{h}$  durch Drehzahlerhöhung oder  $-x\text{ m}^3/\text{h}$  durch Schließen des Zuschaltchadraumes und  $-x\text{ m}^3/\text{h}$  durch Drehzahlverkleinerung eliminieren. Damit erfolgt im kritischen Drehzahlbereich keine sprunghafte und stufenförmige Förderstromveränderung und somit unzulässige Drehschwingung, alle Drehzahlbereiche werden mit einer angepaßten Drehzahlveränderung nach diesem Verfahren mit der erforderlichen kontinuierlichen stufenlosen Förderstromveränderung ohne unzulässige Drehschwingungsspannungen im Wellensystem des Kolbenverdichters mit starrgekoppelten Antriebsmotor durchfahren. Damit wird die Sicherheit des Wellensystems erhöht, die Anpassung einer geforderten kontinuierlichen stufenlosen Förderstromregelung bei entsprechender Energieeinsparung mit einem geringen Kostenaufwand erreicht und der Einsatz elastischer Kupplungen, die ihrerseits zusätzliche Verschleißteile darstellen, vermieden.

### Ausführungsbeispiel

An einem Ausführungsbeispiel soll die erfindungsgemäße Lösung näher erläutert werden. Das dazugehörige Nomogramm in Fig. 1 zeigt eine Darstellung des Regelbereiches für den Förderstrom eines Kolbenverdichters mit veränderlicher Drehzahl und zwei kritischen Drehzahlbereichen sowie zwei Zuschaltschadraumregelungen an zwei Verdichterzylindern.

Bei einer minimalen Drehzahl von 150 U/min und einem minimalen Förderstrom von 3000 m<sup>3</sup>/h erfolgt die Inbetriebnahme des Kolbenverdichters mit starrgekoppeltem Antriebsmotor im Punkt 1 mit geschlossenen Zuschaltschadräumen an den Verdichterzylindern. Fahrweise bei steigendem Förderstrom von 3000 m<sup>3</sup>/h auf 7500 m<sup>3</sup>/h und einer kontinuierlichen stufenlosen Förderstromveränderung: Von Punkt 1 auf Punkt 2 und 3, das heißt bei einer Drehzahlveränderung von 150 bis 220 U/min kann der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos einer Gasmenge von 3000 bis 4400 m<sup>3</sup>/h angepaßt werden, im Punkt 2 wird der I. kritische Drehzahlbereich bei einer Drehzahl von 220 U/min erreicht, und es erfolgen gleichzeitig zwei parallele Schaltungen, einmal das Öffnen des Zuschaltschadraumes am ersten Verdichterzylinder in einer Zeit von 0,5 Sekunden und das Durchfahren des I. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 2 auf Punkt 3 mit einer Drehzahlerhöhung von 220 auf 240 U/min des Verdichters mit starrgekoppeltem Antriebsmotor in der gleichen Zeit von 0,5 Sekunden. Beim schnellen Durchfahren des I. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 2 auf Punkt 3 in der Zeit von 0,5 Sekunden eliminieren sich beide Förderstromveränderungen  $\Delta \dot{V}_1 = -400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch Öffnen des Zuschaltschadraumes am ersten Verdichterzylinder und  $\Delta \dot{V}_1 = +400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch die Drehzahlerhöhung des Verdichters. Von Punkt 3 auf Punkt 4 und 5, das heißt bei einer Drehzahlveränderung von 240 bis 320 U/min kann der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos einer Gasmenge von 4400 m<sup>3</sup>/h bis 6000 m<sup>3</sup>/h angepaßt werden, im Punkt 4 wird der II. kritische Drehzahlbereich bei einer Drehzahl von 320 U/min erreicht, und es erfolgen wieder gleichzeitig zwei parallele Schaltungen, einmal das Öffnen des Zuschaltschadraumes am zweiten Verdichterzylinder in einer Zeit von 0,5 Sekunden und das Durchfahren des II. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 4 auf Punkt 5 mit einer Drehzahlerhöhung von 320 auf 340 U/min des Verdichters mit starrgekoppeltem Antriebsmotor in der gleichen Zeit von 0,5 Sekunden. Beim schnellen Durchfahren des II. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 4 auf Punkt 5 in der Zeit von 0,5 Sekunden eliminieren sich wieder beide Förderstromveränderungen,  $\Delta \dot{V}_2 = -400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch Öffnen des Zuschaltschadraumes am zweiten Verdichterzylinder und  $\Delta \dot{V}_2 = +400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch die Drehzahlerhöhung des Verdichters. Von Punkt 5 auf Punkt 6, das heißt bei einer Drehzahlveränderung von 340 bis 415 U/min kann der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos einer Gasmenge von 6000 m<sup>3</sup>/h bis zum maximalem Förderstrom von 7500 m<sup>3</sup>/h angepaßt und gefahren werden. Fahrweise bei fallendem Förderstrom von 7500 m<sup>3</sup>/h auf 3000 m<sup>3</sup>/h: Von Punkt 6 auf Punkt 5 und 4, das heißt bei einer Drehzahlveränderung von 415 auf 340 U/min kann der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos einer Gasmenge von 7500 bis 6000 m<sup>3</sup>/h angepaßt werden, im Punkt 5 wird der II. kritische Drehzahlbereich bei einer Drehzahl von 340 U/min erreicht und es erfolgen gleichzeitig zwei parallele Schaltungen, einmal das Schließen des Zuschaltschadraumes am zweiten Verdichterzylinder in einer Zeit von 0,5 Sekunden und das Durchfahren des II. kritischen Drehbereiches von 340 auf 320 U/min des Verdichters mit starrgekoppeltem Antriebsmotor in der gleichen Zeit von 0,5 Sekunden. Beim schnellen Durchfahren des II. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 5 auf Punkt 4 in der Zeit von 0,5 Sekunden eliminieren sich beide Förderstromveränderungen,  $\Delta \dot{V}_2 = +400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch Schließen des Zuschaltschadraumes am zweiten Verdichterzylinder und  $\Delta \dot{V}_2 = -400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch den Drehzahlabfall des Verdichters. Von Punkt 4 auf Punkt 3 und 2, das heißt bei einer Drehzahlveränderung von 320 bis 240 U/min kann der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos einer Gasmenge von 6000 m<sup>3</sup>/h bis 4400 m<sup>3</sup>/h angepaßt werden, im Punkt 3 wird der I. kritische Drehzahlbereich bei einer Drehzahl von 240 U/min erreicht, und es erfolgen wieder gleichzeitig zwei parallele Schaltungen, einmal das Schließen des Zuschaltschadraumes am ersten Verdichterzylinder in einer Zeit von 0,5 Sekunden und das Durchfahren des I. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 3 auf Punkt 2 mit einem Drehzahlabfall von 240 auf 220 U/min des Verdichters mit starrgekoppeltem Antriebsmotor in der gleichen Zeit von 0,5 Sekunden. Beim schnellen Durchfahren des I. kritischen Drehzahlbereiches von Punkt 3 auf Punkt 2 in der Zeit von 0,5 Sekunden eliminieren sich wieder beide Förderstromveränderungen  $\Delta \dot{V}_1 = +400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch Schließen des Zuschaltschadraumes am ersten Verdichterzylinder und  $\Delta \dot{V}_1 = -400 \text{ m}^3/\text{h}$  durch den Drehzahlabfall des Verdichters. Vom Punkt 2 auf Punkt 1, das heißt bei einer Drehzahlveränderung von 220 bis 150 U/min kann der Förderstrom kontinuierlich und stufenlos einer Gasmenge von 4400 m<sup>3</sup>/h bis zum minimalen Förderstrom von 3000 m<sup>3</sup>/h angepaßt und gefahren werden.

Fig.1

