

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 86115703.0

51 Int. Cl.4: F04D 27/02

22 Anmeldetag: 12.11.86

30 Priorität: 12.11.85 DE 3540088

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
20.05.87 Patentblatt 87/21

64 Benannte Vertragsstaaten:  
CH DE FR GB IT LI NL

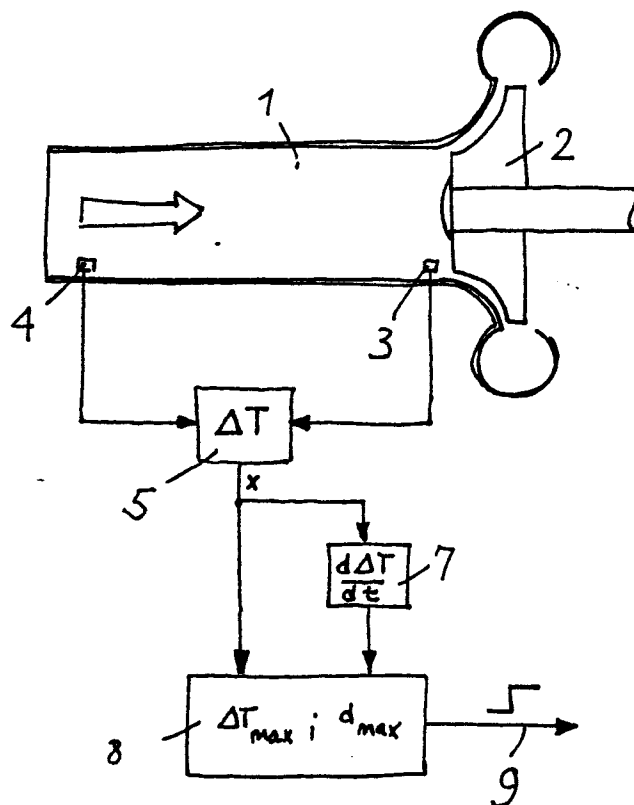
71 Anmelder: **MAN GUTEHOFFNUNGSHÜTTE  
GMBH**  
Bahnhofstrasse, 66 Postfach 11 02 40  
D-4200 Oberhausen 11(DE)

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

74 Vertreter: **Glawe, Delfs, Moll & Partner**  
Patentanwälte  
Postfach 26 01 62 Liebherrstrasse 20  
D-8000 München 26(DE)

54 **Verfahren zur Erfassung von Pumpstößen an Turbokompressoren.**

67 Zum Erfassen eines Pumpstoßes an einem Turbokompressor wird ein Meßsignal, insbesondere die Temperatur am Kompressoreintritt oder die Differenz zwischen in unterschiedlichen Abstand vom Kompressoreintritt gemessenen Temperaturen, einer Differenziation oder einer gleichwertigen Operation unterworfen und dadurch die Signaländerungsgeschwindigkeit bestimmt. Ein Pumpstoß wird angezeigt, wenn die Änderungsgeschwindigkeit und der Absolutbetrag des Signals über vorgegebenen Werten liegen.



EP 0 222 383 A2

## Verfahren zur Erfassung von Pumpstößen an Turbokompressoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erfassung von Pumpstößen an Turbokompressoren von der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art. Ein solches Verfahren, wobei die überwachte Betriebsgröße die Eintrittstemperatur ist, ist aus GB-PS 1 588 945 bekannt.

Als Pumpen bezeichnet man einen Vorgang bei einem Turbokompressor, bei welchem stoßweise bzw. periodisch das Fördermedium von der Druckseite zur Saugseite zurückströmt. Dieser Vorgang tritt bei Betriebszuständen mit zu hohem Druckverhältnis zwischen Aus- und Einlaßdruck bzw. mit zu niedrigem Durchsatzvolumen auf. Da sich das Fördermedium durch die Kompression im Kompressor erwärmt, ist auch das bei einem Pumpstoß zurückströmende Fördermedium heißer als das angesaugte Fördermedium, so daß ein Pumpstoß eine Änderung der Temperaturverhältnisse am Kompressoreinlaß zur Folge hat; gleichzeitig zeigt der Durchfluß, das Druckverhältnis, der Enddruck, die Leistung ein schlagartiges Absinken. Die Temperatur- oder sonstige Änderung kann als Indikator für das Vorliegen eines Pumpstoßes herangezogen werden, um Maßnahmen zur Beseitigung des Pumpens, z.B. das Öffnen eines Abblaseventils, auszulösen.

Der Pumpzyklus eines Kompressors ist mit 0,5 bis 2 Sekunden relativ kurz. Mit üblichen Temperaturfühlern ist es schwierig, diese kurzzeitigen Temperaturänderungen zu erfassen. Außerdem stören die tages- und jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur der angesaugten Luft bei Luftkompressoren oder die prozeßbedingten Ansaugtemperaturschwankungen bei Gaskompressoren. Bei zwischengekühlten Kompressoren haben Kühlwassertemperatur und -menge einen Einfluß. Alle diese Störeinflüsse können dazu führen, daß Pumpstöße nicht rasch genug bzw. bei Änderung der Betriebsbedingungen nicht zuverlässig genug erfaßt werden und daher auch die Gegenmaßnahmen nicht oder zu spät ausgelöst werden.

Gemäß der GB-PS 1 588 945 wird deshalb vorgeschlagen, nicht die Temperaturänderung selbst, sondern deren Änderungsgeschwindigkeit zu erfassen und ein Auslösesignal zu erzeugen, wenn sie einen vorgegebenen Wert übersteigt. Zur Vermeidung von Fehlauslösungen kann zusätzlich noch eine andere Kompressorbetriebsgröße, z.B. die Schaufelradstellung, überwacht werden, um das Auslösesignal nur dann zu erzeugen, wenn für beide Meßgrößen eine Auslösebedingung erfüllt ist. Dazu ist es erforderlich, bauliche Veränderungen

am Kompressor und/oder Gehäuse vorzunehmen, um zusätzliche Sensoren im Kompressor zu positionieren und die Meßleitungen nach außen zu führen.

5 Aus der DE-PS 28 28 124 ist es im Rahmen einer innerhalb der Pumpgrenze arbeitenden Kompressorregelung bekannt, zur Ermittlung der Geschwindigkeit einer Signaländerung das Signal einmal unverzögert und einmal verzögert einer Subtraktionsstelle zuzuführen.

10 Aufgabe der Erfindung ist es, ein zuverlässiges und von Störeinflüssen freies Verfahren zur Erfassung von Pumpstößen anzugeben, für dessen Anwendung keine zusätzlichen baulichen Veränderungen am Kompressor und/oder -gehäuse vorgenommen werden müssen.

15 Die Lösung der Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Die Unteransprüche beziehen sich auf vorteilhafte weitere Ausgestaltungen.

20 Durch die Überwachung nicht nur der Temperaturänderungsgeschwindigkeit, sondern zusätzlich auch der absoluten Temperaturänderung werden Fehlauslösungen, die sich insbesondere durch Rauschen ergeben können, zuverlässig vermieden. Es ergeben sich die Vorteile eines Koinzidenzverfahrens, ohne daß zusätzliche Meßgrößen ermittelt werden müssen.

Ausführungsformen der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert.

30 Fig. 1 zeigt stark vereinfacht das Schema einer Einrichtung zur Erfassung von Pumpstößen und zur Erzeugung eines entsprechenden Signals.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

35 In Fig. 1 ist im Ansaugkanal 1 eines Turbokompressors ein Temperaturfühler 3 unmittelbar vor dem ersten Laufrad 2 und ein anderer Temperaturfühler 4 in etwas größerer Entfernung von dem ersten Laufrad 2 angeordnet. Bei einem Pumpstoß wirkt sich das durch die Laufräder rückströmende heißere Fördermedium hauptsächlich auf den Temperaturfühler 3 aus, während der vom Laufrad 2 entferntere Temperaturfühler 4 im wesentlichen nur der Ansaugströmung ausgesetzt ist und keine Temperaturänderung erfährt. Zusätzlich kann der Temperaturfühler 3 schnell ansprechend und der Temperaturfühler 4 thermisch träge ausgebildet werden.

45 In einem Differenzbildungsglied 5 wird die Temperaturdifferenz  $\Delta T$  aus den von den Temperaturfühlern 3 und 4 erfaßten Temperaturen gebildet. Das Differenzglied 5 ist entbehrlich, wenn die Temperaturfühler 3, 4 Thermoelemente sind, die gegeneinandergeschaltet sind, so daß das Meßsignal der Temperaturdifferenz entspricht. In

einer Differenzierstufe 7 wird diese Temperaturdifferenz differenziert, um die zeitliche Ableitung  $d\Delta T/dt$  zu bilden. In einem Vergleich 8 werden die Werte der Temperaturdifferenz und ihrer zeitlichen Ableitung mit vorgegebenen Grenzwerten  $\Delta T_{\max}$  und  $d_{\max}$  verglichen, und es wird ein ein Pumpstoß anzeigendes Signal in der Ausgangsleitung 9 erzeugt, wenn die beiden Grenzwerte überschritten sind.

In Fig. 2 ist eine alternative Ausführungsform der Erfindung dargestellt. Die Meßgröße  $x$  wird einem Eingang (+) einer Subtraktionsstufe 10b unverzögert, dem anderen Eingang (-) über ein Verzögerungsglied 10a zugeführt. Als Verzögerungsglied 10a ist ein Verzögerungsglied erster Ordnung vorgesehen, in dem, bei einer sprungförmigen Änderung des Eingangssignals, das Ausgangssignal in Form einer Exponentialfunktion zeitverzögert auf den Eingangswert ansteigt. Die Zeitkonstante  $T$ , dieses Anstieges ist einstellbar und bestimmt im wesentlichen das Verhalten der Anordnung 10.

Natürlich können auch Verzögerungsglieder höherer Ordnung oder Laufzeitglieder angewendet werden, bei denen das Ausgangssignal dem Eingangssignal um eine Laufzeit  $T_L$  verzögert folgt.

Das von der Subtraktionsstufe 10b erzeugte Signal ist sowohl von der Änderungsgeschwindigkeit, als auch vom Absolutbetrag der Änderung des Eingangssignals  $x$  abhängig. Schnelle Signaländerungen, verglichen mit der Zeitkonstante  $T$ , bzw. der Laufzeit  $T_L$  wirken sich relativ stark auf das Ausgangssignal aus, langsame Änderungen nur wenig. Im stationären Zustand, d.h. bei konstantem Eingangssignal, ist das Ausgangssignal Null. Zusätzlich ist das Ausgangssignal auch vom Betrag des Eingangssignals  $x$  abhängig, da es, bei schnellen Änderungen, maximal den Wert des Eingangssignals  $x$  annehmen kann. Aufgrund dessen wirken sich Rauschsignale geringer Amplitude auch nur gering auf das Ausgangssignal aus, anders als bei einer reinen Differentiation, bei der nur die Steigerung der Signalfanken berücksichtigt wird.

Hinter der Subtraktionsstufe 10b ist eine Grenzwertstufe 10c vorgesehen, um festzustellen, ob das Ausgangssignal einen vorgesehenen Wert überschreitet und gegebenenfalls ein Auslösesignal zu erzeugen. Kleine Änderungen haben keinen Einfluß auf den Ausgang der Grenzwertstufe, solange der Betrag der Änderungen unterhalb der Schwellenschwelle der Grenzwertstufe liegt. Dadurch wird die Änderung 10 unempfindlich gegen Meßrauschen.

Die Anpassung der Anordnung 10 zur Erfassung von Pumpstößen erfolgt durch Einstellung der Zeitkonstanten  $T$ , und des Grenzwertes der Grenzwertstufe.

Das Verfahren ist auch durchführbar bei Erfassung anderer Meßgrößen, z.B. Durchsatz, Kompressorenddruck, Kompressorausdruck, Leistung, Drehzahl etc. die bei einem Pumpstoß eine rasche Änderung zeigen. So kann statt des Temperaturanstiegs das ebenfalls für einen Pumpstoß charakteristische Absinken des Auslaßdruckes, des Durchsatzes, der Leistung, der Axialposition der Kompressorwelle erfaßt und der Signalverarbeitung zugeführt werden, wobei auch in diesen Fällen die erfindungsgemäße Berücksichtigung sowohl des Änderungsbetrages als auch der Änderungsgeschwindigkeit Anwendung findet.

## Ansprüche

1. Verfahren zur Erfassung von Pumpstößen an Turbokompressoren, bei dem eine Betriebsgröße überwacht, ein dem Ist-Wert der Betriebsgröße entsprechendes Meßsignal erzeugt, und durch eine die Änderungsgeschwindigkeit des Meßsignals erfassende Signalverarbeitung ein einen Pumpstoß anzeigendes Signal erzeugt wird, dadurch **gekennzeichnet**, daß eine sowohl die Änderungsgeschwindigkeit als auch den Absolutwert des Meßsignals erfassende und miteinander verknüpfende Signalverarbeitung durchgeführt wird, und daß das Signal nur dann ausgelöst wird, wenn sowohl die Änderungsgeschwindigkeit als auch der Absolutwert der Änderung der Betriebsgröße über je einem vorgegebenen Wert liegen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß als Betriebsgröße die Temperatur am Kompressor Eingang überwacht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Meßsignal differenziert und einerseits die gemessene Signaländerung und andererseits das differenzierte Signal jeweils mit vorgegebenen Werten verglichen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, daß das Meßsignal einmal unverzögert und einmal verzögert einem Subtraktionsglied zugeführt und die Differenz der beiden Signale mit einem vorgegebenen Wert verglichen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch **gekennzeichnet**, daß die Differenz der Temperaturen an zwei unterschiedlich weit vom ersten Laufrad des Kompressors entfernt liegenden Meßpunkten erfaßt und diese Temperaturdifferenz der Signalverarbeitung unterworfen wird.

