



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 04 585 T2 2004.06.24**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 037 002 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 04 585.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 200 683.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.02.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.09.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **20.08.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.06.2004**

(51) Int Cl.7: **F25B 49/02**
F04B 49/00

(30) Unionspriorität:

270186 15.03.1999 US

(73) Patentinhaber:

Carrier Corp., Syracuse, N.Y., US

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

Kaido, Peter F., Verona, New York 13478, US;

Wessells, Kyle D., Syracuse, New York 13208, US

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Gerät zur Drehmomentsteuerung um den Leistungsbedarf beim Anfahren zu regulieren**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Das Anlaufen eines Verdichters ist ein Übergangszustand, der aus zwei dynamischen Phasen besteht. Die erste Phase oder Anlaufbeschleunigung ist der Übergang vom Stillstand zur Betriebsdrehzahl. Für ein erfolgreiches Anlaufen des Verdichters, d.h. ein rampenförmiges Ansteigen vom Stillstand zur Betriebsdrehzahl, muss das von dem Motor verfügbare Drehmoment, den Drehmomentbedarf erfüllen oder übersteigen. Der Drehmomentbedarf umfasst das Drehmoment auf Grund eines Zylinderdrucks und das zur Beschleunigung benötigte Drehmoment. Während der anfänglichen Rotationsbeschleunigung der Kurbelwelle muss der Motor das Spitzendrehmoment überwinden, das über die gesamte Kurbelwelledrehung auftritt, und er muss genügend Drehmomentleistung übrig haben, um die Kurbelwelle zu beschleunigen. Wird mit einem ausgeglichenen Druck über den Verdichter begonnen, beginnt das Drehmoment auf Grund eines Zylinderdrucks bei 0 foot-pound. Während der Verdichter rotationsmäßig beschleunigt, steigt die Drehmomentlast. Sobald jedoch die Kurbeldrehzahl die Betriebsdrehzahl erreicht, reduziert die Trägheit der bewegten Teile und des Rotors des Verdichters gewissermaßen die Schwankungen des Spitzendrehmoments. Wenn ein Entlasten durch Ansaugabschaltung angewendet wird, erfährt die Kurbel große Spitzendrehmomentwerte auf Grund extremer Druckänderungen in dem Zylinder. Da sich die Kurbel nicht bei voller Drehzahl befindet, ist die Trägheit des Systems nicht groß genug, um die Drehmomentanforderungen auszugleichen. Bei einer begrenzten Stromquelle kann diese extreme Drehmomentanforderung bei hohen Druckzuständen zu groß sein, um überwunden zu werden, beispielsweise solche in Folge einer hohen Umgebungstemperatur. Die zweite Phase umfasst den Übergang von dem Punkt, wenn eine Betriebsdrehzahl erreicht wird, zu einem Punkt, wenn normale Systembetriebsdrücke erzielt werden. Nachdem der Verdichter die Betriebsdrehzahl erreicht hat, muss er die niedrige Seite des Systems abpumpen, d.h. von der Verdichteransaugseite bis zu der Expansionsvorrichtung.

[0002] Bei einem Kühlsystem, beispielsweise einem Transportkühlsystem, das durch einen Generator angetrieben wird, bringen Starts des Kühlverdichters bei hohem Druck/hohem Umgebungstemperatur auf den Generator eine hohe Last auf. Auf Grund von Größeneinschränkungen ist die Ausgangsleistung des Generators begrenzt und ist niedriger als der maximale Bedarf des Verdichters unter schweren Bedingungen. Ein Verdichterbedarf kann mit Verdichterleistungsvorrichtungen kontrolliert werden, welche typischerweise die Strömung von Ansauggas zu den Zylindern des Verdichters blockieren (Ansaugabschaltung) oder Abgabegas in dem Zylinderkopf zurück an die Ansaugung rezirkulieren (Überbrücken bzw. Kurzschließen von heißem Gas; hot gas by-

pass). Ein Überbrücken bzw. Kurzschließen des Abgabegases des gesamten Verdichters an die Ansaugung reduziert übermäßige Drehmomentschwankungen während der anfänglichen Phase des Anlaufens, aber läßt die zweite Phase des Anlaufens, wo die niedrige Seite des Systems ausgepumpt wird, nicht zu. Insbesondere liefert ein Überbrücken von heißem Gas des gesamten Verdichters kein komprimiertes Gas an das System und pumpt demgemäß das System nicht herunter. Die vorliegende Erfindung verwendet ein Entlasten durch Überbrücken von heißem Gas in Verbindung mit einem Drosseln der Saugleitung, um die Drehmomentanforderungen des Verdichters von einer anfänglichen Kurbelbeschleunigung bis zum Herunterpumpen zu reduzieren.

[0003] Kühlsysteme gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 3 sind bekannt, beispielsweise von EP-A-0 718 568.

[0004] Es ist ein Ziel dieser Erfindung, ein Verdichterdrehmoment beim Anlaufen zu begrenzen.

[0005] Gemäß der Erfindung wird dieses Ziel durch ein Verfahren und ein System mit den Merkmalen von Ansprüchen 1 bzw. 3 erreicht.

[0006] Im Wesentlichen ist es während eines Anlaufens mindestens einer Gruppe von Zylindern eines Verdichters erlaubt, Gas zu komprimieren und das komprimierte Gas an das System zu liefern, während mindestens der Großteil der anderen Gruppen einem Heißgas-Überbrücken bzw. -Kurzschluss unterliegt. Der gesamte Verdichter unterliegt einer Ansaugmodulation, derart, dass die Gasmenge, die durch alle in Betrieb befindlichen Gruppen komprimiert und geliefert werden kann, kontrolliert werden kann, und dadurch wird der Leistungs- bzw. Strombedarf des Verdichters kontrolliert.

[0007] Für ein vollständigeres Verständnis der vorliegenden Erfindung soll jetzt auf deren folgende detaillierte Beschreibung Bezug genommen werden, was in Verbindung mit der begleitenden Zeichnung durchgeführt wird, wobei gilt:

[0008] Die Figur ist eine schematische Darstellung eines Kühlsystems, das die vorliegende Erfindung anwendet.

[0009] In der Figur bezeichnet das Referenzzeichen **100** generell ein Kühlsystem, beispielsweise ein Transportkühlsystem. Das Kühlsystem umfasst einen geschlossenen Kühlkreis, der in Serie einen Verdichter **10**, eine Abgabelitung **12**, einen Kondensator **60**, eine Expansionsvorrichtung **70**, einen Verdampfer **80** und eine Saugleitung **14** aufweist. Der Verdichter **10** ist aus einer Mehrzahl von Gruppen gemacht, wobei drei Gruppen **10-1**, **10-2** und **10-3** dargestellt sind. Der Verdichter **10** wird durch einen Motor **40** angetrieben, und der Motor **40** wird wiederum von einer Stromquelle **50**, beispielsweise einem Generator, mit Strom versorgt. Das Kühlsystem **100** ist unter der Kontrolle eines Mikroprozessors **90**, der eine Anzahl von Eingabewerten erhält, beispielsweise die erfasste Umgebungstemperatur, die Kondensatorluft-Eintrittstemperatur, die Zonentemperatur und den Zo-

neneinstellwert. Der Mikroprozessor **90** kontrolliert in Reaktion auf die erfassten Eingabewerte den Verdichter **10** und den Motor **40** und kann die Stromquelle **50** kontrollieren. Das bisher beschriebene System und der bisher beschriebene Betrieb sind allgemein üblich.

[0010] Eine Ansaugleitung **14** zweigt in Pfade **14-1**, **14-2** und **14-3** auf, die mit den Gruppen **10-1**, **10-2** bzw. **10-3** verbunden sind. Ein ein Absperrventil **16** aufweisender Abgabepfad **12-1**, ein Abgabepfad **12-2** bzw. ein ein Absperrventil **17** aufweisender Abgabepfad **12-3** verbinden die Gruppen **10-1**, **10-2** und **10-3** mit der Abgabereinrichtung **12**. Die Gruppe **10-1** hat eine Überbrückung bzw. einen Kurzschluss **10-1a**, die den Pfad **12-1** mit dem Pfad **14-1** verbindet und ein Ein/Aus-Solenoidventil **18** aufweist, das unter der Kontrolle des Mikroprozessors **90** steht. Ähnlich hat die Gruppe **10-3** eine Überbrückung bzw. einen Kurzschluss **10-3a**, die den Pfad **12-3** mit dem Pfad **14-3** verbindet und ein Ein/Aus-Solenoidventil **19** aufweist, das unter der Kontrolle des Mikroprozessors **90** steht. Ein Ansaugmodulationsventil **20** kontrolliert die Strömung in einer Leitung **14** und steht unter der Kontrolle des Mikroprozessors **90**. Das Ventil **20** ist zwischen geschlossen und vollständig offen stufenlos veränderbar und kann, wie dargestellt, ein Solenoidventil sein, welches gepulst wird, wobei die Rate der Impulse und der Dauer von offen/geschlossen variabel sind.

[0011] Wenn ein Kühlsystem abgeschaltet wird, ist es übliche Praxis, den Druck über das System als ein Teil der Abschaltprozedur auszugleichen. Wenn das System abrupt gestoppt wurde, beispielsweise durch einen Fehler der Stromversorgung, verhindert eine Zeitverzögerung einen sofortigen Wiederanlauf, derart, dass ein Druckausgleich stattfinden kann. Der Grund, dass der Druckausgleich gewünscht wird, ist, dass sich die Abgabeventile des Verdichters gegen den Systemdruckeinfluss auf die Ventile plus einer jeglichen Vorspannung an der Ventilstruktur öffnen müssen. Wie oben beschrieben, kann eine Verdichterleistung beim Anlaufen sowie während eines normalen Betriebs kontrolliert werden, aber die Verwendung von Ansaugmodulation und ein Überbrücken von heißem Gas bzw. Heißgas-Kurzschluss werden bei Verdichtern nicht seriell verwendet.

[0012] Angenommen, das Kühlsystem **100** ist abgeschaltet und der Druck über den Verdichter **10** ist ausgeglichen, so wird das Anlaufen des Verdichters **10** in Reaktion auf Zonen-Eingabewerte an den Mikroprozessor **90** oder auf Grund eines Inbetriebbringens des Kühlsystems **100** mit dem Öffnen der Ventile **18** und **19** und mit dem begrenzten Öffnen des Ventils **20** beginnen. Man sollte erkennen, dass die Ventile **18** und **19** nicht geöffnet würden, bis der Systemdruck, wie er durch den Verdichter **10** erfahren wird, niedrig genug ist, um einen Verdichterstrom auf akzeptable Grenzen zu begrenzen. So wird verfahren, weil genügend Kühlmittel zwischen dem Verdichter **10** und der Expansionsvorrichtung **70** sein

kann, um den Verdichter **10** zu überlasten, falls er mit drei Gruppen, sechs Zylindern, unter hohen Systemdrücken arbeitet. Bei geöffneten Ventilen **18** und **19** ist die Druckdifferenz über die Gruppen **10-1** und **10-3** nominal null, wobei keine Arbeit/Verdichtung stattfindet, aber ein Erwärmen des Kühlmittels auf Grund von Reibung und Strömungsverlusten. Die Gruppe **10-2** saugt in dem durch das Öffnen des Ventils **20** und der Leistung der Gruppe **10-2** zugelassene Ausmaß Kühlmittelgas von der Ansaugleitung durch den Pfad **14-2** an, komprimiert das Gas und gibt das komprimierte Gas über den Pfad **12-2** an die Abgabelitung **12** und von dort an den Kondensator **60**, etc., ab. Während die Gruppe **10-2** Gas von der Ansaugleitung **14** ansaugt und es an die Abgabelitung **12** liefert, beginnt das Druckdifferential über den Verdichter **10** auf Grund des Abfallens des Ansaugdrucks sowie auf Grund des Aufbaus eines Abgabedrucks zu steigen. Wenn der Motor **40** auf Drehzahl kommt, d.h., die Kurbelwelle beschleunigt anfänglich rotationsmäßig, und falls der Ansaugdruck niedrig genug ist, um den Verdichterstrom zu begrenzen, werden die Ventile **18** und **19** geschlossen, aber das Ventil **20** ist unverändert. Andernfalls läuft der Verdichter **10** weiterhin mit den geöffneten Ventilen **18** und **19**, bis der Ansaugdruck genügend reduziert ist. Demgemäß, wenn die Ventile **18** und **19** geschlossen sind, komprimieren die Gruppen **10-1**, **10-2** und **10-3** zusammen die gleiche Gasmasse, wie es die Gruppe **10-2** alleine tat, unter der Annahme, dass das Ventil **20** eine ausreichend begrenzte Strömung aufwies. Die Drehmomentanforderungen ändern sich auf Grund des Schließens der Ventile **18** und **19** nicht wesentlich, da die Gruppe **10-2** weniger Arbeit verrichtet. Bei in Betrieb befindlichen Gruppen **10-1**, **10-2** und **10-3** erhöht das Ventil **20** graduell die Kühlmittelmenge, die an den Verdichter **10** geliefert, nachfolgend komprimiert und an das System geliefert wird. Während mehr Kühlmittel verdichtet und an das System abgegeben wird, werden normale Betriebsdrücke erreicht. Das Ventil **20** kann in Reaktion auf eine Anzahl von Zuständen kontrolliert werden. Wie gezeigt, wird der Strom in dem Motor **40** durch einen Stromsensor **42** erfasst, der mit dem Mikroprozessor **90** verbunden ist. Der Mikroprozessor **90** kontrolliert das Ventil **20**, um so das Kühlmittel zu begrenzen, mit dem der Verdichter **10** während des Anlaufens versorgt wird, um so den Strombezug des Motors **40** zu begrenzen, der durch die Stromquelle **50** mit Strom versorgt wird und den Verdichter **10** antreibt. Das Ventil **20** kann auch basierend auf den erfassten Druck gesteuert werden, wo es eine Korrelation zwischen dem Druck und dem Strom gibt, oder es kann zeitlich aufeinander folgend sein, um so einen übermäßigen Strombedarf zu verhindern.

[0013] Von dem Vorangehenden sollte klar sein, dass die Stromaufnahme, die für ein Anlaufen unter Vollast benötigt wird, durch Anlaufen des Verdichters mit nur einer Gruppe, die Gas komprimiert, und in einer begrenzten Weise auf Grund dessen, dass die

Gasversorgung einer Ansaugmodulation unterliegt, vermieden wird. Die anderen Gruppen haben eine Überbrückung von heißem Gas derart, dass die Abgabeventile bei einem Druck öffnen, der nominal gleich dem Ansaugdruck und der Vorspannung der Ventilelemente ist. Nur wenn der Verdichter **10** auf Drehzahl gekommen ist, komprimieren alle Gruppen unter den Begrenzungen der Ansaugmodulation Gas. Komprimieren alle Gruppen, wird die Ansaugmodulation abgeschaltet.

[0014] Diese Erfindung begrenzt den Strom, der benötigt wird, um den Verdichter zu starten und um ihn in einen stationären Zustand zu bringen. Sie begrenzt auch den Strom, der beim Anlaufen unter hohen Umgebungstemperaturzuständen benötigt wird und kontrolliert die Stromanforderungen eines Verdichters in einer Weise, die den Strombedarf reduziert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Drehmomentkontrolle, um den Leistungsbedarf beim Anlaufen eines Kühlsystems mit einem mehrere Gruppen aufweisenden Verdichter zu regulieren,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Begrenzen der Menge an Kühlmittel, die dem Verdichter zugeführt wird, und Überbrücken eines Großteils der Gruppen des Verdichters, derart, dass mindestens eine Gruppe immer zum Ansaugen und Abgeben angeschlossen ist, bevor der Verdichter mit Leistung beaufschlagt wird;

Unterbinden des Überbrückens von allen Gruppen des Großteils von Gruppen, nachdem der Verdichter mit Leistung beaufschlagt ist und auf Betriebsdrehzahl gebracht wurde;

Erhöhen der Menge an Kühlmittel, die dem Verdichter zugeführt wird, wenn alle Gruppen zum Ansaugen und Abgeben angeschlossen sind.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem der Schritt des Unterbindens des Überbrückens aller Gruppen des Großteils von Gruppen nur erfolgt, nachdem ein Ansaugdruck genügend reduziert wurde, um den Leistungsbedarf des Verdichters zu reduzieren.

3. Kühlsystem, aufweisend:

einen eine Mehrzahl von Gruppen aufweisenden Verdichter;

eine Einrichtung zum Antreiben des Verdichters;

eine Ansaugleitung zum Zuführen von Kühlmittel an den Verdichter;

eine Abgabelitung zum Liefern von komprimierten Kühlmittel von dem Verdichter an das System;

eine Einrichtung zum Kontrollieren der Menge von Kühlmittel, die dem Verdichter zugeführt wird, derart, dass dem Verdichter eine begrenzte Menge von Kühlmittel zugeführt wird;

gekennzeichnet durch

eine Einrichtung zum selektiven Überbrücken eines

Großteils der Gruppen des Verdichters, derart, dass mindestens eine Gruppe immer mit der Ansaugleitung und der Abgabelitung verbunden ist; und eine Einrichtung zur Drehmomentkontrolle, um den Leistungsbedarf während des Anlaufens zu regulieren, die eine Einrichtung zum Kontrollieren des Kühlsystems gemäß des Verfahrens von Anspruch 1 aufweist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

