



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.05.2006 Patentblatt 2006/22

(51) Int Cl.:
F04B 49/02 (2006.01) F04B 49/20 (2006.01)
F04B 53/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05025299.8

(22) Anmeldetag: 19.11.2005

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: 29.11.2004 DE 102004057467

(71) Anmelder: Diehl AKO Stiftung & Co. KG
88239 Wangen (DE)

(72) Erfinder: Zeh, Stefan
88239 Wangen (DE)

(74) Vertreter: Diehl Patentabteilung
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstrasse 49
90478 Nürnberg (DE)

(54) Startverfahren für einen Kolbenverdichter

(57) Es werden ein effektives und einfach zu realisierendes Verfahren zum Starten eines Kolbenverdichters (1) sowie ein zur Durchführung des Verfahrens geeigneter Kolbenverdichter (1) angegeben. Dabei ist vorgesehen, einen Kolben (2) des Kolbenverdichters (1) in einer Rücksetzphase (15) unter Aufbringung eines Rücksetzantriebsmoments (A_R) in Richtung auf einen Kompressionspunkt (S_K) der Kolbenstellung (S) anzutreiben, wobei das Rücksetzantriebsmoment (A_R) solange auf-

rechterhalten wird, bis der Kolbenverdichter (1) infolge von Fluidverdrängung aus dem zwischen dem Kolben (2) und einem korrespondierenden Druckzylinder (3) gebildeten Kompressionsraum (9) durch mindestens eine Leckstelle (16) unter Überschreitung eines Beharrungspunktes (S_b, S'_b) eine Startposition (S_{IV}) erreicht hat. In einer nachfolgenden Beschleunigungsphase (16) wird der Kolben dann aus der Startposition (S_{IV}) mit einem Startantriebsmoment (A_S) in einer Betriebsdrehrichtung (B) beschleunigt.

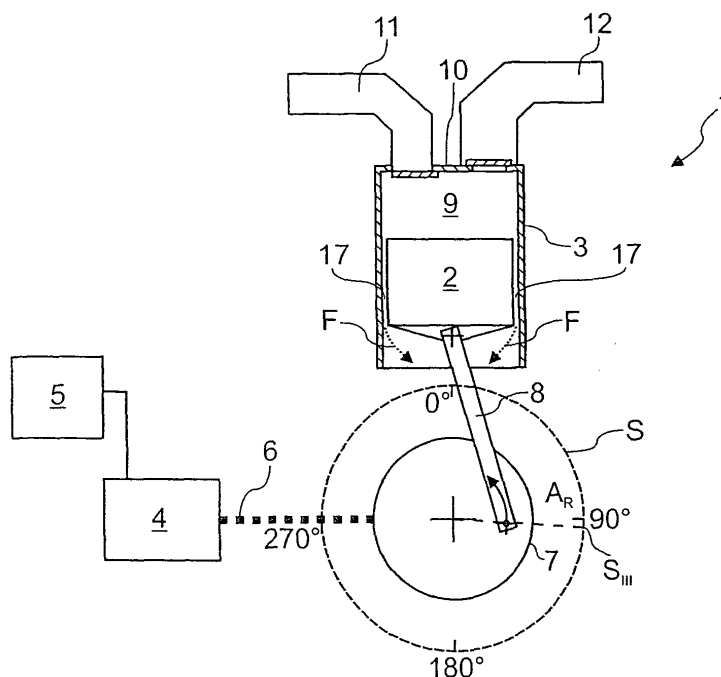


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Starten eines Kolbenverdichters. Die Erfindung bezieht sich des Weiteren auf einen nach dem genannten Verfahren arbeitenden Kolbenverdichter.

[0002] Ein Kolbenverdichter weist üblicherweise mindestens einen Kolben auf, der mittels eines Motors in einem Druckzylinder derart bewegbar ist, dass das Volumen eines zwischen dem Druckzylinder und dem Kolben gebildeten Kompressionsraums im Zuge der Kolbenbewegung periodisch expandiert und komprimiert wird. Während der Expansionsphase wird hierbei ein komprimierbares Fluid, insbesondere ein Kältemittel wie z.B. R600a, durch ein in dem Druckzylinder vorgesehene Einlassventil in den Kompressionsraum angesaugt. Das angesaugte Fluid wird während der anschließenden Kompressionsphase komprimiert und unter erhöhtem Druck durch ein Auslassventil des Druckzylinders ausgestoßen. Diejenige Kolbenstellung, die den Übergang von einer Kompressionsphase in eine nachfolgende Expansionsphase kennzeichnet, ist nachfolgend als Kompressionspunkt bezeichnet. Diejenige Kolbenstellung, die den Übergang zwischen einer Expansionsphase und einer nachfolgenden Kompressionsphase kennzeichnet, ist analog hierzu als Expansionspunkt bezeichnet.

[0003] Die Bezeichnung Kolbenverdichter bezieht sich sowohl auf einen Hubkolbenverdichter als auch auf einen Rotations- oder Rollkolbenverdichter. Bei einem Hubkolbenverdichter ist der Kolben in dem Druckzylinder linear beweglich. Der Kolben eines solchen Hubkolbenverdichters wird üblicherweise über einen rotierenden Exzenter angetrieben. Bei einem Rotationskolbenzylinder ist der Kolben dagegen direkt über eine Antriebswelle drehangetrieben und rotiert bezüglich des Druckzylinders. Ohne Beschränkung auf eine dieser beiden Bauformen wird nachfolgend als Maß für die Kolbenstellung die Drehstellung der Antriebswelle bzw. des Exzenters herangezogen, so dass auch die Bezugnahme auf eine bestimmte Kolbenstellung eines Hubkolbenverdichters in Form einer Winkelangabe erfolgt. Der Ablauf einer Expansionsphase und einer anschließenden Kompressionsphase, der in der Regel einer Volldrehung der Antriebswelle bzw. des Exzenters um 360° entspricht, wird als Arbeitszyklus des Kolbenverdichters bezeichnet.

[0004] Im Betrieb eines Kolbenverdichters tritt ein mit dem Arbeitszyklus periodisch schwankendes Lastmoment auf, das in der Regel im Verlauf der Kompressionsphase ein ausgeprägtes Maximum (nachfolgend als Lastspitze bezeichnet) durchläuft. Es ist üblich, einen elektronisch geregelten Kolbenverdichter derart auszuliegen, dass das Maximalantriebsmoment des Motors den während der Lastspitze auftretenden Maximalwert des Lastmoments unterschreitet. Im Betrieb wird die Lastspitze durch die Trägheit des Kolbenverdichters, d.h. durch die in einer Schwungmasse gespeicherte kinetische Energie, überwunden.

[0005] Beim Start eines Kolbenverdichters ist der hier-

für nötige Schwung nicht vorhanden, so dass ein gewöhnlicher Kolbenverdichter aus eigener Kraft häufig nicht, oder zumindest nicht aus jeder Kolbenstellung, gestartet werden kann. Um den Schwungweg zu erhöhen und somit den Selbststart zu erleichtern, wird bisweilen der Kolben eines Kolbenverdichters vor dem eigentlichen Startvorgang entgegen einer Betriebsdrehrichtung zurückgedreht. Bei einem herkömmlichen Kolbenverdichter wird dieses Zurückdrehen des Kolbens spätestens bei einer Kolbenstellung beendet, bei welcher das Maximalantriebsmoment des Motors dem einer weiteren Kompression entgegenstehenden Lastmoment entspricht. Diese Kolbenstellung wird nachfolgend als Beharrungspunkt bezeichnet.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, mittels welchem bei einem Kolbenverdichter auf einfache Weise ein verbessertes Startverhalten erzielt wird. Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, einen zur Durchführung des genannten Verfahrens geeigneten Kolbenverdichter anzugeben.

[0007] Bezüglich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Danach ist vorgesehen, zunächst in einer Rücksetzphase den Kolben eines Kolbenverdichters unter Aufbringung eines Rücksetzantriebsmoments in Richtung auf einen Kompressionspunkt der Kolbenstellung anzutreiben, und das Rücksetzantriebsmoment so lange aufrechtzuerhalten, bis der Kolben unter Überschreitung eines Beharrungspunktes eine Startposition erreicht hat. Hierbei wird gezielt mindestens eine Leckstelle des Kolbenverdichters ausgenützt, durch welche das im Zuge der Rücksetzphase komprimierte Fluid aus dem Kompressionsraum entweicht, so dass sich die Kolbenstellung über den Beharrungspunkt hinaus der Startposition sukzessive annähert. In einer auf das Erreichen der Startposition folgenden Beschleunigungsphase wird der Kolben dann aus der Startposition mit einem Startantriebsmoment in eine Betriebsdrehrichtung beschleunigt. Als Leckstelle wird insbesondere das bei einem Kolbenverdichter baubedingt stets vorhandene Kolben-Zylinder-Spiel ausgenützt.

[0008] Mit dem vorstehend beschriebenen Verfahren wird bei einem Kolbenverdichter auf einfache Weise ein besonders langer Beschleunigungsweg zur Aufnahme der zur Überwindung der Lastspitze erforderlichen kinetischen Energie erzielt. Das Antriebssystem des nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitenden Kolbenverdichters kann hierdurch auf ein vergleichsweise kleines Maximalantriebsmoment ausgelegt werden. Hierdurch werden in entscheidendem Maße Herstellungskosten eingespart.

[0009] Das Rücksetzantriebsmoment ist bevorzugt der Betriebsdrehrichtung entgegengerichtet, so dass der Kolbenverdichter während der Rücksetzphase entgegen der Betriebsdrehrichtung zurückgedreht wird. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn infolge der Bauart des Kolbenverdichters bei Rückwärtsdrehung ein geringeres

Lastmoment und/oder eine höhere Leckrate auftritt als bei entsprechender Vorwärtsdrehung. Insbesondere bei einem Hubkolbenverdichter verhalten sich die Leckrate und der Verlauf des Lastmoments in der Regel symmetrisch bezüglich einer Umkehr der Drehrichtung. In diesem Fall kann der Kolben während der Rücksetzphase äquivalenterweise auch in Betriebsdrehrichtung angetrieben werden.

[0010] Um während der Beschleunigungsphase einen möglichst langen Beschleunigungsweg zu erzielen, ist die Startposition bevorzugt derart gewählt, dass sie in der Umgebung des Kompressionspunkts liegt oder diesem in Betriebsdrehrichtung gesehen geringfügig vorge-lagert ist. Zweckmäßigerweise liegt die Startposition insbesondere in einem Winkelbereich von $\pm 30^\circ$ um den Kompressionspunkt.

[0011] Bezüglich des Kolbenverdichters wird die oben genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 6. Der Kolbenverdichter umfasst danach einen mittels eines Antriebssystems in einem Druckzylinder bewegbaren Kolben. Das Antriebssystem umfasst einen über eine Antriebswelle auf den Kolben wirkenden elektrischen Motor und eine diesen ansteuernde elektronische Steuereinheit. Die Steuereinheit ist hierbei zur Ansteuerung des Motors gemäß dem vorstehend beschriebenen Verfahren ausgebildet. Die Steuereinheit ist dabei insbesondere dazu ausgebildet, während der Rücksetzphase den Motor derart anzusteuern, dass der Kolben unter Wirkung des Rücksetzantriebsmoments in Richtung auf den Kompressionspunkt angetrieben wird und das Rücksetzantriebsmoment so lange aufrechtzuerhalten, bis der Kolben eine Startposition erreicht hat. Die Steuereinheit ist weiterhin dazu ausgebildet, den Motor während der Beschleunigungsphase derart anzusteuern, dass der Kolben aus der Startposition heraus unter Wirkung des Startantriebsmoments in Betriebsdrehrichtung beschleunigt wird.

[0012] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 bis 4 jeweils in schematischer Schnittdarstellung einen Kolbenverdichter in vier aufeinander folgenden Kolbenstellungen während des Startvorgangs des Kolbenverdichters,
- Fig. 5 in einem schematischen Diagramm einen charakteristischen Verlauf des im Betrieb des Kolbenverdichters gemäß Fig. 1 auftretenden Lastmoments in Abhängigkeit der Kolbenstellung und
- Fig. 6 in Darstellung gemäß Fig. 5 den Verlauf des Lastmoments während des Startvorgangs.

[0013] Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0014] Der in den Fig. 1 bis 4 schematisch dargestellte Kolbenverdichter 1 ist als Hubkolbenverdichter ausgebildet. Der Kolbenverdichter 1 umfasst einen Kolben 2, der in einem Druckzylinder 3 linear (in gemäß Fig. 1 senkrechter Richtung) verschiebbar ist. Zum Antrieb des Kolbens 2 ist ein elektrischer Motor 4 vorgesehen, der insbesondere als Permanentmagnet-Synchronmotor ausgebildet und mittels einer elektronischen Steuereinheit 5 angesteuert ist. Der Motor 4 wirkt über eine lediglich angedeutete Antriebswelle 6 auf einen Antriebsexzenter 7, der wiederum über eine Pleuelstange 8 gelenkig mit dem Kolben 2 verbunden ist, so dass in bekannter Weise eine Drehbewegung des Antriebsexzenters 7 in eine lineare Schwingungsbewegung des Kolbens 2 umgesetzt wird.

[0015] Durch den Druckzylinder 3 und den Kolben 2 wird ein Kompressionsraum 9 begrenzt, in welchen an einem von dem Kolben 2 abgewandten Zylinderboden 10 des Druckzylinders 3 ein Einlass 11 und ein Auslass 12 für ein zu komprimierendes Fluid F münden. Bei dem Fluid F handelt es sich bevorzugt um ein Kältemittel, z.B. R600a.

[0016] An der jeweiligen Mündung des Einlasses 11 bzw. Auslasses 12 in den Kompressionsraum 9 ist ein Einlassventil 13 bzw. Auslassventil 14 vorgesehen, das, je nach Ventilstellung den Einlass 11 bzw. Auslass 12 fluiddicht sperrt oder freigibt. Jedes Ventil 13 bzw. 14 ist als Klappe ausgebildet, die durch eine elastische Kraft, insbesondere eine Feder, oder durch elastische Ausbildung der Klappe selbst in einer geschlossenen Ruhestellung vorgespannt ist. Jedes Ventil 13 bzw. 14 öffnet und schließt nach Art eines Rückschlagventils selbsttätig unter Wirkung eines entsprechenden Druckgradienten des Fluids F. Das Einlassventil 13 öffnet hierbei, wenn im Kompressionsraum 9 gegenüber dem Einlass 11 ein hinreichender Unterdruck herrscht. Analog öffnet das Auslassventil 14, wenn in dem Kompressionsraum 9 gegenüber dem Auslass 12 ein hinreichender Überdruck herrscht.

[0017] Das Volumen des Kompressionsraums 9 variiert in Abhängigkeit der Kolbenstellung S. Als Maß für die Kolbenstellung S wird hierbei die Dreh- oder Winkelstellung der Antriebswelle 6 und des mit dieser drehfest verbundenen Antriebsexzenters 7 herangezogen. Bei einer Kolbenstellung $S = 0^\circ$ ist der Kolben 2 maximal in den Druckzylinder 3 hineingefahren, und das Volumen des Kompressionsraums 9 somit minimiert. Bei einer Kolbenstellung $S = 180^\circ$ ist der Kolben 2 entsprechend maximal aus dem Druckzylinder 3 herausgezogen, und das Volumen des Kompressionsraums 9 somit maximiert. Unter Drehung des Antriebsexzenters 7 in einer in Fig. 1 angedeuteten Betriebsdrehrichtung B entspricht eine Änderung der Kolbenstellung S von 0° auf 180° einer Expansionsphase E (Fig. 5), im Zuge derer der Kompressionsraum 9 expandiert, und somit Fluid aus dem Einlass 11 angesaugt wird. Eine Änderung der Kolbenstellung S von 180° auf $360^\circ = 0^\circ$ entspricht einer Kompressionsphase K (Fig. 5), während derer das in dem Kompressionsraum 9 enthaltene Fluid F verdichtet und durch den

Auslass 12 ausgestoßen wird. Der einer Kolbenstellung $S = 0^\circ$ entsprechende Beginn der Expansionsphase E wird als Kompressionspunkt S_k bezeichnet, der einer Kolbenstellung $S = 180^\circ$ entsprechende Beginn der Kompressionsphase K wird als Expansionspunkt S_e bezeichnet. Eine Voldrehung des Antriebsexzenter 7, d.h. eine Änderung der Kolbenstellung S von 0° auf 360° wird als Arbeitszyklus des Kolbenverdichters 1 bezeichnet. Der Arbeitszyklus umfasst somit die Expansionsphase E und die darauf folgende Kompressionsphase K.

[0018] Während des Betriebs des Kolbenverdichters 1 tritt - im Wesentlichen bedingt durch den veränderlichen Fluidruck im Kompressionsraum 9 - ein von dem Kolben 2 auf den Antriebsexzenter 7 ausgeübtes Lastdrehmoment (im Folgenden kurz als Lastmoment L bezeichnet) auf, das einem von dem Motor 4 auf den Antriebsexzenter 7 ausgeübten Antriebsdrehmoment (im Folgenden kurz als Antriebsmoment A bezeichnet) entgegenwirkt.

[0019] Wie in Fig. 5 exemplarisch dargestellt ist, variiert das Lastmoment L in Abhängigkeit der Kolbenstellung S periodisch. Unter gewöhnlichen Betriebsbedingungen ist der Betrag des während der Expansionsphase E auftretenden Lastmoments L gering, während das Lastmoment L im Verlauf der Kompressionsphase K ein ausgeprägtes Maximum durchläuft, das nachfolgend als Lastspitze P bezeichnet ist. Ein Maximallastmoment $L_{\max}$ wird im Bereich der Lastspitze P etwa bei einer Kolbenstellung von $S \approx 270^\circ$ erreicht.

[0020] Der Motor 4 ist derart ausgelegt, dass ein auf den Antriebsexzenter 7 ausübbares Maximalantriebsmoment $A_{\max}$ kleiner als das Maximallastmoment $L_{\max}$ ist. Demzufolge existiert eine Kolbenstellung S , an welcher das Lastmoment L das Maximalantriebsmoment $A_{\max}$ gerade überschreitet, so dass die Motorleistung zu einer weiteren Kompression nicht mehr ausreicht. Dieser so genannte Beharrungspunkt S'_b tritt in der Umgebung der Lastspitze P, d.h. bei einem Antrieb des Kolbens 2 in Betriebsrichtung B bei einer 270° geringfügig unterschreitenden Kolbenstellung S auf.

[0021] Bei einem Antrieb des Kolbens 2 entgegen der Betriebsdrehrichtung B tritt bei dem Kolbenverdichter 1 ein im Wesentlichen bezüglich des Kompressionspunktes S_k symmetrisch gespiegeltes Lastmoment L' (in Fig. 3 als gepunktete Linie angedeutet) mit einer zugehörigen Lastspitze P' auf. Bei Rückwärtsdrehung wird ein entsprechender Beharrungspunkt S'_b bei einer 90° geringfügig übersteigenden Kolbenstellung S erreicht.

[0022] Im Betrieb des Kolbenverdichters 1 wird der Beharrungspunkt S_b , und damit die Lastspitze P unter Ausnutzung der kinetischen Energie des Kolbenverdichters 1 überwunden. Diese kinetische Energie steht beim Start des Kolbenverdichters 1 jedoch noch nicht zur Verfügung, so dass der Kolbenverdichter 1 aus einer exemplarisch in Fig. 1 dargestellten initialen Kolbenstellung S_I aus eigener Kraft nicht direkt gestartet werden kann. Zur Verbesserung des Startverhaltens des Kolbenverdichters 1 dient das nachfolgend anhand der Fig. 2 bis 4

sowie 6 näher beschriebene Verfahren.

[0023] Der Startvorgang des Kolbenverdichters 1 ist danach gegliedert in eine Rücksetzphase 15 (Fig. 6) sowie eine anschließende Beschleunigungsphase 16 (Fig. 6). Während der Rücksetzphase 15 wird der Kolben 2 aus der initialen Kolbenstellung S_I , entgegen der Betriebsdrehrichtung B mit geringem Antriebsmoment zurückgedreht, bis hinsichtlich der Kolbenstellung S eine Startposition S_{IV} (Fig. 4) erreicht ist. Der Kolbenverdichter 1 durchläuft hierbei die in den Fig. 2 und 3 dargestellten Kolbenstellungen S_{II} bzw. S_{III} .

[0024] Kennzeichen des erfindungsgemäßen Verfahrens ist, dass die Startposition S_{IV} in der Umgebung des Kompressionspunktes S_k , und hierbei insbesondere zwischen den Beharrungspunkten S_b und S'_b gewählt ist, so dass während der Rücksetzphase 15 bei Zurückdrehung des Kolbens 2 der Beharrungspunkt S'_b überwunden werden muss. Ebenso müsste, wenn der Kolben 2 durch eine Vorwärtsdrehung in die Startposition S_{IV} bewegt werden sollte, der Beharrungspunkt S_b überwunden werden.

[0025] Die Überwindung des Beharrungspunktes S'_b gelingt, indem durch den Motor 4 während der Rücksetzphase 15 ein Rücksetzantriebsmoment A_R ausgeübt wird, das auch und gerade dann aufrecht erhalten wird, wenn der Beharrungspunkt S'_b erreicht bzw. überschritten ist. Dies wird technisch realisiert, indem das Statorfeld des Motors 4 für eine vorgegebene Zeitspanne mit einer geringen Winkelgeschwindigkeit zurückgedreht wird.

[0026] Hierbei werden gezielt Leckstellen des Kompressionsraums 9 ausgenutzt, die baubedingt, insbesondere durch das stets in gewissem Umfang vorhandene Kolben-Zylinder-Spiel gegeben sind. Bei Aufrechterhaltung des Rücksetzantriebsmoments A_R entweicht, entgegen dem gewöhnlichen Betriebsverhalten des Kolbenverdichters 1, durch diese Leckstellen 17 in nennenswertem Umfang Fluid F (Fig. 3), so dass bei stationären Lastverhältnissen das Volumen des Kompressionsraums 9 weiter verringert wird und sich hierdurch die Kolbenstellung S über den Beharrungspunkt S'_b hinweg an den Kompressionspunkt S_k annähert. Die Lastspitze P' wird auf diese Weise quasi "durchtunnelt".

[0027] Je nach Bauart des Kolbenverdichters 1 können zusätzlich oder alternativ zu den durch das Kolben-Zylinder-Spiel gegebenen Leckstellen 17 auch eine gegebenenfalls den Kompressionsraum 9 mit dem Einlass 11 verbindende Leckstelle herangezogen werden. Zusätzlich oder alternativ zu baubedingten Leckstellen 17 kann auch eine künstliche Leckstelle, z.B. in Form einer dünnen, das Einlassventil 13 umgehenden Bypassleitung vorgesehen sein. Dies ist insbesondere sinnvoll, wenn ein Entweichen des Fluids F an die Umwelt vermieden werden soll.

[0028] Die genaue Lage der Startposition S_{IV} hängt geringfügig von der initialen Kolbenstellung S_I ab. Die Motoransteuerung während der Rücksetzphase 15 ist hierbei derart ausgelegt, dass die Startposition S_{IV} stets

in einem Winkelbereich von $\pm 30^\circ$ um den Kompressionspunkt S_k liegt und bei einer initialen Kolbenstellung S_1 von ca. 180° im Wesentlichen mit dem Kompressionspunkt S_k übereinstimmt. Als zweckmäßig zur geeigneten Dimensionierung des Rücksetzantriebsmoments A_R hat sich eine Motoransteuerung erwiesen, bei der das Statorfeld des Motors 4 für eine vorgegebene Zeitspanne zwischen 3 und 30 Sekunden mit einer Winkelgeschwindigkeit zwischen 1 und 10 Umdrehungen pro Minute, insbesondere für ca. 20 Sekunden mit ca. 4 Umdrehungen pro Minute, zurückgedreht wird.

[0029] Nach Erreichen der Startposition S_{IV} wird im Zuge der Beschleunigungsphase 16 ein Startantriebsmoment A_S auf den Antriebsexzenter 7, und somit auf den Kolben 2, ausgeübt, das in Betriebsdrehrichtung B wirkt und hinsichtlich seines Betrags dem Maximalantriebsmoment A_{max} entspricht.

[0030] Wie insbesondere aus Fig. 6 erkennbar ist, durchläuft die Kolbenstellung S während der Beschleunigungsphase 16 einen Beschleunigungsbereich 18 von über 240° , in dessen Verlauf kein erhöhtes Lastmoment L auftritt, wodurch der Kolbenverdichter 1 hinreichend Schwung aufnehmen kann, um die Lastspitze P zu überwinden. Der lange Beschleunigungsbereich 18 ermöglicht somit eine besonders niedrige Auslegung des Motors 4 hinsichtlich des Maximalantriebsmoments A_{max} , ohne das Startverhalten des Kolbenverdichters 1 zu beeinträchtigen.

[0031] Die Rücksetzphase 15 und die Beschleunigungsphase 16 können zeitlich unmittelbar nacheinander ausgeführt werden. Die Rücksetzphase 15 und die Beschleunigungsphase 16 können aber auch zeitlich getrennt voneinander ausgeführt werden. Insbesondere ist optional vorgesehen, dass die Rücksetzphase 15 am Ende einer Betriebsphase des Kolbenverdichters 1 vorgenommen wird, so dass sich der Kolbenverdichter 1 bei einer anschließenden Betriebsphase bereits von Anfang an in der Startposition S_{IV} befindet und durch Ausführung der Beschleunigungsphase 16 sofort gestartet werden kann. Optional ist alternativ hierzu vorgesehen, dass das vorstehend beschriebene Verfahren erst dann ausgeführt wird, wenn ein zuvor durchgeführter Sofortstartversuch aufgrund einer ungünstigen initialen Kolbenstellung S_1 missglückt ist.

[0032] Bei dem in den Fig. 1 bis 4 dargestellten Kolbenverdichter kann in einer Variante des beschriebenen Startverfahrens des Weiteren auch ein in Betriebsdrehrichtung B wirkendes Rücksetzantriebsmoment A_R ausgeübt werden. Des Weiteren ist das beschriebene Startverfahren auch bei einem Rotationskolbenverdichter in äquivalenter Weise anwendbar.

[0033] Das beschriebene Verfahren ist äquivalenterweise auch bei einem Kolbenverdichter mit einem anders gearteten elektronisch geregelten Motor, insbesondere einem bürstenlosen Gleichstrommotor (BLDC), einem Asynchronmotor, einem Reluktanzmotor, etc. einsetzbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten eines Kolbenverdichters (1), bei welchem ein Kolben (2) des Kolbenverdichters (1) in einer Rücksetzphase (15) unter Aufbringung eines Rücksetzantriebsmoments (A_R) in Richtung auf einen Kompressionspunkt (S_k) der Kolbenstellung (S) angetrieben wird, wobei das Rücksetzantriebsmoment (A_R) solange aufrechterhalten wird, bis der Kolbenverdichter (1) infolge von Fluidverdrängung aus dem zwischen dem Kolben (2) und einem korrespondierenden Druckzylinder (3) gebildeten Kompressionsraum (9) durch mindestens eine Leckstelle (16) unter Überschreitung eines Beharungspunktes (S_b, S'_b) eine Startposition (S_{IV}) erreicht hat, und bei welchem der Kolben (2) in einer Beschleunigungsphase (16) aus der Startposition (S_{IV}) mit einem Startantriebsmoment (A_S) in einer Betriebsdrehrichtung (B) beschleunigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Rücksetzantriebsmoment (A_R) der Betriebsdrehrichtung (B) entgegen gerichtet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** die Startposition (S_{IV}) in einem Winkelbereich der Kolbenstellung (S) von $\pm 30^\circ$ bezüglich des Kompressionspunktes (S_k) ausgewählt ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** zur Erzeugung des Rücksetzantriebsmoments (A_R) ein Statorfeld eines den Kolbenverdichter (1) antreibenden Motors (4) für eine vorgegebene Zeitspanne zwischen 3 und 30 Sekunden mit einer vorgegebenen Winkelgeschwindigkeit zwischen 1 und 10 Umdrehungen pro Minute angeregt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** das Startantriebsmoment (A_S) einem vorgegebenen Maximalantriebsmoment (A_{max}) entspricht.
6. Kolbenverdichter (1) mit einem Kolben (2), der mittels einer durch einen Motor (4) angetriebenen Antriebswelle (6) in einem Druckzylinder (3) bewegbar ist, sowie mit einer Steuereinheit (5) zur Ansteuerung des Motors (4), wobei die Steuereinheit (5) dazu ausgebildet ist,
 - in einer Rücksetzphase (15) ein Rücksetzantriebsmoment (A_R) vorzugeben, durch welches der Kolben (2) in Richtung auf einen Kompressionspunkt (S_k) der Kolbenstellung (S) angetrieben wird,
 - das Rücksetzantriebsmoment (A_R) solange

aufrechtzuerhalten, bis der Kolben (2) infolge von Fluidverdrängung aus einem zwischen dem Kolben (2) und dem Druckzylinder (3) gebildeten Kompressionsraum (9) durch eine Leckstelle (16) unter Überschreitung eines Beharrungspunktes (S_b, S'_b) eine Startposition (S_{IV}) erreicht hat, und 5

in einer Beschleunigungsphase (16) ein Startantriebsmoment (A_S) vorzugeben, durch welches der Kolben (2) aus der Startposition (S_{IV}) in eine Betriebsdrehrichtung (B) beschleunigt wird. 10

15

20

25

30

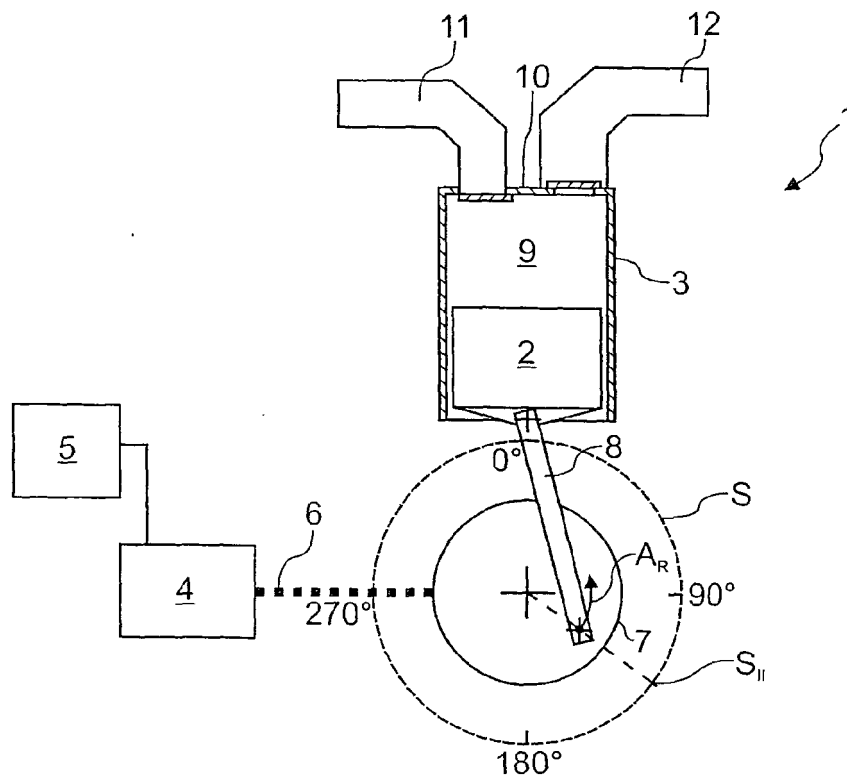
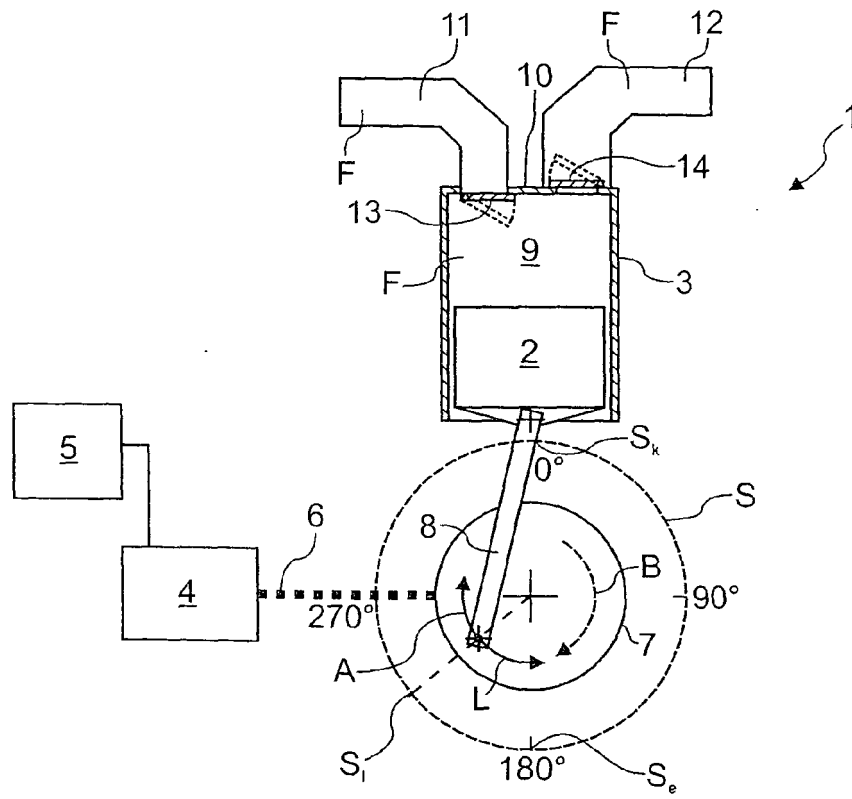
35

40

45

50

55



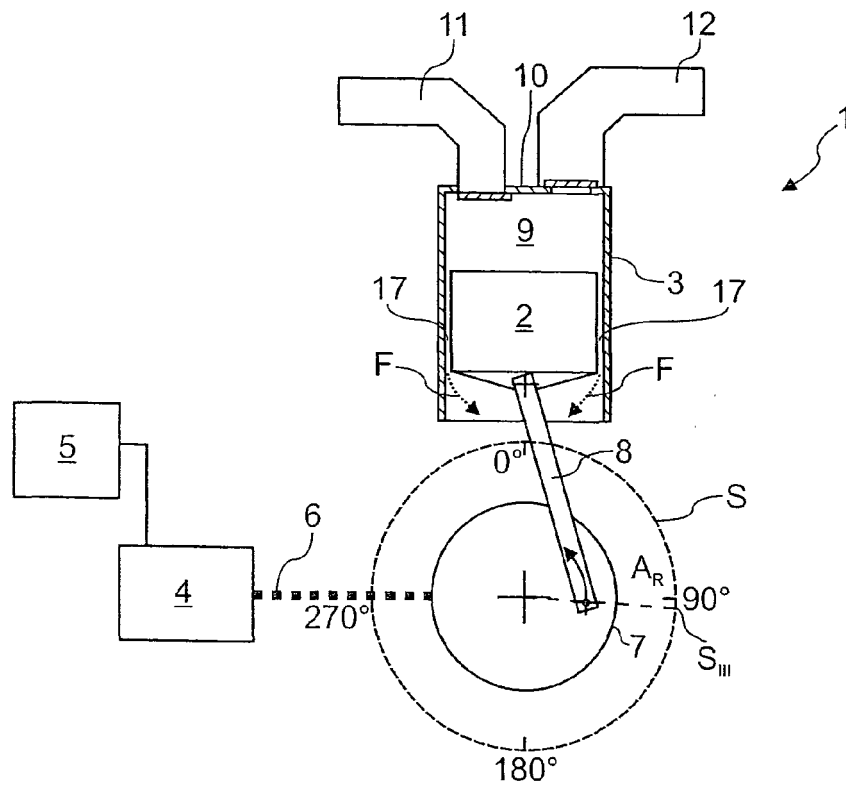


Fig. 3

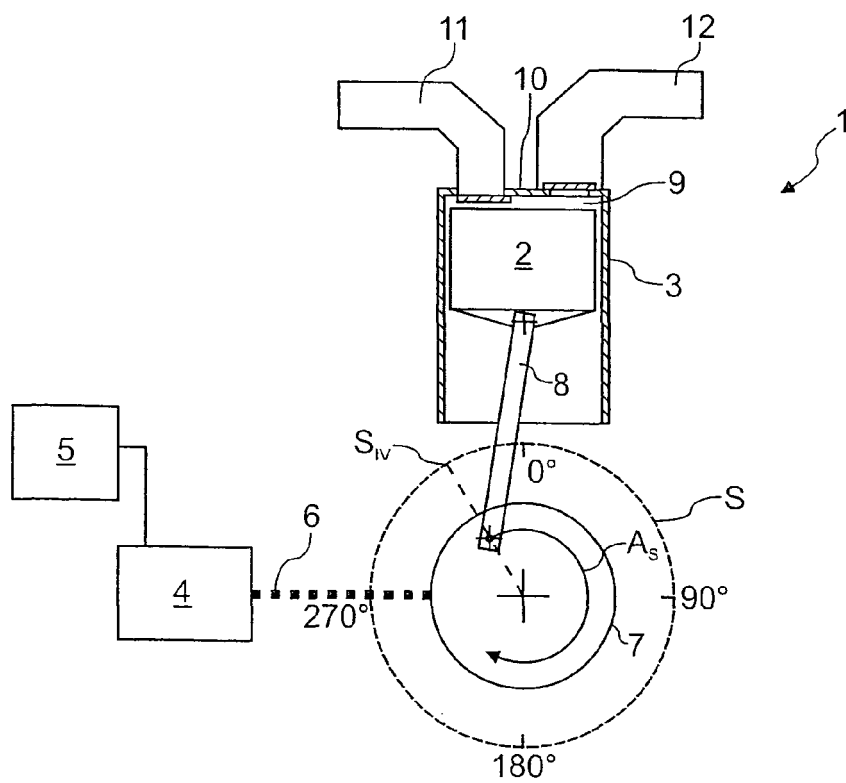


Fig. 4

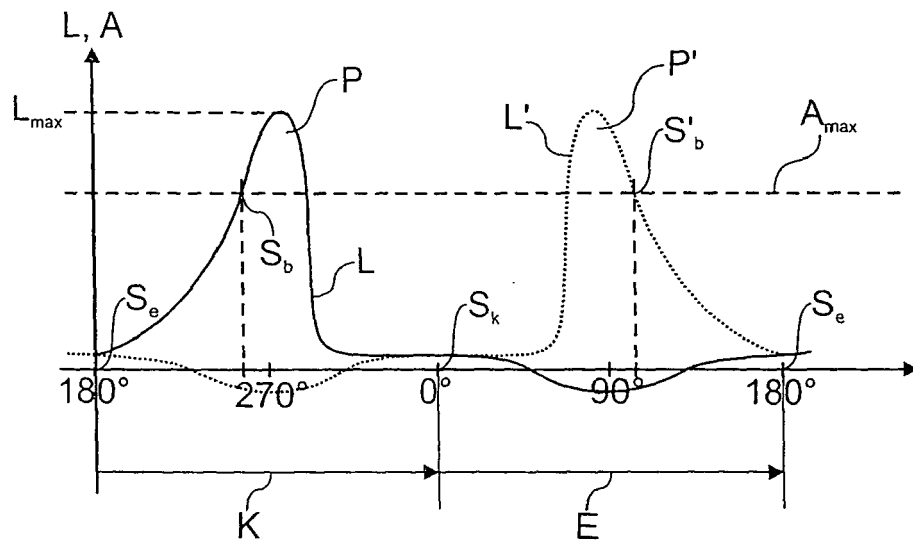


Fig. 5

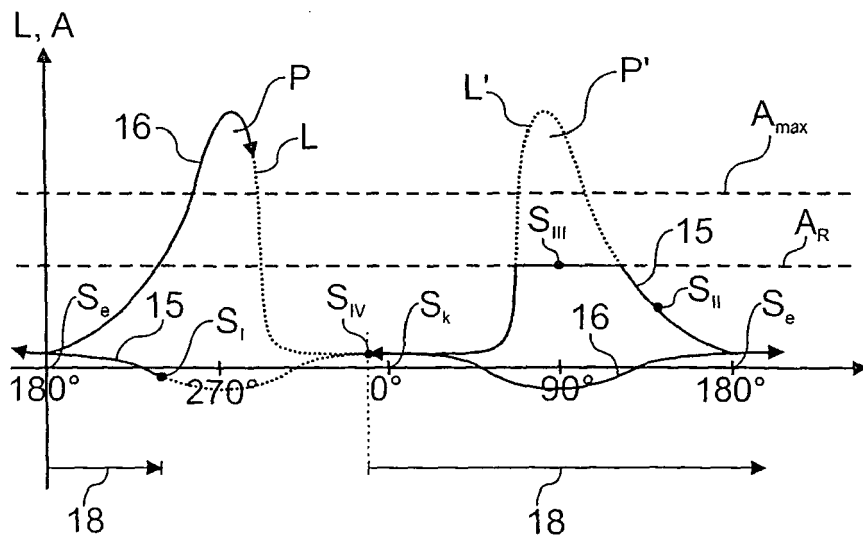


Fig. 6