

(19)



(11)

EP 2 067 995 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.06.2009 Patentblatt 2009/24

(51) Int Cl.:
F04B 27/10 (2006.01) F04B 27/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08170374.6**

(22) Anmeldetag: **01.12.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(30) Priorität: **03.12.2007 DE 102007058064**

(71) Anmelder: **Valeo Compressor Europe GmbH
68766 Hockenheim (DE)**

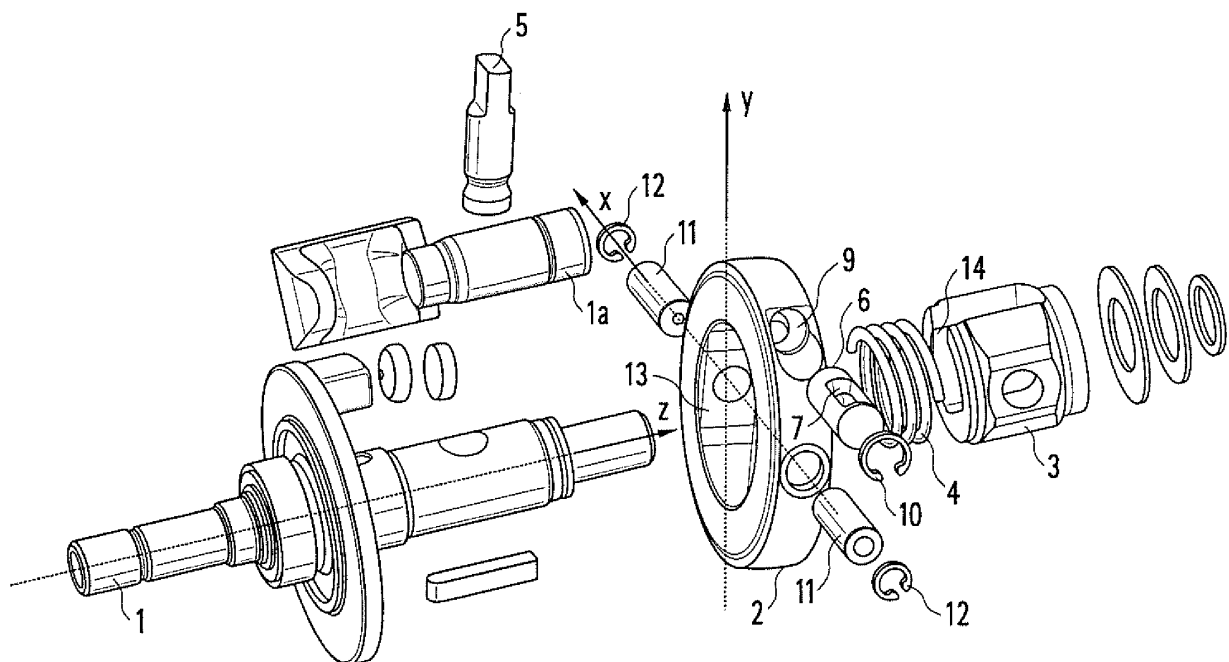
(72) Erfinder:
• **Schwarzkopf, Otfried
51515 Kürten (DE)**
• **Tschismar, Oliver
71093 Weil im Schönbruch (DE)**
• **Meub, Holger
71679 Asperg (DE)**

(74) Vertreter: **Popp, Eugen
MEISSNER, BOLTE & PARTNER
Widenmayerstrasse 48
80538 München (DE)**

(54) Schwenkscheibenverdichter

(57) Verdichter, insbesondere Axialkolbenverdichter der Schwenkscheibenbauart, weiterhin insbesondere Verdichter für Kraftfahrzeug-Klimaanlagen, mit wenigstens einem Kolben (1a) und einer in ihrer Neigung zu einer Antriebswelle (1) verstellbaren, von der Antriebs-

welle (1) drehangetriebenen, insbesondere ringförmigen Schwenkscheibe (2), welche ein Deviationsmoment J_{YZ} aufweist, wobei das Deviationsmoment J_{YZ} der Schwenkscheibe (2) in Abhängigkeit vom Auslenkwinkel derselben für negative Auslenkwinkel der Schwenkscheibe (2) einen Nulldurchgang aufweist.

**Fig. 6****EP 2 067 995 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Verdichter gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Regelbare Kältemittelverdichter für die Fahrzeugklimatisierung werden heutzutage oftmals in der Schrägscheiben- bzw. Schwenkscheibenbauart realisiert. Der Auslenkwinkel der Schwenkscheibe ist durch einen Triebwerksraumdruck p_C einstellbar. Aus dem Stand der Technik ist es zusätzlich bekannt, neben Gaskräften den Schwenkscheibenauslenkwinkel auch durch ein Federsystem zu beeinflussen. Verdichter gemäß dem Stand der Technik werden zunehmend kupplungslos betrieben (vgl. Fig. 1), wobei jedoch auch Verdichter mit Kupplung bekannt sind.

[0002] Der Gegenstand der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf den Betriebsbereich bzw. -zustand "Verdichter aus". In diesem Fall wird die Schwenkscheibe bei genügend großem Triebwerksraumdruck p_C in eine Null-Lage bzw. auf einen minimalen Auslenkwinkel gedrückt. Reduziert sich der Druck p_C im Triebwerksraum, so bewegt sich die Schwenkscheibe auf einen größeren Auslenkwinkel (Gleichgewichtslage). Die Gleichgewichtslage, in die der Verdichter immer wieder selbsttätig zurückkehren kann, sofern keine Drücke dem entgegen stehen, hängt auch von der Verdichterdrehzahl ab. Diese Drehzahlabhängigkeit wird durch die Konstruktion der Schwenkscheibe, insbesondere durch deren Geometrie und Dichteverteilung vorgegeben. Bei höheren Drehzahlen ist die Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe vorzugsweise so vorzusehen, dass sie im Vergleich zu höheren Drehzahlen zu kleineren Auslenkwinkeln hin verschoben ist.

[0003] Aus der US 6,425,741 B1 ist ein Verdichter bekannt, bei dem der Kolbenhub bzw. der Auslenkwinkel und somit das geometrische Hubvolumen von etwa % bis 100% regelbar ist. Dabei wird das maximale geometrische Hubvolumen durch den maximalen Auslenkwinkel bzw. den maximalen Kolbenhub begrenzt. In der Regel wird der maximale Auslenkwinkel durch einen Anschlagpunkt der Schwenkscheibe an der Antriebswelle des Verdichters oder an einem Teil derselben definiert.

[0004] Das Hubvolumen des Verdichters bzw. der Volumenstrom des Verdichters ergibt sich aus dem geometrischen Hubvolumen desselben sowie seinem Liefergrad, welcher betriebspunktabhängig ist. Im Zusammenhang mit der Erfindung geht es im wesentlichen um den minimalen Auslenkwinkelanschlag bzw. den Minimalhub bzw. den minimalen Auslenkwinkel oder das minimale geometrische Hubvolumen bzw. das minimale Hubvolumen (Volumenstrom).

[0005] Zu unterscheiden sind im Betriebsbereich "Verdichter aus" verschiedene Auslenkwinkel der Schwenkscheibe, die alle sehr klein sind und den abgeregelten Zustand des Verdichters charakterisieren:

- Minimalauslenkwinkel (z.B. = 0°) bzw. ein positiver, sehr kleiner Kippwinkel;
- Grenzauslenkwinkel, unterhalb dieses Auslenkwinkels gelingt es dem Verdichter nicht, genügend Druck aufzubauen und den Auslenkwinkel durch entsprechende Regeldrücke (z.B. Triebwerksraumdruck p_C) zu vergrößern. Der Auslenkwinkel hängt von vielen konstruktiven Parametern ab, wie z.B. auch dem Schadraum des Verdichtungsraumes. Der für die Auslegung relevante Grenzauslenkwinkel wird für die Minimaldrehzahl (z.B. etwa 600 U/min) bestimmt, bei höheren Drehzahlen verringert sich der Grenzauslenkwinkel aufgrund des über die steigende Drehzahl mehr geförderten Massenstrom stetig.
- die Gleichgewichtskippwinkel der Schwenkscheibe.

[0006] Aus der US 6,425,741 B1 sind eine Rückstellfeder und eine Stelfeder bekannt. Im Verdichterstillstand geben sie eine Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe vor (Gleichgewichtsauslenkwinkel). Wird der Verdichter drucklos betrieben ($p_C \sim p_d \sim p_s$), so hat auch die Drehzahl eine Bedeutung, da die Kippmomente infolge der Massenkraft der Kolben und der Schwenkscheibe z.B. auf den Auslenkwinkel einwirken. Weiterhin können natürlich im nicht drucklosen Betrieb die Gaskräfte auf die Gleichgewichtslage einwirken. Der Erfindungsgegenstand ist im wesentlichen auf diese Gleichgewichtslage bezogen.

[0007] Verdichter der oben genannten Bauart (US 6,425,741 B1) sind gekennzeichnet durch einen Bereich, der mit einem Niederdruckniveau p_s der Klimaanlage korrespondiert (Verdampfungsdruck, Saugdruck p_s) sowie einem Bereich, der mit dem Hochdruckniveau der Klimaanlage korrespondiert (Verdichtungsenddruck P_d , Druck im Verflüssiger bzw. im Gaskühler). Vernachlässigt man die Druckverluste, die zwischen den Komponenten und in den Komponenten der Klimaanlage auftreten, so kann man vereinfacht von den beiden Drucklagen auf der Saugseite p_s und der Hochdruckseite p_d ausgehen.

[0008] In den Verdichtungsräumen des Verdichters (Kolben, Kolbenringe, Zylinder) wird das von der Saugseite einströmende Gas angesaugt und auf das höhere Druckniveau p_d verdichtet. Für den Gaswechsel sorgen druckgesteuerte Lamellenventile auf der Saug- und der Druckseite. Je nach Betriebspunkt können saugseitig und hochdruckseitig bestimmte Drücke eingestellt werden. Das Volumen des Triebwerksraums wird verwendet, um den dort befindlichen Triebwerksraumdruck p_C zu variieren. Durch die Variation des Triebwerkstaumdrucks p_C greift man in das Kräftegleichgewicht der Schwenkscheibe ein, welches durch den Saugdruck p_s , den Hochdruck p_d und den Triebwerksraumdruck p_C beeinflusst wird.

[0009] Der Triebwerksraumdruck p_C kann zwischen Saugdruck p_s und Hochdruck p_d variiert werden. Das geschieht

durch eine Kommunikation (By-Pass, Drosselbohrung, Regelventile) zwischen den Volumina, die mit dem Saugdruck p_S , Hochdruck p_d sowie dem Triebwerksraumdruck p_C beaufschlagt sind. Demzufolge existierte eine Verbindung zwischen Saugdruck p_S , und dem Triebwerksraumdruck p_C sowie eine Verbindung zwischen dem Hochdruck p_d und dem Triebwerksraumdruck p_C .

[0010] Wird der Triebwerksraumdruck p_C ausgehend von einer beliebigen Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe erhöht, so bedeutet das eine Verkleinerung des Auslenkwinkels. Die Erhöhung des Triebwerksraumdrucks p_C erfolgt durch einen Regelmassenstrom von der Hochdruckseite zum Triebwerksraumdruck ($p_d - p_C$).

[0011] Wird der Triebwerksraumdruck p_C ausgehend von einer beliebigen Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe verringert, so bedeutet das eine Vergrößerung des Auslenkwinkels. Die Verringerung des Triebwerksraumdruckes p_C erfolgt durch einen Regelmassenstrom vom Triebwerksraum zur Saugseite ($p_C - p_S$).

[0012] Wird der Triebwerksraumdruck etwa auf das Sauggasniveau p_S eingestellt, so ist bei Verdichtern nach dem Stand der Technik sichergestellt, dass der Schwenkscheibenauslenkwinkel auf den maximalen Auslenkwinkel eingestellt ist (begrenzt z.B. durch einen Auslenkwinkelanschlag).

[0013] Der Regelbereich des Triebwerksraumdruckes p_C orientiert sich bei Verdichtern nach dem Stand der Technik ausgehend vom Saugdruckniveau p_S auf höhere Werte, die etwa 0 bar bis 15 bar über dem Saugdruckniveau p_S liegen können.

[0014] Ein wichtiges Kriterium bei einem Verdichter ist sein Startverhalten. Wird ein Verdichter bei geringer Motordrehzahl (z.B. 600 /m) eingeschaltet, so fördert er einen bestimmten Kältemittelmassenstrom, vorausgesetzt, die Schwenkscheibe ist auf einen bestimmten Auslenkwinkel eingestellt. Ist der Auslenkwinkel auf 0° eingestellt, so existiert kein Kolbenhub und es wird kein Kältemittel gefördert (auch nicht bei höheren Drehzahlen). Ist der Auslenkwinkel sehr klein, so wird es auch hier kaum gelingen, einen Kältemittelmassenstrom und ein Hochdruckniveau p_d bzw. Saugdruckniveau p_S zu erzeugen bzw. auszubilden. Das liegt daran, dass der Verdichtungsraum systembedingt Schadräume und Leckagen aufweist. Demzufolge muss ein Verdichter je nach Konstruktion und Auswahl der Parameter einen bestimmten Auslenkwinkel aufweisen, um über den Druck an der Oberseite der Kolben die Schwenkscheibe auf größere Auslenkwinkel schwenken zu können. Dieser Auslenkwinkel wird im allgemeinen als Grenzauslenkwinkel bezeichnet.

[0015] Die Gaskräfte an der Oberseite der Kolben wirken in Richtung eines größeren Auslenkwinkels. Beim Verdichterstart (der Triebwerksraumdruck p_C entspricht dem Saugdruck p_S) sind es letztlich nur die Kompressionskräfte, im Regelbetrieb (der Triebwerksraumdruck p_C ist höher als der Saugdruck p_S) sind es auch die Ansaugkräfte (Saughubdruck).

[0016] In der US 6,425,741 B1 wird ein solcher konstruktiv vorzusehender Auslenkwinkel ebenfalls als Grenzauslenkwinkel bezeichnet. Das heißt also, dass bei einer Unterschreitung dieses Grenzauslenkwinkels der Verdichter nicht mehr in der Lage ist, die Drucklagen aufzubauen und zu verdichten. Dieser Grenzauslenkwinkel ist natürlich von Toleranzen abhängig, sowie dem Betriebspunkt, dem Kältemittel, der Kältemittelfüllmenge der Anlage sowie in erster Linie den konstruktiven Parametern des Verdichters.

[0017] Bei Verdichtern gemäß dem Stand der Technik ist es einerseits üblich, den Auslenkwinkelanschlag zur Definition des minimalen Auslenkwinkels so festzulegen, dass der minimale Auslenkwinkel der Schwenkscheibe etwas größer ist als der sogenannte Grenzauslenkwinkel und ein sicheres Starten des Verdichters möglich wird. Solche Verdichter werden in der Regel mit einer Magnetkupplung betrieben.

[0018] Alternativ hierzu ist auch die Lösung gemäß der US 6,425,741 (vgl. Fig. 1) bekannt. Dieser Verdichter wird mit einer Riemenscheibe permanent betrieben. Hintergrund der beschriebenen Merkmal ist der Zielkonflikt der

- Erreichung eines sicheren Startverhaltens (Gleichgewichtsauslenkwinkel > Grenzauslenkwinkel) und
- energetischen Optimierung eines Verdichters (Minimalauslenkwinkel).

[0019] Für Letzteres ist zu berücksichtigen, dass moderne Verdichter häufig kupplungslos betrieben werden (Vorteile in Bezug auf Kosten und Package). Wird die Klimaanlage ausgeschaltet, so läuft der Verdichter dennoch permanent über den Riemetrieb des Motors mit und nimmt damit Leistung auf. Weiterhin wird Kälte erzeugt, was natürlich unerwünscht ist, wenn die Anlage ausgeschaltet ist. Demzufolge hat aus energetischer Sicht der minimale Schwenkscheibenauslenkwinkel möglichst klein zu sein bzw. idealerweise wird er auf Null gesetzt. Im Hinblick auf ein gutes Startverhalten sollte er dagegen einen bestimmten Mindestwert haben (Gleichgewichtsauslenkwinkel > Grenzauslenkwinkel). Gemäß der US 6,425,741 wird neben der Feder, die eine Rückstellung des Schwenkscheibenauslenkwinkels auf geringere Werte ermöglicht, eine Stelfeder eingesetzt, die die Schwenkscheibe im Bereich geringer Auslenkwinkel auf größere Auslenkwinkel stellen kann. Beide Federn werden als Druckfedern eingesetzt und sind teilweise (in der Regel nur im Bereich kleiner Auslenkwinkel) gegeneinander wirksam. Demzufolge gibt es auch eine Gleichgewichtslage, die aus dem Federdiagramm der Patentanmeldung hervorgeht. Die Gleichgewichtslage definiert beim Starten des Verdichters (die Gaskräfte (Saugdruckniveau p_S und Hochdruckniveau p_d) sind noch nicht ausgebildet) den Auslenkwinkel, aus dem der Verdichter starten kann. Dieser Auslenkwinkel ist größer gewählt als der sogenannte Grenzauslenkwinkel, unterhalb dessen Wert ein Starten des Verdichters nicht mehr möglich ist.

[0020] Beim Start des Verdichters werden das Hochdruckniveau p_d und das Saugdruckniveau p_s ausgebildet, und die Schwenkscheibe bewegt sich zu zunehmend größeren Auslenkwinkeln. Ist der erforderliche Kältemittelmassenstrom erreicht, so wird Druck vom Hochdruckraum des Verdichters in den Triebwerksraum des Verdichters gelassen ($p_d - p_c$), so dass sich der Triebwerksraumdruck p_c erhöht. Durch die Einstellung des Triebwerksraumdrucks p_c auf einen bestimmten Wert wird in das Kräftegleichgewicht an der Schwenkscheibe eingegriffen, womit der Schwenkscheibenauslenkwinkel und damit der Kältemittelmassenstrom eingeregelt werden.

[0021] Wird die Klimaanlage ausgeschaltet, so läuft bei einem kupplungslosen Verdichter die Antriebswelle des Verdichters mit und es geht dann darum, möglichst wenig Verlustleistung zu erzeugen und möglichst wenig Kältemittelmassenstrom zu fördern. Das wird dadurch erreicht, dass durch eine Erhöhung des Triebwerksraumdrucks p_c durch einen Regelmassenstrom von der Hochdruckseite ($p_d - p_c$) in den Triebwerksraum die Schwenkscheibe in einen Bereich geschoben wird, der unterhalb des Grenzauslenkwinkels liegt. Der Anschlag für den minimalen Auslenkwinkel begrenzt den Bereich und kann etwa bei 0° liegen. Für diesen Fall wird kein Kältemittel mehr gefördert bzw. der Kältemittelmassenstrom auf Null gesetzt bzw. je nach minimalem Auslenkwinkel zumindest stark reduziert.

[0022] Nach einem gewissen Zeitraum wird kein Regelmassenstrom mehr zur Verfügung stehen, der von der Hochdruckseite p_d in den Triebwerksraum gelassen werden kann (p_d hat sich reduziert). Der Triebwerksraumdruck p_c wird sich verringern und damit wird wiederum in das Kräftegleichgewicht der Schwenkscheibe so eingegriffen, dass der Auslenkwinkel wieder erhöht ist. Die Stellfeder wird die Schwenkscheibe im genannten Fall auf einen Auslenkwinkel einstellen, der größer ist als der Grenzauslenkwinkel (Gleichgewichtsauslenkwinkel). Ab diesem Zeitpunkt ist der Verdichter wieder in der Lage, Kältemittel zu fördern und den Druck p_c im Triebwerksraum zu erhöhen. Im Zustand der abgeschalteten Klimaanlage wird die Schwenkscheibe des Verdichters zwischen dem minimalen Auslenkwinkel (z.B. 0°) und einem Auslenkwinkel (Gleichgewichtsauslenkwinkel) knapp größer dem Grenzauslenkwinkel mit niedriger Frequenz hin- und herbewegt. Im zeitlichen Mittel ergibt sich ein mittlerer minimaler Auslenkwinkel, der deutlich kleiner ist als der Grenzauslenkwinkel.

[0023] Demzufolge trägt das Konzept gemäß der US 6,425,741 B1 dazu bei, die Verluste des Verdichters im Betriebszustand "Verdichtet aus" zu begrenzen und auf der anderen Seite ein sicheres Starten des Verdichters (insbesondere bei niedrigen Drehzahlen, die einen niedrigen Massenstrom erzeugen) zu gewährleisten.

[0024] Das beschriebene Regelverhalten für den Verdichterbetriebszustand "Verdichter aus" ist in Fig. 2 qualitativ dargestellt.

[0025] Weitere Details zum Stand der Technik und zur Funktionsweise eines Verdichters bzw. zu der oben angegebenen Problematik können der US 6,425,741 B1 entnommen werden.

[0026] Nachteilig an dem bekannten Konzept sind folgende Punkte:

- die Schwenkscheibe gemäß dem Stand der Technik, wie beispielsweise in der US 6,425,741 B1 dargestellt, ist im Auslenkwinkelbereich zwischen Gleichgewichtsauslenkwinkel und Minimalauslenkwinkel aufregelnd wirksam. Die Regelcharakteristik folgt dabei den Verläufen A1 und A2 in Fig. 3. Die Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe befindet sich dort, wo das Deviationsmoment J_{yz} gleich Null ist. Der Gleichgewichtsauslenkwinkel befindet sich in etwa dort, wo die Massenkräfte der Kolben und der Schwenkscheibe im wesentlichen sowie die Federkräfte infolge der Stellfeder und der Rückstellfeder im Gleichgewicht stehen (in Fig. 3 nicht dargestellt).
- Weiterhin ist der Gleichgewichtsauslenkwinkel derart von der Drehzahl abhängig, dass er sich mit größer werdender Drehzahl ebenfalls vergrößert (vgl. hierzu Fig. 4a, Verläufe A1 und A2). Das liegt daran, dass die Massenkräfte der Schwenkscheibe aufregelnd wirksam sind. D.h., das auf die Schwenkscheibe wirksame Kippmoment M_{SV} infolge des Deviationsmomentes J_{yz} vergrößert sich mit steigender Drehzahl und wirkt gegen die Rückstellfeder zu größeren Auslenkwinkeln hin. Denkbar wäre eine Kompensation durch die Kolbenkräfte. Dies ist aber nur partiell für einen Auslenkwinkel möglich und eignet sich eher für größere Auslenkwinkel, z.B. für den Maximalhub des Verdichters.

[0027] Das zuletzt erwähnte Merkmal führt dazu, dass die Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe für minimale Drehzahlen (z.B. 600 U/min) so auszulegen ist, dass sie knapp oberhalb des Grenzauslenkwinkels liegt (das muss immer getan werden). Bei größeren Drehzahlen liegt der Gleichgewichtsauslenkwinkel immer deutlicher oberhalb des Grenzauslenkwinkels (vgl. Fig. 4, Verläufe A, A2, A3). Der Auslenkwinkel selbst sinkt mit zunehmender Drehzahl, da der geförderte Massenstrom über die Drehzahl immer größer wird und dafür ein kleinerer Hub notwendig ist, um Druck p_d auf der Hochdruckseite aufzubauen. Demzufolge wäre es sinnvoll, wenn die Verläufe des Grenzauslenkwinkels und des Gleichgewichtsauslenkwinkels in etwa äquidistant verlaufen würden. Dadurch könnte die Leistungsaufnahme im Betriebszustand "Verdichter aus" möglichst gering gehalten werden.

[0028] Ausgehend vom vorstehend näher beschriebenen Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Leistungsaufnahme des Verdichters im Betriebszustand "Verdichter aus" zu verringern, wobei der Komfort der Klimaanlage verbessert werden sollte, indem gegenüber dem beschriebenen Stand der Technik insbesondere noch weniger die Neigung besteht, Kältemittel in den Kreislauf der Klimaanlage gelangen zu lassen.

[0029] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Verdichter mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst,

wobei vorteilhafte Weiterentwicklungen und konstruktive Details der Erfindung in den Unteransprüchen beschrieben sind.

[0030] Ein wesentlicher Punkt der Erfindung ist es demnach, dass das Deviationsmoment J_{YZ} der Schwenkscheibe bei wenigstens einem negativen Auslenkwinkel derselben gleich Null ist. Die Schwenkscheibe strebt damit bei jeder Drehzahl des Verdichters in Richtung der Nulllage des Auslenkwinkels. Dadurch kann die Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe (Gleichgewichtsauslenkwinkel) unter Berücksichtigung weiterer Parameter des Verdichters (beispielsweise bzw. ggf. der Federkraft einer Stellfeder, der Federkraft einer Rückstellfeder sowie der Massenkraft der Kolben) so eingestellt werden, dass der Auslenkwinkel bzw. der Gleichgewichtskippwinkel mit steigender Drehzahl sinkt. In einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verdichters weist die Schwenkscheibe eine derartige Geometrie und/oder eine derartige Masseverteilung und/oder eine derartige Dichte bzw. Dichteverteilung auf, dass ihr Gleichgewichtsauslenkwinkel wenigstens für vorbestimmte Auslenkwinkelbereich bzw. -intervalle mit einer zunehmenden Drehzahl des Verdichters sinkt. Dadurch ist es möglich, alleine aufgrund der konstruktiven Ausgestaltung der Schwenkscheibe die erfindungsgemäße Aufgabe zu erfüllen, ohne weitere Parameter heranziehen zu müssen. Der vorstehend erwähnte vorbestimmte Auslenkwinkelbereich umfasst optional Auslenkwinkel von 0° bis 4° .

[0031] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Schwenkscheibe eines erfindungsgemäßen Verdichters bzw. deren schwenkbarer Anteil Stellen reduzierter Materialansammlung und/oder Stellen auf, welche aus einem Material bestehen bzw. gefertigt sind, das unterschiedlich zu dem Material ist, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe bzw. ihres schwenkbaren Anteils ist. Dies stellt eine Möglichkeit dar, in der gewünschten Art und Weise auf die Dichte bzw. Massenverteilung der Schwenkscheibe einzuwirken. Die Stellen reduzierter Materialansammlung sind in einer einfachen und daher bevorzugten Ausführungsform u.a. Bohrungen und/oder Nuten. Das Material an den Stellen, die aus einem Material bestehen, das unterschiedlich zu dem Material ist, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe bzw. ihres schwenkbaren Anteils besteht, weist in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eine geringere Dichte ρ auf als das Material, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe bzw. der schwenkbare Anteil derselben gefertigt ist. Das Material geringerer Dichte kann eine Dichte aufweisen, die kleiner als $7,83 \text{ g/cm}^2$, insbesondere in etwa gleich $1,5 \text{ g/cm}^3$ ist.

[0032] Zur Erhöhung der Laufruhe kann der Schwerpunkt der Schwenkscheibe auf einer derselben zugeordneten Kippachse liegen. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform sind ein Kippmoment M_{SW} infolge rotierender Massen und ein Kippmoment $M_{k,ges}$ infolge oszillierender Massen wenigstens für vorbestimmte Auslenkwinkelbereiche in etwa gleich groß. Die bevorzugten Auslenkwinkelbereiche, für die eine gleiche Größe der beiden Größen existiert, sind insbesondere die Bereiche großer Auslenkwinkel.

[0033] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform steht die Schwenkscheibe eines erfindungsgemäßen Verdichters nur mit einem elastischen Element direkt oder indirekt in Wirkeingriff, wobei dieses zwischen einem minimalen Auslenkwinkel und dem Gleichgewichtsauslenkwinkel in der Art einer Zugfeder und in einem Bereich zwischen dem Gleichgewichtsauslenkwinkel und einem maximalen Auslenkwinkel in der Art einer Druckfeder wirkt. Durch die Verwendung des elastischen Elements kann das gewünschte Regelverhalten des Verdichters unterstützt werden. Das elastische Element ist optional eine Feder, insbesondere eine Schraubenfeder.

[0034] In einer weiteren vorteilhaften Ausstattung des Verdichters ist die Schwenkscheibe an einer längs der Antriebswelle axial verschieblich gelagerten Schiebehülse schwenkbar gelagert, wobei das elastische Element zwischen einer der Schiebehülse zugeordneten Anlagefläche und einer weiteren Anlagefläche längs der Antriebswelle axial verschieblich auf derselben gelagert sein kann. Das elastische Element steht optional mit einem insbesondere scheibenförmigen Mitnehmer, d.h. also mit einer Mitnehmerscheibe insbesondere über eine Haltevorrichtung in Wirkeingriff. Über eine gegebenenfalls weitere Haltevorrichtung kann das elastische Element zusätzlich oder alternativ hierzu mit der Schiebehülse in Wirkeingriff stehen. Wenigstens eine der Haltevorrichtungen, insbesondere die erstgenannte, kann dabei einen ringförmigen Bereich und ein um das elastische Element gebogenes Element, insbesondere eine Lasche aufweisen, während sie mit dem Mitnehmer über einen am Umfang der Haltevorrichtung angeordneten Vorsprung, welcher in eine korrespondierende Aussparung am Mitnehmer eingreift, in Eingriff steht. Weiterhin kann zusätzlich oder alternativ wenigstens eine der Haltevorrichtungen, insbesondere die zweite Haltevorrichtung einen ringförmigen Bereich und ein um das elastische Element gebogenes Element, insbesondere eine Lasche aufweisen, während sie mit der Schiebehülse über einen sich in axialer Richtung erstreckenden Vorsprung, welcher über einen Teilbereich des Umfangs der Haltevorrichtung ausgebildet ist und welcher in eine Aussparung in der Schiebehülse eingreift, in Wirkeingriff stehen. Ferner können sowohl die erstgenannte als auch die zweitgenannte Haltevorrichtung einen Auslenkwinkelanschlag umfassen, welcher den maximalen bzw. den minimalen Auslenkwinkel der Schwenkscheibe begrenzen kann.

[0035] Die Erfindung wird nachfolgend in Hinsicht auf weitere Vorteile und Merkmale beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben. Die Zeichnungen zeigen in:

- Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Verdichter gemäß dem Stand der Technik, welcher kupplungslos betrieben wird;
- Fig. 2 das Regelverhalten für einen Verdichterbetriebszustand "aus" für einen Verdichter gemäß dem Stand der Technik;
- Fig. 3 den Verlauf des Deviationsmoment J_{YZ} über dem Auslenkwinkel der Schwenkscheibe für Verdichter gemäß

- dem Stand der Technik sowie hierzu im Vergleich zu einem erfindungsgemäßen Verdichter;
- Fig. 4a den Verlauf des Gleichgewichtskippwinkels über der Drehzahl für verschiedene Verdichter;
- Fig. 4b der Momentenverlauf der Momente $M_{k, ges}$ und M_{sw} über dem Kippwinkel;
- Fig. 4c den Kippwinkel der Schwenkscheibe über der Zeit für einen erfindungsgemäßen Verdichter;
- 5 Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Schwenkscheibe zur Verdeutlichung der Herleitung der verschiedenen Momente;
- Fig. 6 den Schwenkscheibenmechanismus eines erfindungsgemäßen Verdichters (erste Ausführungsform) in Explosionsartdarstellung; und
- Fig. 7 eine zweite bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verdichters in einer Schnittdarstellung.

10 **[0036]** Die bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verdichters umfasst (nicht in den Zeichnungen dargestellt) ein Gehäuse, einen Zylinderblock und einen Zylinderkopf. Im Zylinderblock sind Kolben 1a (vgl. z.B. Fig. 6) axial hin- und herbewegbar gelagert. Der Antrieb des Verdichters erfolgt über eine Riemenscheibe mittels einer Antriebswelle 1.

15 **[0037]** Aus Fig. 6 ist ersichtlich, dass der Schwenkscheibenmechanismus einer ersten bevorzugten Ausführungsform die Antriebswelle 1, den Schwenkring 2, eine Schiebehülse 3, die auf der Antriebswelle 1 axial gegen die Wirkung eines elastischen Elementes in Form einer ring- bzw. schneckenförmigen Pass- bzw. Rückstellfeder 4 gelagert ist, sowie ein Stützelement 5 und ein Kraftübertragungselement 6 umfasst. Das Stützelement 5 ist (in einer Richtung senkrecht zur Antriebswellenachse) senkrecht zu dieser verschiebbar am Kraftübertragungselement 6 angelenkt. Das Stützelement 5 ist zylinderbolzenförmig ausgebildet und weist eine Aussparung 7 auf, mittels derer das Stützelement 5 mit dem Kraftübertragungselement 6 in Wirkeingriff steht. Dazu ist das dem Stützelement 5 zugewandte Ende bzw. ist der dem Stützelement 5 zugewandte Endbereich des Kraftübertragungselements 6 in Form eines Flachstahls ausgebildet. Dies heißt also, dass der besagte Endbereich des Kraftübertragungselements 6 eine annähernd rechteckförmige Umfangskontur aufweist. Dieser annähernd rechteckförmig ausgebildete Endbereich steht mit der Aussparung 7 des Stützelements 5 in Eingriff. Das Kraftübertragungselement 6 ist in eine korrespondierende Aussparung 8 in der Antriebswelle 1 eingepresst.

25 **[0038]** Das Stützelement 5 ist in einer zylinderförmigen Aussparung in Form einer Bohrung 9 im Schwenkring 2 gelagert. Die Bohrung 9 erstreckt sich senkrecht zur Antriebswellenachse. Die Sicherung des Stützelements 5 im Schwenkring 2 erfolgt mittels zweier Sprengringe 10.

30 **[0039]** Es sei an dieser Stelle angemerkt, daß das Kraftübertragungselement 6, welches in der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform drehfest mit der Antriebswelle 1 verbunden ist, in anderen Ausführungsformen auch drehbar mit derselben in Wirkeingriff stehen kann. Weiterhin sei an dieser Stelle angemerkt, dass durch die hülsenförmige Ausbildung bzw. den hülsenförmigen Teil 8 des Kraftübertragungselements 6 die Antriebswelle 1 nicht durchbrochen wird und somit entsprechende Stabilität aufweist. Die lichte Weite der Bohrung des Schwenkrings 2 ist mindestens geringfügig größer als die korrespondierende Erstreckung des Kraftübertragungselements 6.

35 **[0040]** Bei der vorliegenden bevorzugten Ausführungsform ist der Mechanismus aus Stützelement 5 und Kraftübertragungselement 6 nicht dazu bestimmt, das Drehmoment von der Welle auf die Schrägscheibe in Form des Schwenkrings 2 zu übertragen. Die Lagerstellen zwischen Stützelement 5 und Kraftübertragungselement 6, zwischen Kraftübertragungselement 6 und Antriebswelle 1 und zwischen Stützelement 5 und Schwenkring 2 sind nicht dazu ausgelegt, Drehmoment zu übertragen. Es entfällt demnach eine Art Mitnehmerfunktion für das Stützelement 5 und das Kraftübertragungselement 6. Das ist aus Gründen der Hysterese bewusst so gewählt, d.h. das Verkippen des Schwenkrings 2 und die Drehmomentübertragung werden funktional voneinander entkoppelt. Der Mechanismus aus Kraftübertragungselement 6 und Stützelement 5 nimmt im wesentlichen die Kolbenkräfte auf. Das Drehmoment wiederum wird von der Antriebswelle 1 an den Schwenkring 2 durch ein auf der Antriebswellenmittelachse bereitgestelltes Kippgelenk (realisiert durch Antriebsbolzen 11) übertragen. Die das Drehmoment zwischen der Schiebehülse 3 und dem Schwenkring 2 übertragenden Antriebsbolzen 11 sind am Schwenkring mit Sprengringen 12 arretiert bzw. gesichert. Der Schwenkring 2 weist Abflachungen 13 auf, welche zu Abflachungen 14 an der Schiebehülse 3 korrespondierenden. Prinzipiell ist in anderen Ausführungsformen auch denkbar, dass die Schiebehülse 3 entfällt und die Drehmomentübertragung in einer beliebigen Form zwischen Antriebswelle und Schwenkring 2 direkt stattfindet (z.B. über Abflachungen an der Antriebswelle 1 und dem Schwenkring 2).

50 **[0041]** Durch die Entkopplung der Drehmomentübertragung und der Gaskraftabstützung kann erreicht werden, dass neben der Möglichkeit, das Stützelement 5 und das Kraftübertragungselement 6 entsprechend klein zu dimensionieren, eine optimierte Flächenpressung, insbesondere zwischen Kraftübertragungselement 6 und Stützelement 5 sowie zwischen Stützelement 5 und Schwenkring 2 erreicht werden. Dadurch und durch die erfindungsspezifische Bauweise von Stützelement 5 und Kraftübertragungselement 6 bzw. durch die erfindungsspezifische Anlenkung zwischen Kraftübertragungselement 6 und Stützelement 5 kann eine kompakte Bauform des Verdichters erreicht werden.

55 **[0042]** Erfindungsgemäß weist das Deviationsmoment J_{Yz} der Schwenkscheibe bzw. des Schwenkrings 2 für einen negativen Auslenkwinkel derselben einen Nulldurchgang auf. Die Schwenkscheibe 2 strebt damit bei jeder Drehzahl

des Verdichters in Richtung dieser Nulllage. Dadurch kann die Gleichgewichtslage der Schwenkscheibe 2 (Gleichgewichtsauslenkwinkel) unter Berücksichtigung der weiteren Parameter Federkraft einer Stellfeder, Federkraft einer Rückstellfeder (Feder 4) sowie Massenkraft der Kolben 1a so eingestellt werden, dass der Gleichgewichtsauslenkwinkel mit steigender Drehzahl sinkt (vgl. hierzu Fig. 4, Verlauf b). In Fig. 4 ist der zeitliche Verlauf der Pendelbewegung der Schwenkscheibe qualitativ dargestellt. Der Darstellung als Volllinie kann man das Verhalten für eine vergleichsweise geringe Drehzahl entnehmen. Der Gleichgewichtsauslenkwinkel liegt oberhalb des Grenzauslenkwinkels, wobei die Schwenkscheibe 2 im Betriebszustand "Verdichter aus" zwischen dem minimalen Auslenkwinkel und einem Winkel etwas oberhalb des Grenzauslenkwinkels (leichtes Überspringen über die Gleichgewichtslage) pendelt bzw. oszilliert. Der zeitlich gemittelte minimale Auslenkwinkel der Schwenkscheibe 2 ergibt sich aus dem zeitlichen Mittelwert des in etwa sinusförmigen Kurvenverlaufs. Als gepunktete Linie ist das Verhalten für eine vergleichsweise hohe Drehzahl dargestellt. Qualitativ ergibt sich ein ähnliches Verhalten bei vergleichsweise niedrigerem Grenzauslenkwinkel und niedrigerem Gleichgewichtsauslenkwinkel. Dies führt zu einem in etwa sinusförmigen Kurvenverlauf, der bei zeitlichem Mittelwertbildung zu einem deutlich geringeren Auslenkwinkel der Schwenkscheibe 2 führt. Das Ergebnis des mit steigender Drehzahl kleiner werdenden Gleichgewichtsauslenkwinkels ist dabei die gewünschte verringerte Leistungsaufnahme sowie der verbesserte Komfort der Klimaanlage.

[0043] In Fig. 4 sind verschiedene Verläufe des Deviationsmoments J_{yz} angegeben. Die Verläufe A1, A2 und A3 entsprechen dem Stand der Technik. Der qualitative Verlauf A2 könnte dabei in etwa zu dem in der US 6,425,741 B1 angegebenen Verdichtertriebwerk passen. Die dort angegebene Schwenkscheibenkonfiguration hat die Nulllage der Schwenkscheibe bei einem Kippwinkel deutlich größer 0° . Diese Angabe ist im übrigen beispielsweise auch durch Messen oder durch ein Wiegen der Schwenkscheibe (bei im wesentlichen homogenem Material) nachprüfbar. Bei homogenem Material kann auch das Bauteil gescannt werden und mittels eines 3D-CAD-Verfahrens die Nulllage bestimmt werden. Das Deviationsmoment ist entsprechend einem in den Figuren 1, 5, 6 und 7 angegebenen Koordinatensystem zu bestimmen.

[0044] Die Schwenkscheibe gemäß der US 6,425,741 B1 weist eine Schwerpunktslage C2 auf, die offensichtlich nicht mit dem Kippgelenk zusammenfällt (vgl. hierzu Fig. 1). Das führt bei der Berechnung des Deviationsmomentes zu einem Steineranteil, über den der Schwerpunkt Berücksichtigung findet. Der Verlauf ist dann nicht linear, sondern leicht gekrümmt (Verlauf A2).

[0045] Der Verlauf A3 würde sich für eine ideale Scheibe oder Ringscheibe ergeben. Der Berechnungsgang ist dabei wie folgt (vgl. hierzu auch die grafische Darstellung einer Schwenkscheibe in Fig. 5):

[0046] Vorausgesetzt ist, dass der Massenschwerpunkt der Schwenkscheibe bzw. des Schwenkringes sowohl im Kippunkt als auch im geometrischen Mittelpunkt der Schwenkscheibe bzw. des Schwenkringes liegt. Hierbei handelt es sich um einen anzustrebenden Idealfall der Konstruktion. Ganz allgemein gilt unter Bezugnahme auf Fig. 5:

$$J_{yz} = -J_1 \cos \alpha_2 \cos \alpha_3 - J_2 \cos \beta_2 \cos \beta_3 - J_3 \cos \gamma_2 \cos \gamma_3$$

$$\alpha_1 = 0$$

$$\beta_1 = 90^\circ$$

$$\gamma_1 = 90^\circ$$

Richtungswinkel der x-Achse

gegenüber den Hauptträgheitsachsen $\xi \cdot \eta \cdot \zeta$

$$\alpha_2 = 90^\circ$$

$$\beta_2 = \psi$$

$$\gamma_2 = 90^\circ + \psi$$

Richtungswinkel der y-Achse gegenüber den

Hauptträgheitsachsen $\xi \cdot \eta \cdot \zeta$

$$\alpha_3 = 90^\circ$$

$$\beta_3 = 90^\circ - \psi$$

$$\gamma_3 = \psi$$

Richtungswinkel der z-Achse gegenüber den

Hauptträgheitsachsen $\xi \cdot \eta \cdot \zeta$

$$J_2 = J_\eta = \frac{m}{4} (r_a^2 + r_i^2 + \frac{h^2}{3})$$

$$J_3 = J_\zeta = \frac{m}{2} (r_a^2 + r_i^2)$$

5

(Anmerkung: $J_3 \approx 2 J_2$

[0047] Ziel: J_{yz} soll eine bestimmte Größe haben

$J_{yz} \uparrow \} J_3 \uparrow J_2$ erhöht sich zwangsläufig!)

10

Deviationsmoment

[0048]

15

$$J_{yz} = -J_2 \cos\psi \sin\psi + J_3 \cos\psi \sin\psi$$

Unabhängig von Fig. 5 gilt:

20

Moment infolge Massenkraft der Kolben

[0049]

25

$$\beta_i = \theta + 2\pi (i-1) \frac{1}{n}$$

30

$$Z_i = R \cdot \omega^2 \tan\alpha \cos\beta_i$$

35

$$F_{mi} = m_k \cdot z_i$$

40

$$M(F_{mi}) = m_k \cdot R \cdot \cos\beta_i \cdot z_i$$

45

$$M_{k,ges} = m_k \cdot R \sum_{i=1}^n z_i \cdot \cos\beta_i$$

Moment M_{sw} infolge Deviationsmoment

[0050]

50

$$M_{sw} = J_{yz} \cdot \omega^2$$

55

$$J_{yz} = \left\{ \frac{m_{sw}}{2} (r_a^2 + r_i^2) - \frac{m_{sw}}{4} \left(r_a^2 + r_i^2 + \frac{h^2}{3} \right) \right\} \cos\alpha \sin\alpha$$

$$J_{yz} = \frac{m_{sw}}{24} \sin 2\alpha (3r_a^2 + 3r_i^2 - h^2)$$

5

$$M_{sw} \geq M_{k,ges}$$

10 bzw.

15

$$[\omega^2 R^2 \cdot m_k \tan \alpha \sum_{i=1}^n \cos^2 \beta \leq \omega^2 \frac{m_{sw}}{24} \sin 2\alpha (3r_a^2 + 3r_i^2 - h^2)]$$

[0051] Dabei bedeuten die oben verwendeten Größen was folgt:

20	θ	Drehwinkel der Welle (wobei die vor- und nachstehenden Betrachtungen der Einfachheit halber für $\theta=0$ angestellt werden)
	η	Anzahl der Kolben
	R	Abstand der Kolbenachse zur Wellenachse
	ω	Wellendrehzahl
25	α	Kippwinkel des Schwenkringes/Schwenkscheibe
	m_k	Masse eines Kolbens inklusive Gleitsteine bzw. Gleitsteinpaar
	$m_{k,ges}$	Masse aller Kolben inklusive Gleitsteine
	m_{sw}	Masse des Schwenkringes
	r_a	Außenradius des Schwenkringes
30	r_i	Innenradius des Schwenkringes
	h	Höhe des Schwenkringes
	ρ	Dichte des Schwenkringes
	V	Volumen des Schwenkringes
	β_i	Winkelposition des Kolbens i
35	z_i	Beschleunigung des Kolbens i
	F_{mi}	Massenkraft des Kolbens i (inklusive einem Gleitsteinpaar)
	$M(F_{mi})$	Moment infolge der Massenkraft des Kolbens i
	$M_{k,ges}$	Moment infolge der Massenkraft aller Kolben
	M_{sw}	Moment infolge des Aufstellmomentes des Schwenkringes/Schwenkscheibe bzw. infolge des Deviationsmoments (J_{yz})
40	J =	f (ρ , r, h) Massenträgheitsmoment

[0052] Der qualitative Verlauf A3 ist beispielsweise aus älteren Druckschriften der Anmelderin bekannt. Bei einem derartigen Verdichter hat die Schwenkscheibe 2 ihre Nulllage bei etwa 0° . Durch eine entsprechende Masseverteilung bzw. eine entsprechende Ausarbeitung der Geometrie bzw. der Dichte der Schwenkscheibe 2 kann erreicht werden, dass das Deviationsmoment erfindungsgemäß für negative Auslenkwinkel der Schwenkscheibe 2 einen Nulldurchgang hat. Dies ist beim erfindungsgemäßen Verdichter für alle Ausführungsformen der Fall. In einer ersten bevorzugten Ausführungsform (aus den Figuren nicht ersichtlich) weist die Schwenkscheibe 2 des Verdichters eine derartige Geometrie und/oder Masseverteilung und/oder Dichte auf, dass der Gleichgewichtsauslenkwinkel bei einer zunehmenden Drehzahl des Verdichters sinkt. Diese Bedingung ist für einen vorbestimmten Auslenkwinkelbereich von 0° bis 4° realisiert. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass je nach Geometrieverteilung und je nach Wunsch auch andere Auslenkwinkelintervalle bzw. andere Auslenkwinkelbereiche in Frage kommen.

[0053] Eine derartige Ausgestaltung eines Verdichters wird dadurch erreicht, dass an der Schwenkscheibe bzw. dem schwenkbaren Anteil derselben Stellen reduzierter Materialansammlungen in Form von Bohrungen und Nuten angebracht sind, wobei es auch denkbar wäre, dass zusätzlich bzw. alternativ hierzu Stellen vorgesehen sind, welche aus einem Material bestehen, das unterschiedlich zu dem Material ist, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe bzw. ihres schwenkbaren Anteils gefertigt ist. Die Stellen aus unterschiedlichem Material sind in der bevorzugten Ausführungsform aus einem Material geringerer Dichte, das eine Dichte aufweist, die kleiner als $7,83 \text{ g/cm}^3$ ist. Das Material

in der bevorzugten Ausführungsform weist eine Dichte von etwa $1,5 \text{ g/cm}^3$ auf. Das Kippmoment M_{sw} infolge rotierender Massen und das Kippmoment $M_{\text{k, ges}}$ infolge der oszillierenden Massen sind bei der ersten bevorzugten Ausführungsform für vorbestimmte Auslenkwinkelbereiche, insbesondere für große Auslenkwinkel in etwa gleich groß.

[0054] In einer weiteren (zweiten) bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verdichters wird das gewünschte Regelverhalten nicht nur durch eine Geometrieangepassung der Schwenkscheibe erreicht, sondern zusätzlich dadurch unterstützt, dass die Schwenkscheibe 2 mit einem elastischen Element in Form einer Schraubenfeder in Wirkeingriff steht, welches zwischen dem minimalen Auslenkwinkel und dem Gleichgewichtsauslenkwinkel in der Art einer Zugfeder und im Bereich zwischen dem Gleichgewichtsauslenkwinkel und einem maximalen Auslenkwinkel in Art einer Druckfeder wirkt. Die Schwenkscheibe 2 ist weiterhin, wie bereits erwähnt, (vgl. hierzu auch Fig. 6 und 7) an der längs der Antriebswelle axial verschieblich gelagerten Schiebehülse 3 schwenkbar gelagert. Das elastische Element in der zweiten Ausführungsform (vgl. Fig. 7), d.h. die Feder 4a, ist zwischen einer der Schiebehülse 3 zugeordneten Anlagefläche und einer weiteren Anlagefläche längs der Antriebswelle 1 ebenfalls axial verschieblich gelagert. Die Feder 4a steht einerseits mit einem scheibenförmigen Mitnehmer über eine Haltevorrichtung in Wirkeingriff, während sie auf der anderen Seite mit der Schiebehülse 3 über eine weitere Haltevorrichtung in Wirkeingriff steht.

[0055] Durch eine entsprechende Einstellung der Deviationsmomente kann der gewünschte Verlauf B aus Fig. 4 erreicht werden. Die Darstellung hat Gültigkeit im Bereich kleiner Auslenkwinkel, welcher für den verdichteten Betriebszustand "aus" maßgebend ist. Der Bereich geht etwa von 0° bis etwa zum Gleichgewichtsauslenkwinkel. In der Praxis ist dieser in einem Bereich zwischen 0° und 4° angeordnet. Im Bereich größerer Auslenkwinkel, welche etwa 4° bis 18° betragen können, verhalten sich Schwenkscheiben entsprechend dem Stand der Technik abregelnd, da diese Auslenkwinkel in der Regel oberhalb der Nulllage der Schwenkscheibe liegen. Man kann dieses Merkmal beispielsweise aus Fig. 3 ersehen.

[0056] In Fig. 4 ist auch eine bevorzugte Auslegung des Momentengleichgewichts angegeben. Für etwa den maximalen Auslenkwinkel der Schwenkscheibe 2 ist das Kippmoment infolge der rotierenden Massen (Schwenkscheibe 2) M_{sw} und das Kippmoment infolge der oszillierenden Massen (Kolbengleitsteine etc.) $M_{\text{k, ges}}$ in etwa gleich groß. Für kleine Auslenkwinkel kann ein Ungleichgewicht akzeptiert werden.

[0057] In Fig. 4 sind weiterhin qualitativ die Verläufe für den Betriebszustand Verdichter "aus" angegeben, und zwar für eine vergleichsweise geringe und eine vergleichsweise hohe Drehzahl. Die Darstellung wurde bereits in der vorstehenden Erläuterung erörtert.

[0058] Wie bereits obenstehend erwähnt, ist die Feder 4a bei dem Verdichter gemäß Fig. 7 sowohl als Stell- als auch als Rückstellfeder vorgesehen und wird damit als Zug- und Druckfeder eingesetzt. Hierzu ist, wie ebenfalls obenstehend erwähnt, eine Haltevorrichtung vorgesehen, die diesen Einsatz der Feder 4a ermöglicht. Dies ist in der bevorzugten Ausführungsform an beiden Seiten der Feder ein Halteblech. An der einen Seite ist die Feder über das Halteblech, wie bereits erwähnt, mit der auf der Welle befestigten Mitnehmerscheibe 15 verbunden bzw. an dieser befestigt, während die Feder auf der anderen Seite über ein Halteblech mit der auf der Welle 1 befindlichen Schiebehülse 3 verbunden ist. Die Halterung weist eine Blechlasche auf, die jeweils um die letzte Windung des jeweiligen betreffenden Federendes gelegt wird. Prinzipiell könnte man die Befestigung der Feder 4a konstruktiv auch anders lösen, eventuell können die Haltebleche auch eingespart werden, indem die Feder direkt mit den Teilen Mitnehmerscheibe und Schiebehülse 3 verbunden wird.

[0059] Alternativ ist auch eine Konstruktion gemäß Fig. 6 denkbar, welche ein Triebwerk mit einer Rückstellfeder 4 zeigt. Der Einsatz eines derartigen Triebwerks ist prinzipiell nicht auszuschließen, allerdings ist eine solche Konfiguration bevorzugt für den Bereich von Verdichtern mit Magnetkupplung vorgesehen.

[0060] Eine bevorzugte Triebwerksvariante, was Federn bzw. was den Einsatz einer Rückstellfeder und einer Druckfeder betrifft, ist aus Fig. 1 ersichtlich. Dieser Verdichter weist zwei Federn auf. Allerdings ist die Schwenkscheibengeometrie für die Einstellung des gewünschten Deviationsmoments ungeeignet.

[0061] Hierzu sei angemerkt, dass eine Scheiben- bzw. Ringgeometrie entsprechend den Abbildungen 6 und 7 zu bevorzugen ist, da besonders die hohe Ringscheibe Raum für notwendige Bohrungen, Nuten etc. zur Einstellung des Deviationsmomentes ermöglicht.

[0062] Obwohl die Erfindung anhand von Ausführungsformen mit fester Merkmalskombination beschrieben wird, umfasst sie doch auch die denkbaren weiteren vorteilhaften Kombination dieser Merkmale, wie sie insbesondere, aber nicht erschöpfend, durch die Unteransprüche angegeben sind. Sämtliche in den Anmeldungsunterlagen offenbarten Merkmale werden als erfindungswesentlich beansprucht, soweit sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Bezugszeichenliste

[0063]

1 Antriebswelle

	1a	Kolben
	2	Schwenkscheibe bzw. Schwenkring
	3	Schiebehülse
	4,4a	Feder
5	5	Stützelement
	6	Kraftübertragungselement
	7	Aussparung
	8	Aussparung
	9	Bohrung
10	10	Sprungring
	11	Antriebsbolzen
	12	Sprungring
	13	Abflachung
	14	Abflachung
15	15	Mitnehmerscheibe

Patentansprüche

- 20 1. Verdichter, insbesondere Axialkolbenverdichter der Schwenkscheibenbauart, weiterhin insbesondere Verdichter für Kraftfahrzeug-Klimaanlagen, mit wenigstens einem Kolben (1a) und einer in ihrer Neigung zu einer Antriebswelle (1) verstellbaren, von der Antriebswelle (1) drehangetriebenen, insbesondere ringförmigen Schwenkscheibe (2), welche ein Deviationsmoment J_{YZ} aufweist,
- 25 **dadurch gekennzeichnet, dass**
das Deviationsmoment J_{YZ} der Schwenkscheibe (2) in Abhängigkeit vom Auslenkwinkel derselben für negative Auslenkwinkel der Schwenkscheibe (2) einen Nulldurchgang aufweist.
- 30 2. Verdichter nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Schwenkscheibe (2) eine derartige Geometrie und/oder Massenverteilung und/oder Dichte ρ aufweist, dass ihr Gleichgewichtsauslenkwinkel wenigstens für einen vorbestimmten Auslenkwinkelbereich bzw. für ein vorbestimmtes Auslenkwinkelintervall mit einer zunehmenden Drehzahl des Verdichters sinkt.
- 35 3. Verdichter nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der vorbestimmte Auslenkwinkelbereich Auslenkwinkel von 0° bis 4° umfasst.
- 40 4. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
an der Schwenkscheibe (2) bzw. einem schwenkbaren Anteil derselben Stellen reduzierter Materialansammlung und/oder Stellen vorgesehen sind, welche aus einem Material bestehen, das unterschiedlich zu dem Material ist, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe bzw. des schwenkbaren Anteils derselben ist.
- 45 5. Verdichter nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Stellen reduzierter Materialansammlung Bohrungen und/oder Nuten umfassen.
- 50 6. Verdichter nach einem der Ansprüche 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Material an den Stellen, die aus einem Material bestehen, das unterschiedlich zu dem Material ist, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe (2) bzw. des schwenkbaren Anteils derselben besteht, eine geringere Dichte ρ aufweist, als das Material, aus dem der wesentliche Rest der Schwenkscheibe (2) bzw. der schwenkbar Anteil derselben gefertigt ist.
- 55 7. Verdichter nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Material geringerer Dichte eine Dichte ρ aufweist, die kleiner als $7,83 \text{ g/cm}^3$, insbesondere in etwa gleich $1,5 \text{ g/cm}^3$ ist.

8. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Schwerpunkt der Schwenkscheibe (2) auf einer dieser zugeordneten Kippachse liegt.

9. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein Kippmoment M_{SW} infolge rotierender Massen und ein Kippmoment $M_{k,ges}$ infolge oszillierender Massen wenigstens für vorbestimmte Auslenkwinkelbereiche, insbesondere für große Auslenkwinkel etwa gleich groß sind.

10. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Schwenkscheibe (2) nur mit einem elastischen Element (4a) direkt oder indirekt in Wirkeingriff steht, welches zwischen einem minimalen Auslenkwinkel und einem Gleichgewichtsauslenkwinkel in der Art einer Zugfeder und in einem Bereich zwischen dem Gleichgewichtsauslenkwinkel und einem maximalen Auslenkwinkel in der Art einer Druckfeder wirkt.

11. Verdichter nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das elastische Element (4a) eine Feder, insbesondere Schraubenfeder ist.

12. Verdichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Schwenkscheibe (2) an einer längs der Antriebswelle (1) axial verschieblich gelagerten Schiebehülse (3) schwenkbar gelagert ist.

13. Verdichter nach einem der Ansprüche 10 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das elastische Element (4a) zwischen einer der Schiebehülse (3) zugeordneten Anlagefläche und einer weiteren Anlagefläche längs der Antriebswelle (1) axial verschieblich auf derselben gelagert ist.

14. Verdichter nach einem der Ansprüche 10 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das elastische Element (4a) mit einem insbesondere scheibenförmigen Mitnehmer, insbesondere einer Mitnehmerscheibe, weiterhin insbesondere über eine Haltevorrichtung in Wirkeingriff steht.

15. Verdichter nach einem der Ansprüche 10 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
 das elastische Element (4a) mit der Schiebehülse (3) über eine gegebenenfalls weitere Haltevorrichtung in Wirkeingriff steht.

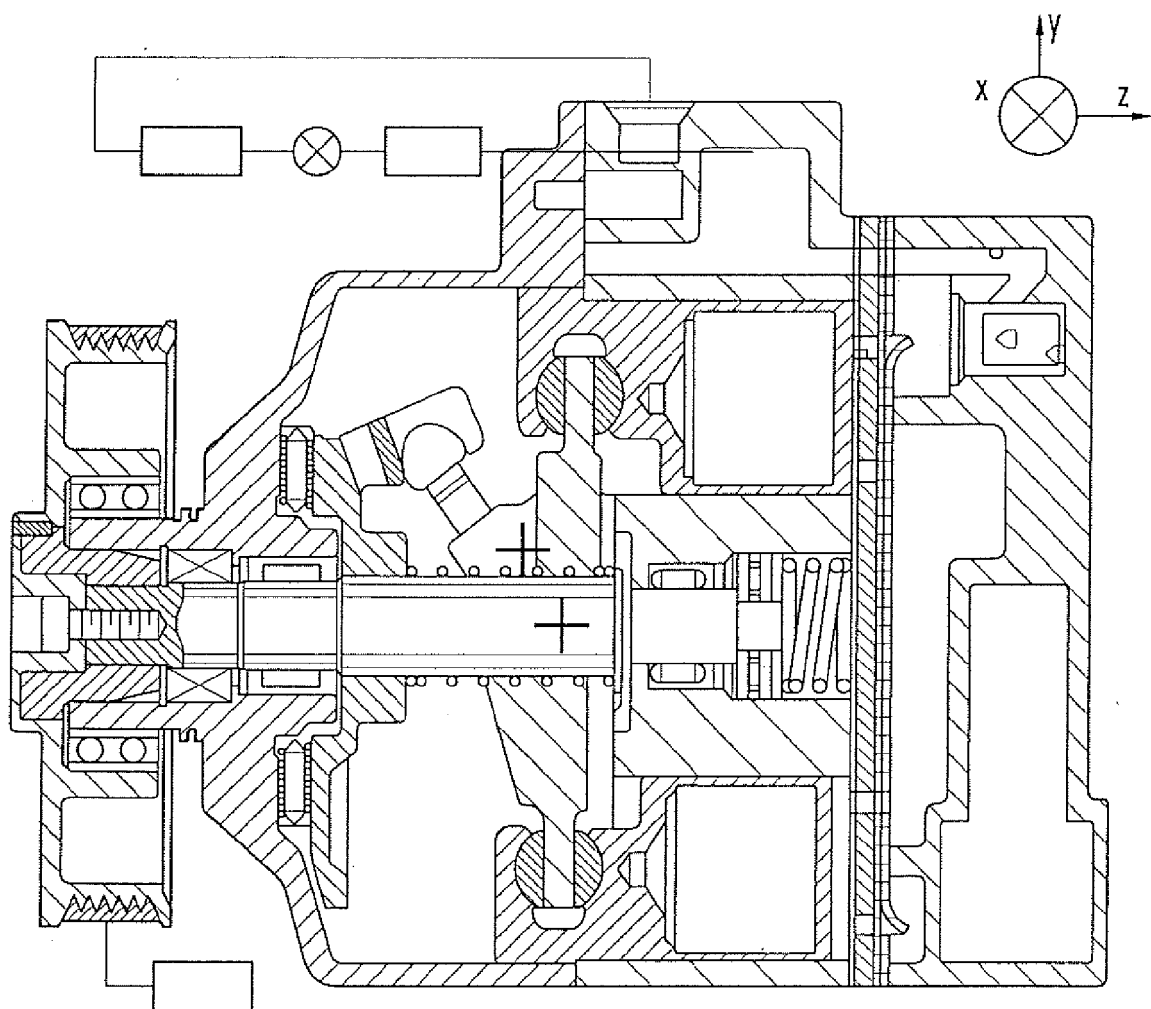


Fig. 1

STAND DER TECHNIK

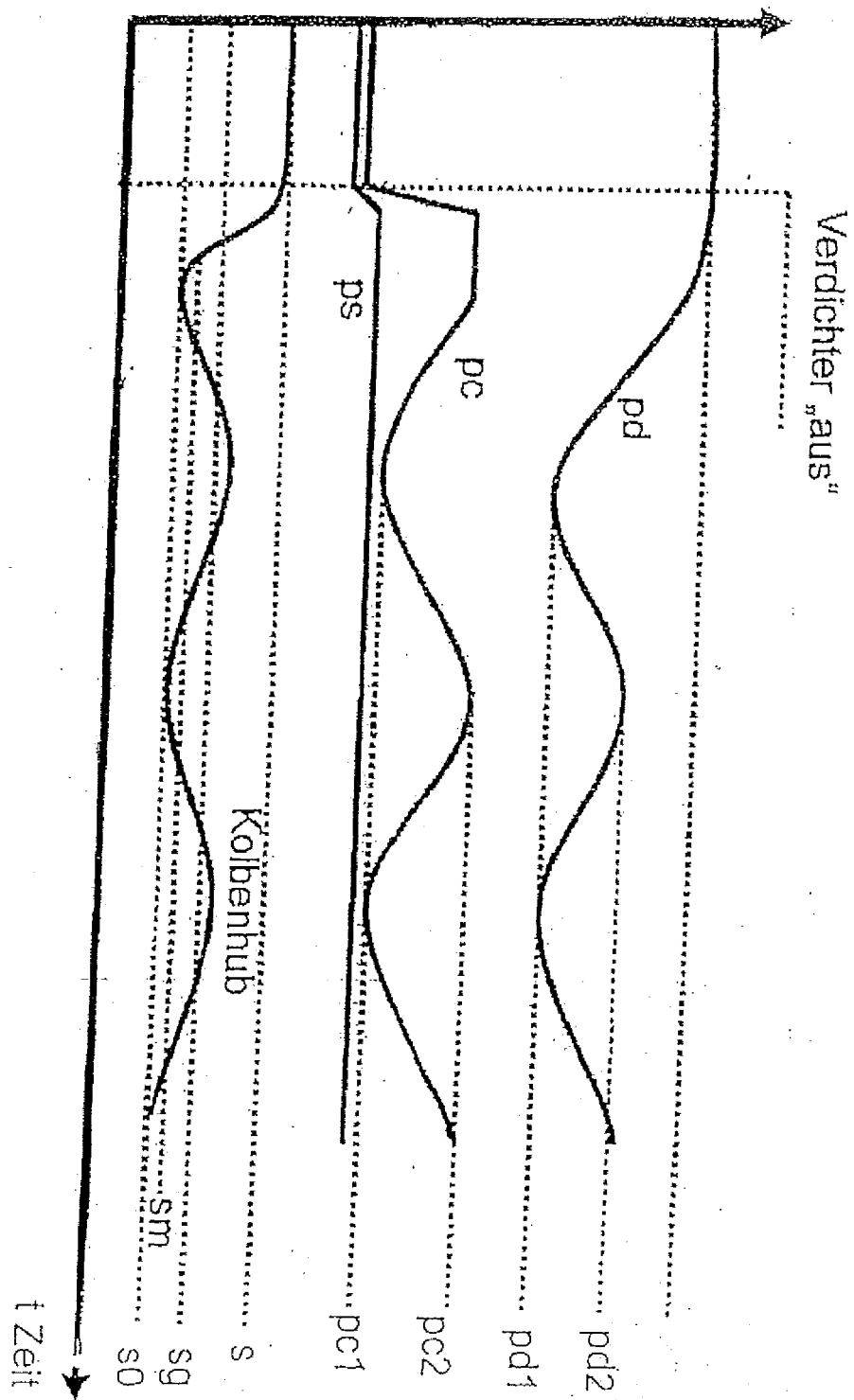


Fig. 2

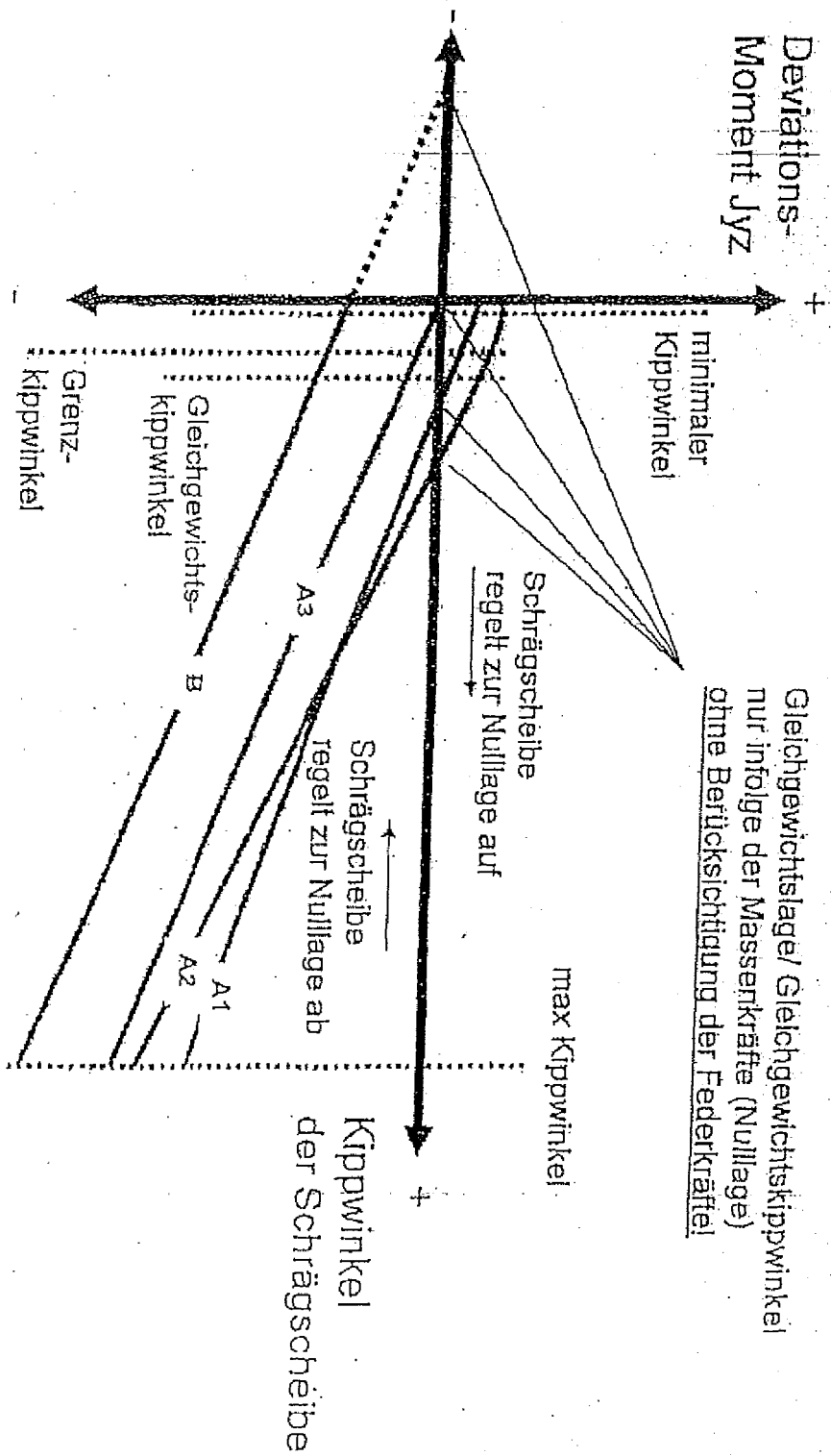


Fig. 3

Abbildung 4

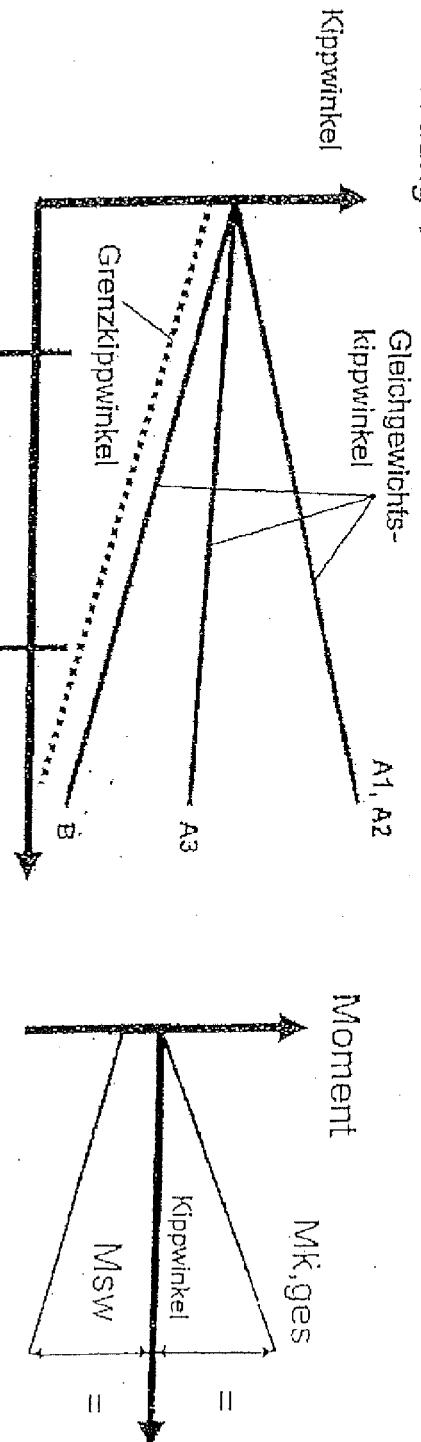


Fig. 4a

Fig. 4b

Kippwinkel der
Schrägscheibe

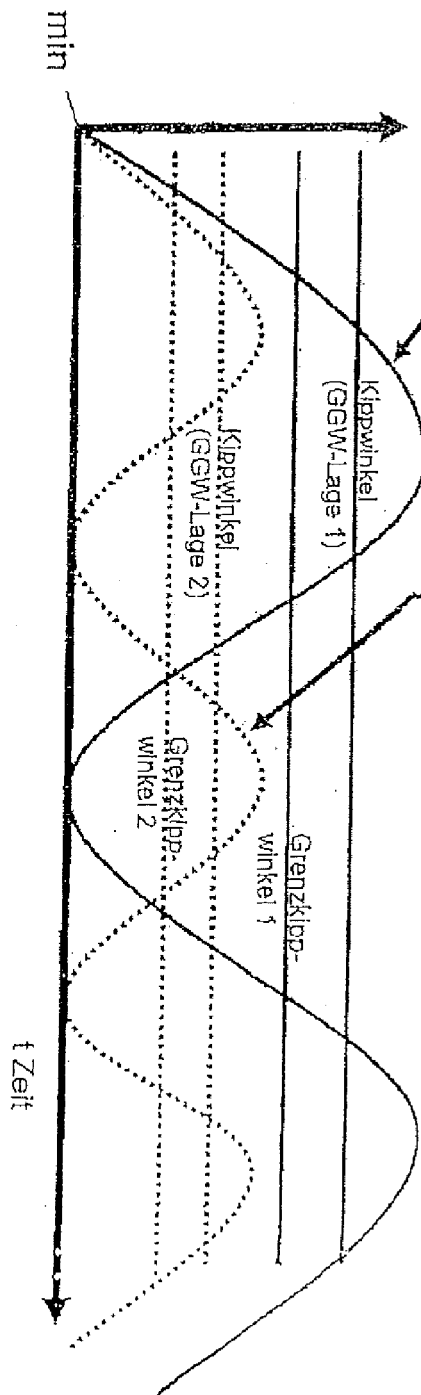


Fig. 4c

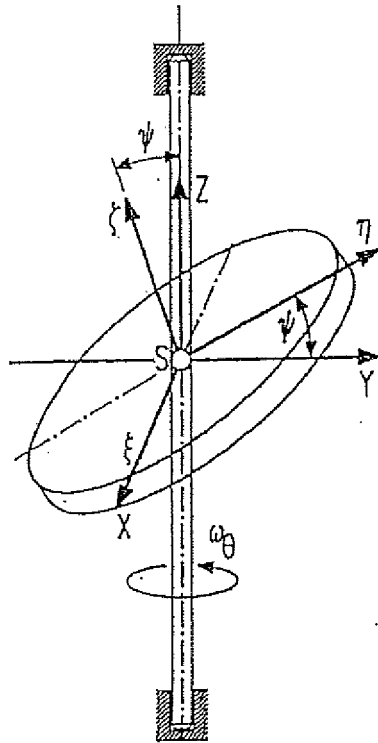


Fig. 5.

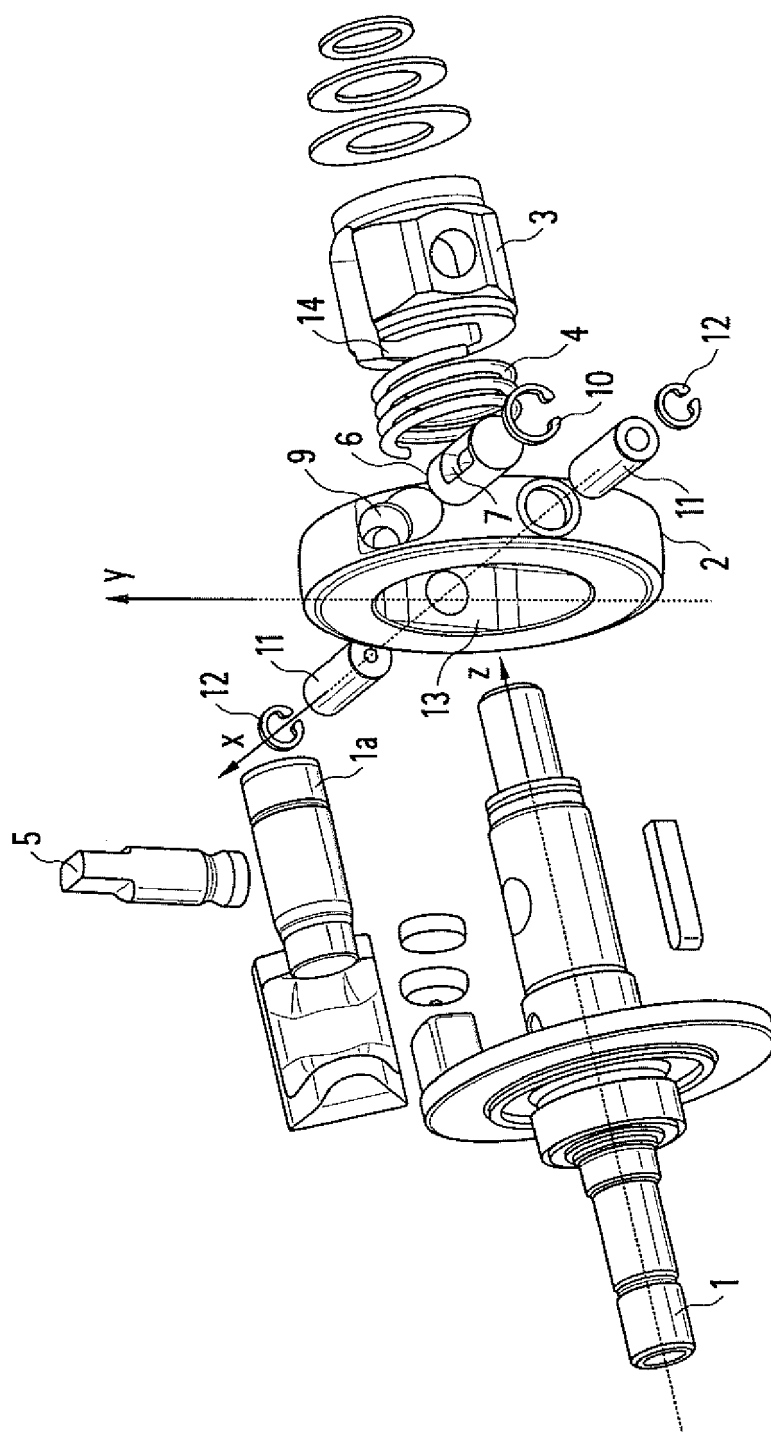


Fig. 6

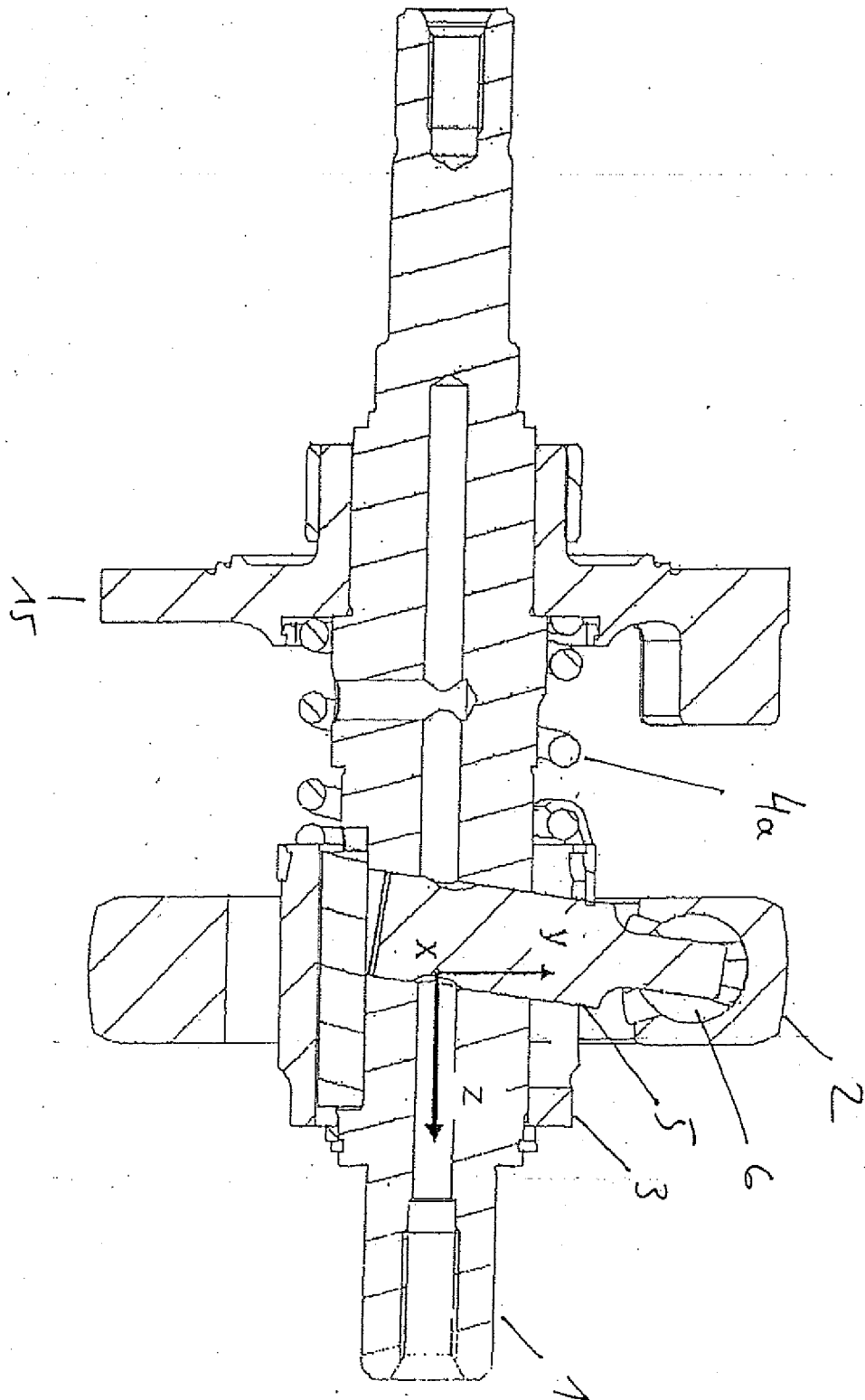


Fig. 7



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 08 17 0374

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2005/124150 A (ZEXEL VALEO COMPRESSOR EUROPE GMBH [DE]) 29. Dezember 2005 (2005-12-29) * Seite 4, Zeile 16 - Seite 5, Zeile 28 * * Seite 14, Zeile 15 - Seite 16, Zeile 14 * * Seite 17, Zeile 5 - Seite 19, Zeile 16 * * Seite 23, Zeile 9 - Zeile 27 * * Seite 24, Zeile 28 - Seite 25, Zeile 11 * * Abbildung 12 *	1-11	INV. F04B27/10 F04B27/18
X	WO 2005/050016 A (ZEXEL VALEO COMPRESSOR EUROPE GMBH [DE]) 2. Juni 2005 (2005-06-02) * Seite 5, Zeile 19 - Seite 12, Zeile 7 * * Seite 14, Zeile 31 - Seite 16, Zeile 13 * * Seite 19, Zeile 1 - Seite 20, Zeile 10 * * Abbildungen 6,7 *	1-3,8-15	
A	EP 1 602 829 A (ZEXEL VALEO COMPRESSOR EUROPE GMBH [DE]) 7. Dezember 2005 (2005-12-07) * Absatz [0037] - Absatz [0051] * * Absatz [0053] - Absatz [0057] * * Abbildungen 5-7,8a-8c,9 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04B
A	DE 103 29 393 A1 (ZEXEL VALEO COMPRESSOR EUROPE GMBH [DE]) 5. Januar 2005 (2005-01-05) * Absatz [0062] - Absatz [0076] * * Anspruch 1 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 24. März 2009	Prüfer Gnüchtel, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 17 0374

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-03-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2005124150 A	29-12-2005	DE 102004029021 A1 EP 1766234 A1	29-12-2005 28-03-2007
WO 2005050016 A	02-06-2005	AT 390560 T DE 10354038 A1 EP 1692396 A1 JP 2007511702 T	15-04-2008 23-06-2005 23-08-2006 10-05-2007
EP 1602829 A	07-12-2005	DE 102004027321 A1	22-12-2005
DE 10329393 A1	05-01-2005	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 6425741 B1 [0003] [0006] [0007] [0016] [0023] [0025] [0026] [0043] [0044]
- US 6425741 B [0018] [0019]