(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 019 702 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.11.2017 Patentblatt 2017/46

(21) Anmeldenummer: **14736347.7**

(22) Anmeldetag: **01.07.2014**

(51) Int Cl.:
F01B 3/00 *(2006.01)* ***F04B 1/16*** *(2006.01)*
F04B 1/29 *(2006.01)* ***F01B 3/02*** *(2006.01)*
F01B 3/10 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/063915

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/003954 (15.01.2015 Gazette 2015/02)

(54) **AXIALKOLBENMASCHINE**

AXIAL PISTON MACHINE

MACHINE À PISTONS AXIAUX

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

(30) Priorität: **11.07.2013 DE 102013213614**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.05.2016 Patentblatt 2016/20

(73) Patentinhaber: **Volkswagen Aktiengesellschaft**
38440 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:
- **CARSTENSEN, Asmus**
  38557 Osloss (DE)
- **SEMKE, Artur**
  38446 Wolfsburg (DE)
- **SCHULENBURG, Thomas**
  38550 Isenbüttel (DE)
- **HERR, Andreas**
  38442 Wolfsburg (DE)
- **DALLMANN, Marcus**
  38527 Meine (DE)
- **VOLKMANN, Jörg**
  38459 Bahrdorf (DE)
- **MAISCHIK, Thomas**
  38102 Braunschweig (DE)
- **HUPFELD, Bernd**
  38518 Gifhorn (DE)

(74) Vertreter: **Bungartz, Florian et al**
Van-Gogh-Strasse 3
81479 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2005/012692
DE-A1-102010 036 917
DE-A1-102011 118 622
US-A- 2 238 252

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 019 702 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Axialkolbenmaschine und insbesondere einen Axialkolbenmotor für eine Kreisprozessvorrichtung zur Nutzung von Abwärme einer Brennkraftmaschine.

[0002] Kraftfahrzeuge werden derzeit zumeist mittels Brennkraftmaschinen angetrieben, in denen Kraftstoffe verbrannt und die dabei freigesetzte Wärmeenergie teilweise in mechanische Arbeit umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad von Hubkolben-Brennkraftmaschinen, die für den Antrieb von Kraftfahrzeugen nahezu ausschließlich eingesetzt werden, liegt bei ca. einem Drittel der eingesetzten Primärenergie. Demnach stellt zwei Drittel der bei der Verbrennung freigesetzten Wärmeenergie Abwärme dar, die entweder über die Motorkühlung oder den Abgasstrang als Verlustwärme an die Umgebung abgegeben wird.

[0003] Eine Nutzung dieser Abwärme stellt eine Möglichkeit dar, den Gesamtwirkungsgrad einer Antriebseinheit des Kraftfahrzeugs zu steigern und damit den Kraftstoffverbrauch zu senken.

[0004] Die DE 10 2008 028 467 A1 beschreibt eine Vorrichtung zur Nutzung von Abwärme einer Verbrennungskraftmaschine. Dazu ist in den Abgasstrang der Verbrennungskraftmaschine ein erster Wärmetauscher, der Verdampfer, einer Dampfkreisprozessvorrichtung integriert. Die in dem Wärmetauscher von dem Abgas auf ein Arbeitsmedium der Dampfkreisprozessvorrichtung übertragene Wärmeenergie wird in einer Expansionsvorrichtung teilweise in mechanische Energie umgewandelt, die beispielsweise zur Unterstützung des Antriebs eines Kraftfahrzeugs oder zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt werden kann. Stromab der Expansionsvorrichtung wird das Arbeitsmedium in einem zweiten Wärmetauscher, dem Kondensator, abgekühlt, wobei es kondensiert. Über eine Speisepumpe erfolgt eine Druckerhöhung des Arbeitsmediums und dessen Zufuhr zu dem Verdampfer.

[0005] Als Expansionsvorrichtung in einem solchen System zur Abwärmenutzung kann ein Axialkolbenmotor eingesetzt werden, wie dies aus der DE 10 2010 052 508 A1 bekannt ist.

[0006] Axialkolbenmotoren weisen einen Zylinderkörper auf, in dem mehrere Zylinder in gleichmäßiger Teilung ausgebildet sind. In jedem der Zylinder ist ein Kolben beweglich geführt, wobei ein Phasenversatz in den Kolbenpositionen vorgesehen ist, der bezogen auf einen Bewegungszyklus der Kolben ("Kolbenzyklus": OT→UT→OT bzw. UT→OT→UT) der Teilung zwischen den Zylindern entspricht. Über Einlass- und Auslassventile wird zur Ausübung eines Arbeitstakts (OT→UT) jedes Kolbens ein unter Druck stehendes Fluid nacheinander in den entsprechenden Zylinder eingebracht, das dort gegebenenfalls (bei einem pneumatischen Axialkolbenmotor) expandiert und eine Bewegung des jeweiligen Kolbens bewirkt. In einem sich an den Arbeitstakt anschließenden Auslasstakt (UT→OT) jedes Kolbens wird das Fluid wieder ausgestoßen. Die Bewegungen der Kolben werden über eine schräg zu den Längsachsen der Zylinder angeordneten Platte, an die die Kolben direkt oder über Pleuel angebunden sind, auf eine Abtriebswelle übertragen.

[0007] Axialkolbenverdichter bzw. -pumpen weisen einen zu Axialkolbenmotoren im Wesentlichen identischen Aufbau auf, wobei mechanische Antriebsleistung von der Welle über die schräg angeordnete Platte auf die Kolben übertragen und dabei eine Drehbewegung der Welle bzw. eines damit verbundenen Antriebsmotors in die zyklische Bewegung der Kolben übersetzt wird. In dem Arbeitstakt (UT→OT) der einzelnen Kolben wird ein zuvor während eines Ansaugtakts (OT→UT) in die Zylinder eingebrachtes Fluid verdrängt und/oder verdichtet und ausgestoßen.

[0008] Axialkolbenmaschinen (Axialkolbenmotoren und Axialkolbenverdichter bzw. -pumpen) werden regelmäßig in einer von drei Bauweisen ausgeführt.

[0009] Bei der Schrägscheiben- sowie der Schrägachsenbauart rotiert der Zylinderkörper mitsamt den Kolben. Bei der Schrägscheibenbauart ist die Welle dabei parallel zum Zylinderkörper angeordnet und drehfest mit diesem verbunden. Die die Bewegung der Kolben steuernde schräge Platte ist feststehend ausgebildet. Bei der Schrägachsenbauart verlaufen die Längsachsen der Welle, einschließlich des Flansches ("schräge Platte"), an dem die Kolben angreifen, und der Zylinder schräg zueinander. Bei der Taumelscheibenbauart rotiert der Zylinderkörper mit den darin geführten Kolben nicht. Gleiches gilt für eine Taumelscheibe, an der die Kolben über Pleuel angebunden sind. Die Taumelscheibe liegt drehbar auf einem Taumelscheibenfuß auf, wobei die Auflagefläche des Taumelscheibenfußes und damit die Ausrichtung der Taumelscheibe schräg bezüglich der Längsachsen der Zylinder ausgerichtet ist. Der Taumelscheibenfuß ist drehfest mit der Welle verbunden.

[0010] Bei Axialkolbenmaschinen der Taumelscheibenbauart ist regelmäßig vorgesehen, ein ungewolltes Mitdrehen der Taumelscheibe mit dem Taumelscheibenfuß durch eine drehfeste Fixierung der Taumelscheibe in oder an dem Gehäuse der Axialkolbenmaschine sicherzustellen. Hierzu wird regelmäßig an einer oder mehreren Stellen auf dem Außen- oder Innenumfang der ringförmigen Taumelscheibe eine Nut vorgesehen, in die ein länglicher, gekrümmt verlaufender Vorsprung des Gehäuses oder eines mit dem Gehäuse verbundenen Bauteils eingreift. Diese Nut-Vorsprung-Verbindungen verhindern ein Verdrehen der Taumelscheibe, erlauben gleichzeitig aber eine Bewegung entlang des Verlaufs des Vorsprungs, wodurch die Taumelbewegung der Taumelscheibe ermöglicht wird.

[0011] Die Einlass- und Auslassventile von Axialkolbenmaschinen werden regelmäßig in Form eines Drehschiebers ausgebildet, der drehfest mit der Welle verbunden ist und in Abhängigkeit von den jeweiligen Kolbenpositionen Einlass- und Auslassöffnungen der einzelnen Zylinder temporär mit einem Einlass- bzw. Aus-

lasskanal verbindet.

[0012] Ausgehend von diesem Stand der Technik lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Axialkolbenmaschine der Taumelscheibenbauart anzugeben, die sich durch einen möglichst hohen Wirkungsgrad und/oder einen gleichförmigen Verlauf auszeichnet.

[0013] Diese Aufgabe wird durch eine Axialkolbenmaschine gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen davon sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche und ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung.

[0014] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei einer Axialkolbenmaschine der Taumelscheibenbauart infolge der Fixierung der Taumelscheibe zur Verdrehsicherung eine Ungleichförmigkeit in der Taumelbewegung erzeugt wird, die zu einem ungleichförmigen Phasenversatz in den Kolbenpositionen benachbarter Kolben sowie in einem ungleichförmigen Geschwindigkeitsverlauf benachbarter Kolben führt. Dadurch entstehen zum einen Drehungleichförmigkeiten. Zum anderen wird dadurch die Leistung und der Wirkungsgrad der Axialkolbenmaschine negativ beeinflusst, da die Bewegung einzelner Kolben nicht mehr exakt zu den vorgesehenen und durch die Drehbewegung der Welle vorgegebenen Ventilsteuerzeiten passt. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Einlassventile für alle Zylinder möglichst exakt zum oberen Totpunkt (OT) des jeweiligen Kolbens geöffnet werden sollen. Die Einlassöffnungen aller Zylinder sind bei konventionellen Axialkolbenmaschinen identisch bezüglich der jeweiligen Zylinder angeordnet und ausgebildet. Demnach erfolgt das nacheinander folgende Öffnen der Einlassöffnungen durch den mit der Welle mitrotierenden Drehschieber nach immer der gleichen, der Teilung zwischen den Zylindern entsprechenden Teildrehung der Welle. Die Ungleichförmigkeit, die durch die Übersetzung der Drehbewegung der Welle in die zyklische Linearbewegung des Kolben eingebracht wird, wird dabei nicht berücksichtigt. Dies kann somit dazu führen, dass bei einzelnen Zylindern die Einlassöffnungen von dem Drehschieber geöffnet werden, bevor der dazugehörige Kolben den OT erreicht bzw. nachdem dieser den OT bereits passiert hat. Dies führt zu einer verschlechterten Füllung dieser Zylinder.

[0015] Grundgedanke der Erfindung ist, die Ungleichförmigkeit in den Kolbenbewegungen, die in der Übersetzung der Drehbewegung der Welle in die zyklische Linearbewegung des Kolbens begründet ist, zu kompensieren.

[0016] Dies wird bei einer gattungsgemäßen Axialkolbenmaschine, die einen Zylinderkörper, in dem mehrere (vorzugsweise mindestens drei) Zylinder ausgebildet sind, sowie in den Zylindern beweglich geführte Kolben aufweist, wobei die Kolben an einer Taumelscheibe angebunden sind, der drehbar an einem Taumelscheibenfuß anliegt, und wobei eine Fluidströmung in die und aus den Zylindern mittels Einlass- und Auslassventilen gesteuert wird, erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass variierende Teilungen zwischen den (insbesondere feststehenden) Anbindungen der Kolben an der Taumelscheibe und/oder variierende Öffnungszeiten für die Einlass- und/oder Auslassventile vorgesehen sind.

[0017] Durch eine Variation der Teilungen der Anbindungen der Kolben an die Taumelscheibe kann eine in der Übersetzung begründete Verschiebung der Gesamtbewegung der Kolben ausgeglichen werden, so dass im Ergebnis die Kolben immer nach einer gleichbleibenden Teildrehung der Welle ihren OT und/oder UT erreichen.

[0018] Durch eine Variation der Öffnungszeiten für die Einlass- und/oder Auslassventile kann erreicht werden, dass trotz der durch die Übersetzung bedingten Ungleichförmigkeiten in den Kolbenbewegungen die Öffnungszeiten möglichst exakt zu den jeweiligen Kolbenstellungen passen.

[0019] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die variierenden Öffnungszeiten derart angepasst sind, dass die Einlass- und/oder die Auslassventile aller Zylinder bei identischer Kolbenposition der zugehörigen Kolben öffnen und/oder schließen. Dadurch kann die Füllung der Zylinder und damit die Leistung und gegebenenfalls auch der Wirkungsgrad der Axialkolbenmaschine verbessert werden. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass durch eine zylinderselektive Anpassung die Öffnungszeitpunkte der Einlassventile aller Zylinder auf die OTs der jeweiligen Kolben abgestimmt werden.

[0020] Weiterhin kann vorgesehen sein, dass die variierenden Öffnungszeiten derart angepasst sind, dass die Öffnungsdauer der Einlass- und/oder der Auslassventile zumindest einiger der Zylinder unterschiedlich ist. Dadurch kann insbesondere der Einfluss, den die unterschiedlichen Geschwindigkeitsverläufe der Kolbenbewegungen auf die Füllung der Zylinder mit dem Fluid haben kann, kompensiert werden. Vorzugsweise ist daher vorgesehen, dass die unterschiedliche Öffnungsdauer (d.h. die Winkelbereiche der Teildrehungen der Welle zwischen dem Öffnen und dem erneuten Schließen der Einlass- oder Auslassventile, definiert durch die Summe der jeweiligen Winkel α (Länge der Ein- und Auslassöffnungen 28) und des Winkels γ (Länge der Einlassöffnung des Drehschiebers 38, vgl. Fig. 8)) derart angepasst ist, dass die Massen der in jeweils einem Kolbenzyklus in den Zylindern eingeschlossenen Teilmengen des Fluids möglichst gleich sind.

[0021] In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine kann vorgesehen sein, dass die Einlass- und/oder die Auslassventile in Form eines (Mehrfach-)Drehschieberventils ausgebildet sind. Demnach können die Einlass- und/oder Auslassventile Einlass- und/oder Auslassöffnungen für die einzelnen Zylinder umfassen, die temporär mittels eines Drehschiebers freigegeben und abgedeckt werden. Die variierenden Öffnungszeiten (und damit auch variierende Öffnungsdauer der einzelnen Einlass- und/oder Auslassventile) können dann durch eine variierende Teilung zwischen den Einlass- und/oder Auslassöffnungen einzelner Zylinder und/oder durch unterschiedliche Längen (bezogen auf die Bewegungsrichtung relativ zu dem

Drehschieber) der Einlass- und/oder Auslassöffnungen der Zylinder erzielt werden. Dabei kann, sofern die Phasenbeziehung zwischen Ein- und Auslass aller Zylinder konstant sein kann, nur eine (kombinierte) Ein- und Auslassöffnung je Zylinder vorgesehen sein. Sofern für die einzelnen Zylinder unterschiedliche Phasenbeziehungen zwischen Ein- und Auslass vorgesehen sein sollen, können je Zylinder mindestens eine Einlass- und mindestens eine Auslassöffnung auf unterschiedlichen Radien vorgesehen sein, die von entsprechenden Öffnungen des Drehschiebers temporär freigegebenen werden.

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1: eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Axialkolbenmotors in einer perspektivischen Darstellung;
Fig. 2: den Axialkolbenmotor in einer Draufsicht;
Fig. 3: den Axialkolbenmotor in einem Schnitt entlang der Ebene III - III in Fig. 2;
Fig. 4: den Axialkolbenmotor in einem Schnitt entlang der Ebene IV - IV in Fig. 2;
Fig. 5: einen vergrößerten Ausschnitt des Axialkolbenmotors in einem Schnitt entlang der Ebene V - V in Fig. 2;
Fig. 6: den Drehschieber des Axialkolbenmotors in einer perspektivischen Darstellung;
Fig. 7: den Drehschieber in einer Ansicht von oben;
Fig. 8: den Drehschieber in einer Ansicht von unten;
Fig. 9: den Drehschieber in einem Schnitt entlang der Ebene IX - IX in Fig. 7;
Fig. 10: den Drehschieber in einem Schnitt entlang der Ebene X - X in Fig. 7;
Fig. 11: den Drehschieber in einem Schnitt entlang der Ebene XI - XI in Fig. 7;
Fig. 12: die Zylinderkopfplatte des Axialkolbenmotors in einer Draufsicht;
Fig. 13: eine Taumelscheibe für eine erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine in einer Draufsicht;
Fig. 14: den Verlauf der Kolbenbewegungen bei einer gattungsgemäßen Axialkolbenmaschine mit sechs Zylindern;
Fig. 15: den Verlauf der Zylinderfüllungen bei einer gattungsgemäßen Axialkolbenmaschine mit sechs Zylindern; und
Fig. 16: den Verlauf der Zylinderfüllungen bei einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine mit sechs Zylindern.

[0023] Die Fig. 1 bis 12 zeigen eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine in Form eines Axialkolbenmotors. Der Axialkolbenmotor kann beispielsweise in einer Kreisprozessvorrichtung zur Nutzung von Abwärme eines Verbrennungsmotors eine Kraftfahrzeugs eingesetzt werden. Dabei expandiert ein verdampftes und überhitztes sowie unter Druck stehendes Arbeitsmedium in dem Axialkolbenmotor, wodurch ein Teil der thermischen und potentiellen Energie des Arbeitsmediums in mechanische Energie gewandelt wird.

[0024] Der Axialkolbenmotor ist in Taumelscheibenbauart ausgeführt. Dieser umfasst einen Zylinderkörper 10, der eine Mehrzahl (hier: sechs) von parallel zueinander ausgerichteten, sich durch den gesamten Zylinderkörper 10 erstreckenden Zylindern 12 ausbildet. In jedem der Zylinder 12 ist ein Kolben 14 beweglich geführt. Die Kolben 14 sind über jeweils ein Pleuel 16 mit einer ringförmigen Taumelscheibe 18 verbunden. Die Taumelscheibe 18 ist drehbar auf einem Taumelscheibenfuß 20 gelagert, der drehfest mit einer (Abtriebs-)Welle 22 des Axialkolbenmotors verbunden ist.

[0025] Die Taumelscheibe 18 sowie der Taumelscheibenfuß 20 weisen (koaxiale) Längsachsen auf, die in einem definierten Winkel zu den Längsachsen (und der Rotationsachse der Welle 22) der Zylinder 12 geneigt verlaufen. Dieser Winkel ist mittels eines Einstellbolzens 24 einstellbar. Dazu ist der mit einem Außengewinde versehene Einstellbolzen 24 in einer Gewindeöffnung der Welle 22 geführt.

[0026] Der Druck des nacheinander in die einzelnen Zylinder 12 eintretenden Arbeitsmediums führt aufgrund der Schrägstellung der Taumelscheibe 18 zu einer in Umfangsrichtung gerichteten Kraftkomponente in den Anbindungsstellen der Pleuel 16 an der Taumelscheibe 18. Diese Kraftkomponente bewirkt die gewünschte Drehung der Welle 22. Infolge der Drehung der Welle 22 sowie des damit drehfest verbundenen Taumelscheibenfußes 20 wird die Taumelscheibe 18 in eine taumelnde Bewegung versetzt, die zu einer Auf- und Ab-Bewegung der mit der Taumelscheibe 18 über die Pleuel 16 verbundenen Kolben 14 führt. Dabei bewegt sich jeder der Kolben 14 zyklisch zwischen einem oberen Totpunkt (OT) und einem unteren Totpunkt (UT).

[0027] Die Kolben 14 arbeiten mit zwei Takten. Die Bewegung zwischen dem OT und dem UT jedes Kolbens 14 wird durch das in die jeweiligen Zylinder 12 einströmende Arbeitsmedium bewirkt (Arbeitstakt). Bei der von der Taumelscheibe 18 geführten Bewegung der Kolben 14 zwischen dem UT und dem OT wird das entspannte Arbeitsmedium aus den jeweiligen Zylindern 12 ausgestoßen (Ausstoßtakt). Das Einströmen und Ausstoßen des Arbeitsmediums zu den vorgesehenen Steuerzeiten wird mittels Einlass- und Auslassventilen für jeden der Zylinder 12 realisiert, die von einer Drehschieberventilvorrichtung ausgebildet werden.

[0028] Die Drehschieberventilvorrichtung umfasst eine Zylinderkopfplatte 26, die stirnseitig auf der von der Taumelscheibe 18 beabstandeten Seite an dem Zylinderkörper 10 anliegt. Die Zylinderkopfplatte 26 weist eine kombinierte Ein- und Auslassöffnung 28 für jeden der Zylinder 12 auf (vgl. Fig. 12). Weitere Öffnungen 30 dienen der Aufnahme von Schrauben 32, durch die ein Gehäusekopf 34, die Zylinderkopfplatte 26, der Zylinderkörper 10 sowie ein die Taumelscheibe 18 und den Taumel-

scheibenfuß 20 umgebendes Gehäuse 36 miteinander verbunden sind. An der Zylinderkopfplatte 26 liegt ein Drehschieber 38 an, der drehfest mit der Welle 22 verbunden ist und sich somit im Betrieb des Axialkolbenmotors relativ zu der Zylinderkopfplatte 26 dreht. Dadurch werden die Ein- und Auslassöffnungen 28 der Zylinderkopfplatte 26 abwechselnd und einmal je Umdrehung der Welle 22 in Überdeckung mit einer Einlassöffnung 40 sowie mit einer Auslassöffnung 42 des Drehschiebers 38 gebracht. Die Einlassöffnung 40 und die Auslassöffnung 42 sind dazu auf derselben Kreisbahn um das Zentrum (die Drehachse) des Drehschiebers 38 angeordnet. Bei einer Überdeckung mit der Einlassöffnung 40 wird dem jeweiligen Zylinder 12 über einen zentralen Einlass 44 und einen in den Drehschieber 38 integrierten, radial verlaufenden Einlasskanal 46 das dampfförmige Arbeitsmedium zugeführt. Bei einer Überdeckung mit der Auslassöffnung 42 wird das Arbeitsmedium aus dem jeweiligen Zylinder 12 ausgestoßen und über Auslässe 48 aus dem Axialkolbenmotor abgeführt. Dabei ist die Länge der Einlassöffnung 40 des Drehschiebers 38 (hinsichtlich der Richtung der Drehung relativ zu der Zylinderkopfplatte 26) derart gewählt, dass eine Überdeckung (und damit Einlassventilöffnung) mit der Ein- und Auslassöffnung 28 immer nur eines Zylinders 12 gegeben ist, während die deutlich längere (lediglich durch Verstärkungsstreben 60 unterbrochene) Auslassöffnung 42 des Drehschiebers 38 ein gleichzeitiges Öffnen mehrerer Auslassventile (durch ein Überdecken mit den entsprechenden Ein- und Auslassöffnungen 28 der Zylinderkopfplatte 26) vorsieht.

[0029] Der Einlasskanal 46 des Drehschiebers 38 ist aus fertigungstechnischen Gründen nach außen offen ausgebildet. Bei der Montage des Axialkolbenmotors wird diese Öffnung mittels eines kugelförmigen Verschlusskörpers 50 verschlossen (vgl. Fig. 5).

[0030] Um zu verhindern, dass die Taumelscheibe 18 von der Drehbewegung des Taumelscheibenfußes 20 mitgenommen wird, ist vorgesehen, diese drehfest (bezüglich der Rotationsachse der Welle 22) mit dem Zylinderkörper 10 zu verbinden. Dazu ist eine Sicherungshülse 52 vorgesehen, die über Sicherungsstifte 54 drehfest (bezüglich der Rotationsachse der Welle 22) mit dem Zylinderkörper 10 verbunden ist. Die Sicherungshülse 52 ist zudem über eine kardanartige Gelenkanordnung mit der Taumelscheibe 18 verbunden. Die Gelenkanordnung bindet die Taumelscheibe 18 drehfest (bezüglich der Rotationsachse der Welle 22) an die Sicherungshülse 52 und damit an den Zylinderkörper 10, lässt gleichzeitig jedoch die Taumelbewegung der Taumelscheibe zu. Die Gelenkanordnung umfasst einen Gelenkring 56, der über jeweils zwei Lagerstifte 58 um eine erste Achse drehbar mit der Sicherungshülse 52 (vgl. Fig. 3) sowie um eine zweite, zu der ersten Achse senkrecht verlaufende Achse drehbar mit der Taumelscheibe 18 (vgl. Fig. 4) verbunden ist.

[0031] Bei bekannten, zu dem beschriebenen erfindungsgemäßen Axialkolbenmotor im Wesentlichen funktionsgleichen Axialkolbenmaschinen ist vorgesehen, die Zylinder 12 in gleichmäßiger Teilung in dem Zylinderkörper 10 anzuordnen sowie eine entsprechende Anordnung der Anbindung der Pleuel 16 an der Taumelscheibe 18 vorzusehen. Zudem sind identische Ein- und Auslassöffnungen 28 in der Zylinderkopfplatte 26 für die einzelnen Zylinder 12 vorgesehen. Dies führt infolge der drehfesten Verbindung der Taumelscheibe 18 mit dem Zylinderkörper 10 zu ungleichförmigen Kolbenbewegungen und - daraus folgend - zu einem ungleichmäßigen Phasenversatz zwischen benachbarten Kolben 14. So beträgt bei einer Axialkolbenmaschine mit sechs Zylindern 12 die Teilung zwischen allen benachbarten Zylindern 60°. Der Phasenversatz der Kolbenbewegungen, d.h. die Teildrehung der Welle 22, nach der benachbarte Kolben 14 jeweils ihren OT oder UT erreichen, beträgt jedoch nicht exakt 60°, sondern bis zu einige Grad mehr oder weniger.

[0032] Die Fig. 14 visualisiert diesen Effekt. Dort ist über einer Umdrehung der Welle 22 die Bewegung der sechs Kolben 14 (durchgezogene Linien) dargestellt. Zudem ist für jeden Kolben 14 eine sinusförmige Vergleichsbewegung mit gestrichelter Linie eingetragen. Die Fig. 14 zeigt, dass alle realen Kolbenbewegungen von der jeweiligen sinusförmigen Vergleichsbewegung abweichen, wobei die Abweichungen der einzelnen Kolbenbewegungen zudem teilweise unterschiedlich sind. Lediglich sich im Zylinderkörper 10 gegenüberliegende, d.h. um 180° versetzt angeordnete Kolben 14 weisen identische (lediglich um 180° phasenversetzte) Kolbenbewegungsverläufe auf. Weiterhin verdeutlicht die Fig. 14 den unterschiedlichen, von der Teilung von 60° abweichenden Phasenversatz in den Bewegungen benachbarter Kolben 14. Z.B. beträgt, bezogen auf die Bewegung des bei 180° seinen OT erreichenden Kolbens 14, der Phasenversatz zu den Bewegungen der beiden benachbarten Kolben mehrere Grad weniger als die infolge der 60°-Teilung zu erwartenden 60°. Für die sich im Zylinderkörper 10 jeweils gegenüberliegenden Kolben 14 beträgt der Phasenversatz dagegen entsprechend der Teilung 180°. Die Ungleichförmigkeit und der Phasenversatz in bzw. zwischen den Kolbenbewegungen nimmt dabei tendenziell mit zunehmendem Neigungswinkel der Taumelscheibe 18 zu.

[0033] Der Phasenversatz zwischen den Bewegungen benachbarter Kolben 14 in Verbindung mit der symmetrischen Anordnung der Einlass- und Auslassöffnungen 28 in der Zylinderkopfplatte 26 konventioneller Axialkolbenmaschinen führt dazu, dass die Ein- und Auslassventile nicht immer exakt zur vorgesehenen Stellung des jeweiligen Kolbens 14 (z.B. im OT) öffnen. Dies sowie die unterschiedlichen Verläufe der Kolbenbewegungen führen zu einer unterschiedlichen Füllung der Zylinder 12, die für zumindest einige der Zylinder 12 unterhalb der vorgesehenen Füllung bleibt. Dies resultiert in einer geringeren Leistung und gegebenenfalls auch in einem geringeren Wirkungsgrad der Axialkolbenmaschine.

[0034] Die Fig. 15 visualisiert die Unterschiede in der Füllung der einzelnen Zylinder 12 bei einer gattungsge-

mäßen Axialkolbenmaschine. Dort ist über einer Umdrehung der Welle 22 der Verlauf der Füllung der Zylinder 12, d.h. die Veränderung der Masse des Arbeitsmediums in den einzelnen Zylindern 12, dargestellt. Auch dort zeigt sich, dass der Verlauf der Füllung lediglich bei sich im Zylinderkörper 10 gegenüberliegenden Zylindern 12 gleich (lediglich um 180° phasenversetzt) ist.

[0035] Um dieses Problem zu vermeiden, ist bei dem erfindungsgemäßen Axialkolbenmotor vorgesehen, dass die den einzelnen Zylindern 12 zugeordneten Ein- und Auslassöffnungen 28 der Zylinderkopfplatte 26 derart individuell angepasst sind, dass sich eine im Wesentlichen identische Füllung für alle Zylinder 12 ergibt (vgl. Fig. 12). Hierbei ist zum einen vorgesehen, dass die Teilung zwischen den einzelnen benachbarten Ein- und Auslassöffnungen 28 (bezogen auf Ihre Mittelachsen) unterschiedlich sein kann, so dass beispielsweise $\beta_1 \neq \beta_2$ ist. Insbesondere ist die Anordnung der Ein- und Auslassöffnungen 28 und damit die Teilung derart gewählt, dass alle Einlassventile im Wesentlichen immer im OT des jeweiligen Kolbens 14 öffnen (durch eine beginnende Überdeckung der Ein- und Auslassöffnungen 28 der Zylinderkopfplatte 26 mit der Einlassöffnung 40 des Drehschiebers 38). Zudem sind die Längen der Ein- und Auslassöffnungen 28 bezogen auf die Richtung der Relativbewegung zwischen der Zylinderkopfplatte 26 und dem Drehschieber 38 unterschiedlich. Infolge der rotierenden Relativbewegung des Drehschiebers 38 und der Zylinderkopfplatte 26 sind die Längen der Ein- und Auslassöffnungen 28 als Winkelbereiche angegeben. Demnach ist beispielsweise $\alpha_1 \neq \alpha_2$. Grundsätzlich kann vorgesehen sein, dass für Kolbenbewegungen, die im Bereich Ihrer OTs relativ flach verlaufen, eine längere Öffnungsdauer vorgesehen sein sollte, um eine identische Füllung im Vergleich zu in den OTs relativ spitz verlaufenden Kolbenbewegungen zu erreichen. Die Fig. 16 zeigt, dass erfindungsgemäß für alle Zylinder 12 im Wesentlichen identische Füllungsverläufe realisiert werden können.

[0036] Alternativ oder zusätzlich zu einer Anpassung der Öffnungszeiten der Einlassventile kann auch vorgesehen sein, die Teilungen zwischen den Anbindungen der Pleuel 26 an die Taumelscheibe 18 anzupassen, wodurch unterschiedliche Phasenverschiebungen der (Gesamt-)Bewegungen benachbarter Kolben 14 vermieden werden können. Die Fig. 13 zeigt eine entsprechend ausgebildete Taumelscheibe 18, die in einem Axialkolbenmotor gemäß der Fig. 1 bis 11 eingesetzt werden kann. Dabei kann es sinnvoll sein, nicht nur die Teilungen zwischen den Anbindungen der Kolben 14 an die Taumelscheibe 18 anzupassen, sondern entsprechend auch die Teilungen zwischen benachbarten Zylindern 12 in dem Zylinderkörper 10, die dann identisch zu derjenigen der Taumelscheibe 18 sein können. Eine erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine mit einer angepassten Anbindung der Kolben 14 an die Taumelscheibe 18 kann vorzugsweise mit angepasster Öffnungsdauer der einzelnen Ventile, d.h. beispielsweise hinsichtlich ihrer Länge angepassten Ein- und Auslassöffnungen 28 in der Zylinderkopfplatte 26 kombiniert werden, so dass zusätzlich eine Kompensation der unterschiedlichen Verlaufsformen der Kolbenbewegungen erfolgen kann.

Bezugszeichenliste

[0037]

10	Zylinderkörper
12	Zylinder
14	Kolben
16	Pleuel
18	Taumelscheibe
20	Taumelscheibenfuß
22	Welle
24	Einstellbolzen
26	Zylinderkopfplatte
28	Ein- und Auslassöffnung
30	Öffnung
32	Schraube
34	Gehäusekopf
36	Gehäuse
38	Drehschieber
40	Einlassöffnung
42	Auslassöffnung
44	Einlass
46	Einlasskanal
48	Auslass
50	Verschlusskörper
52	Sicherungshülse
54	Sicherungsstift
56	Gelenkring
58	Lagerstift
60	Verstärkungsstrebe

Patentansprüche

1. Axialkolbenmaschine mit einem Zylinderkörper (10), in dem mehrere Zylinder (12) ausgebildet sind, und mit in den Zylindern (12) beweglich geführten Kolben (14), wobei die Kolben (14) an eine Taumelscheibe (18) angebunden sind, die drehbar an einem Taumelscheibenfuß (20) anliegt, und wobei eine Fluidströmung in die und aus den Zylindern (12) mittels Einlass- und Auslassventilen gesteuert wird, **gekennzeichnet durch** variierende Teilungen zwischen den Anbindungen der Kolben (14) an der Taumelscheibe (18) und/oder zylinderselektiv variierende Öffnungszeiten für die Einlass- und/oder Auslassventile.

2. Axialkolbenmaschine gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teilungen derart angepasst sind, dass benachbarte Kolben (14) immer nach einer gleichbleibenden Teildrehung des Taumelscheibenfußes (20) ihren OT und/oder UT erreichen.

3. Axialkolbenmaschine gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungszeiten derart angepasst sind, dass die Einlass- und/oder Auslassventile aller Zylinder (12) bei identischer Kolbenposition der zugehörigen Kolben (14) öffnen und/oder schließen.

4. Axialkolbenmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Öffnungszeiten derart angepasst sind, dass die Öffnungsdauer der Einlass- und/oder der Auslassventile zumindest einiger der Zylinder (12) unterschiedlich ist.

5. Axialkolbenmaschine gemäß Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die unterschiedliche Öffnungsdauer derart angepasst ist, dass die Massen der in einem Zyklus in den einzelnen Zylindern (12) eingeschlossenen Teilmengen des Fluids möglichst gleich sind.

6. Axialkolbenmaschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einlass- und/oder die Auslassventile Einlass- und/oder Auslassöffnungen (28) für die Zylinder (12) umfassen, die temporär mittels eines Drehschiebers (38) freigegeben und abgedeckt werden, wobei die variierenden Öffnungszeiten durch variierende Teilungen zwischen den Einlass- und/oder Auslassöffnungen (28) benachbarter Zylinder (12) und/oder durch variierende Längen der Einlass- und/oder Auslassöffnungen (28) erzielt wird.

Claims

1. Axial piston machine having a cylinder body (10), in which multiple cylinders (12) are formed, and having pistons (14) which are guided in movable fashion in the cylinders (12), wherein the pistons (14) are connected to a swashplate (18) which bears rotatably against a swashplate base (20), and wherein a fluid flow into and out of the cylinders (12) is controlled by means of inlet and outlet valves, **characterized by** varying pitches between the connections of the pistons (14) to the swashplate (18), and/or by opening times for the inlet and/or outlet valves which vary on a cylinder-selective basis.

2. Axial piston machine according to Claim 1, **characterized in that** the pitches are adapted such that adjacent pistons (14) always reach their TDC and/or BDC after a uniform partial rotation of the swashplate base (20).

3. Axial piston machine according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the opening times are adapted such that the inlet and/or outlet valves of all the cylinders (12) open and/or close at identical piston positions of the associated pistons (14).

4. Axial piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the opening times are adapted such that the opening durations of the inlet and/or of the outlet valves of at least some of the cylinders (12) differ.

5. Axial piston machine according to Claim 4, **characterized in that** the different opening durations are adapted such that the masses of the partial quantities of fluid enclosed in the individual cylinders (12) in a cycle are as equal as possible.

6. Axial piston machine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the inlet and/or the outlet valves comprise inlet and/or outlet openings (28) for the cylinders (12), which inlet and/or outlet openings are temporarily opened up and covered by means of a rotary slide (38), wherein the varying opening times are achieved by means of varying pitches between the inlet and/or outlet openings (28) of adjacent cylinders (12) and/or by means of varying lengths of the inlet and/or outlet openings (28).

Revendications

1. Machine à pistons axiaux comprenant un corps de cylindre (10) dans lequel sont réalisés plusieurs cylindres (12), et comprenant des pistons (14) guidés de manière déplaçable dans les cylindres (12), les pistons (14) étant reliés à un disque en nutation (18) qui s'applique de manière rotative contre une base de disque en nutation (20), et un écoulement fluidique étant commandé dans et hors des cylindres (12) au moyen de soupapes d'entrée et de sortie, **caractérisée par** des divisions variables entre les liaisons des pistons (14) au disque en nutation (18) et/ou des temps d'ouverture variables en fonction des cylindres pour les soupapes d'entrée et/ou de sortie.

2. Machine à pistons axiaux selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les divisions sont adaptées de telle sorte que des pistons adjacents (14) atteignent toujours leur temps mort haut et/ou leur temps mort bas après une même rotation partielle de la base du disque en nutation (20).

3. Machine à pistons axiaux selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les temps d'ouverture sont adaptés de telle sorte que les soupapes d'entrée et/ou de sortie de tous les cylindres (12) s'ouvrent et/ou se ferment pour une position identique des pistons associés (14).

4. Machine à pistons axiaux selon l'une quelconque

des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les temps d'ouverture sont adaptés de telle sorte que la durée d'ouverture des soupapes d'entrée et/ou de sortie soit différente au moins pour certains des cylindres (12).

5. Machine à pistons axiaux selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la durée d'ouverture différente est adaptée de telle sorte que les masses des quantités partielles de fluide comprises dans les cylindres individuels (12) pendant un cycle soient identiques dans la mesure du possible.

6. Machine à pistons axiaux selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les soupapes d'entrée et/ou de sortie comprennent des ouvertures d'entrée et/ou de sortie (28) pour les cylindres (12) qui sont temporairement libérées et couvertes au moyen d'un tiroir rotatif (38), les temps d'ouverture variables étant obtenus par des divisions variables entre les ouvertures d'entrée et/ou de sortie (28) de cylindres adjacents (12) et/ou par des longueurs variables des ouvertures d'entrée et/ou de sortie (28).

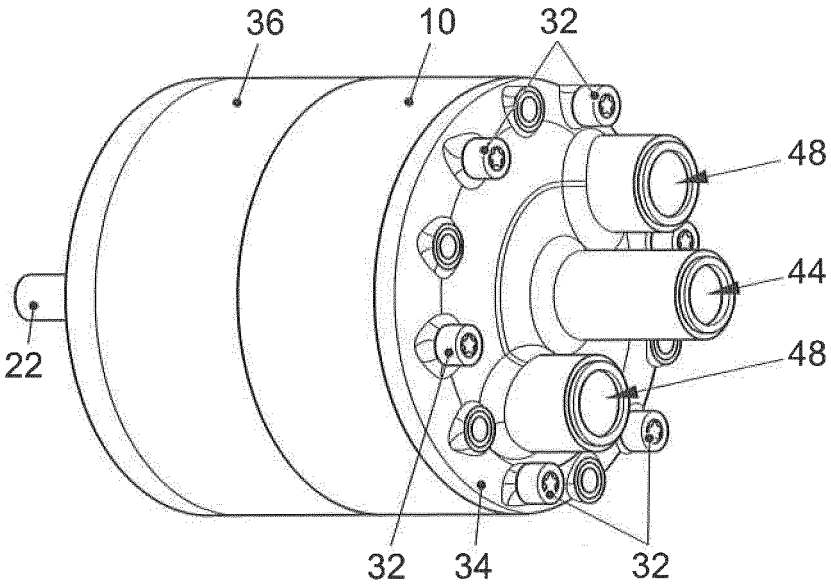

36
10
32
48
44
48
22
32
34
32

FIG. 1

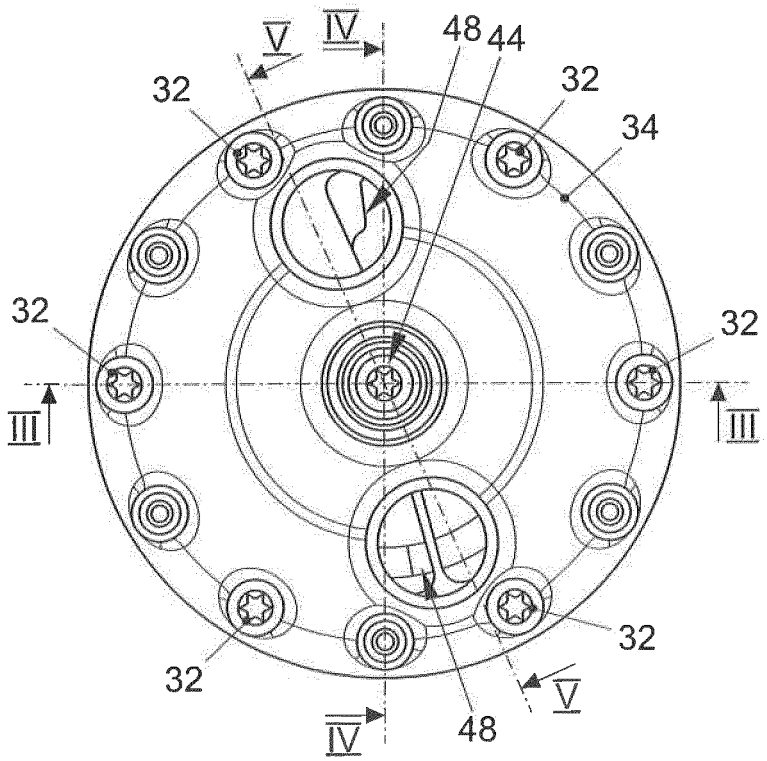

V
IV
48
44
32
32
34
32
III
III
32
32
V
IV
48

FIG. 2

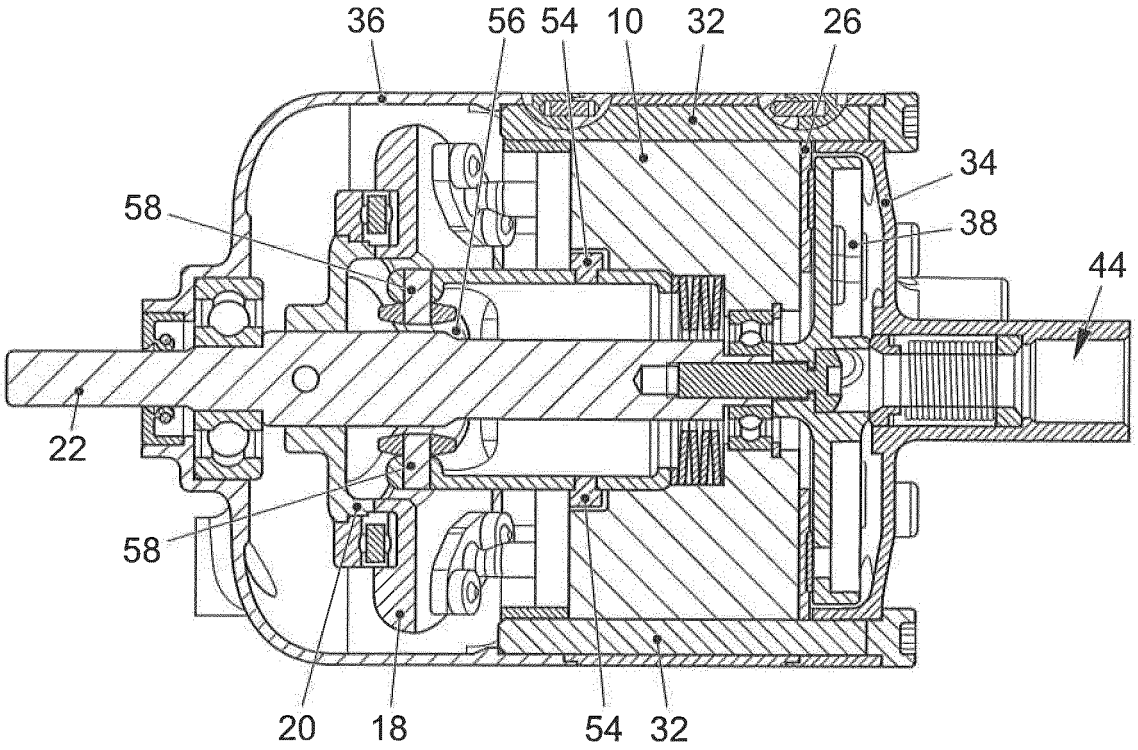

36
56
54
10
32
26
34
38
44
58
22
58
20
18
54
32

FIG. 3

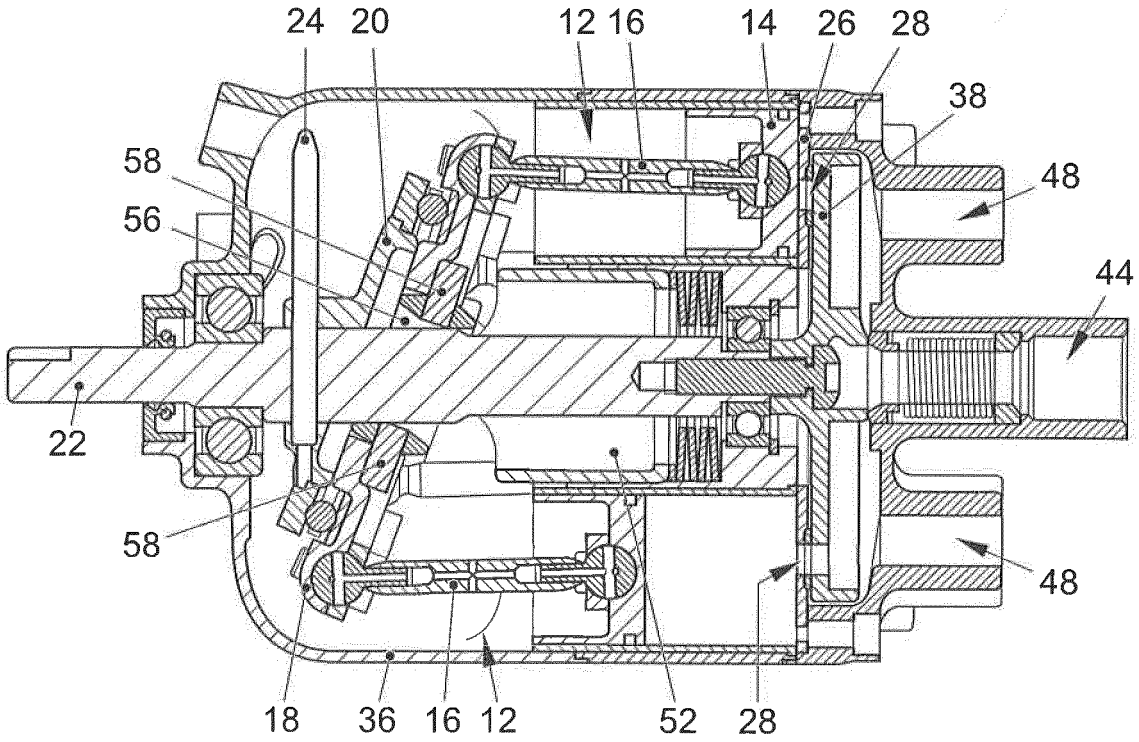

24
20
12
16
14
26
28
38
48
58
56
44
22
58
48
18
36
16
12
52
28

FIG. 4

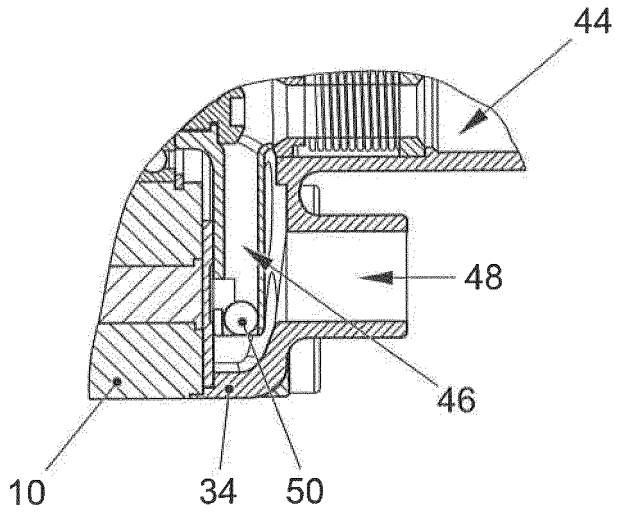


FIG. 5

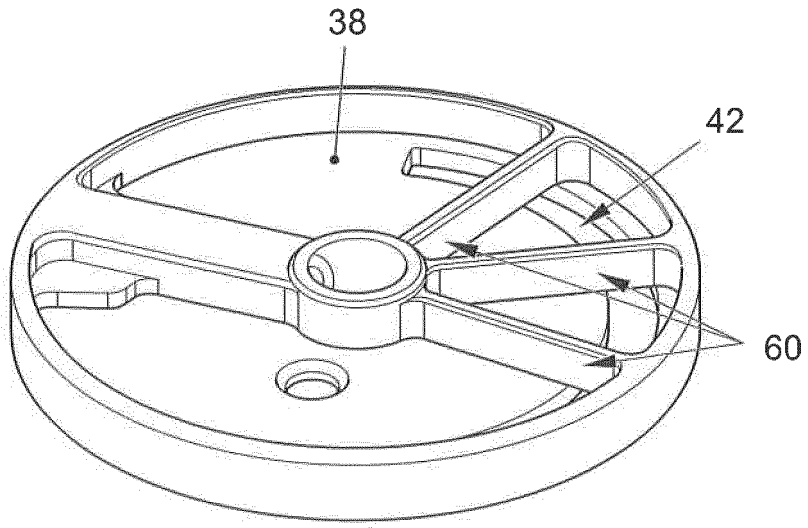


FIG. 6

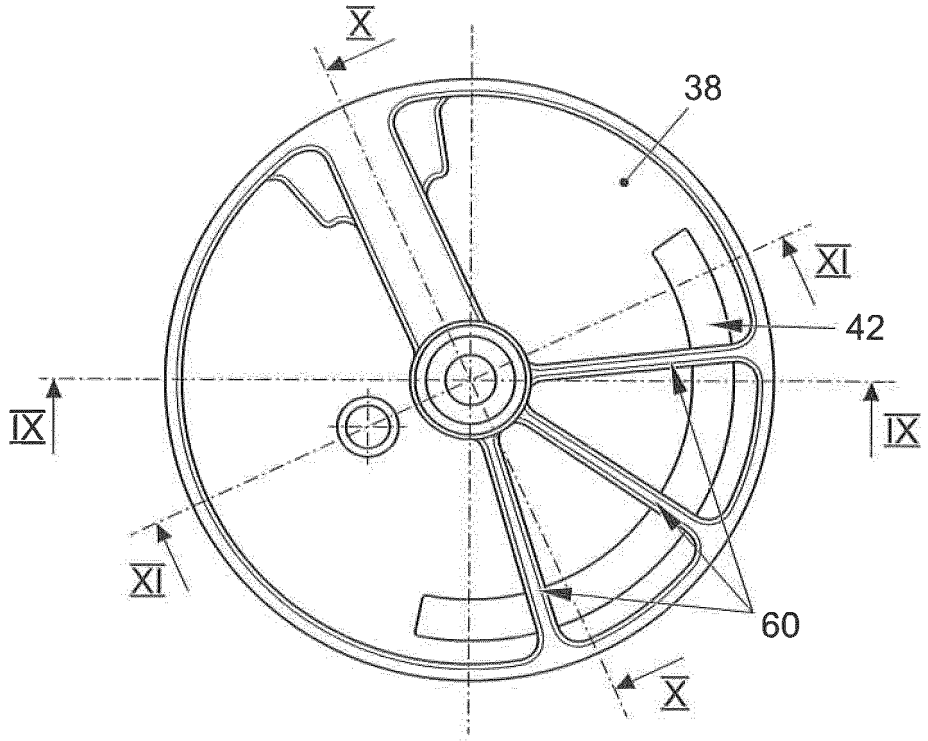


FIG. 7

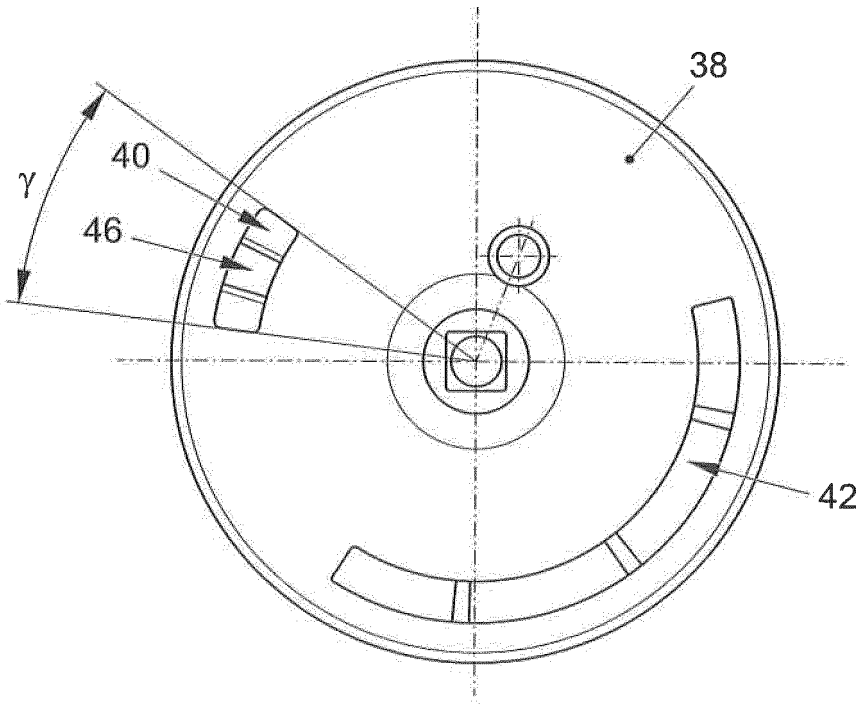


FIG. 8

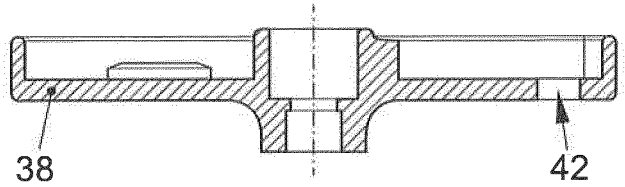


FIG. 9

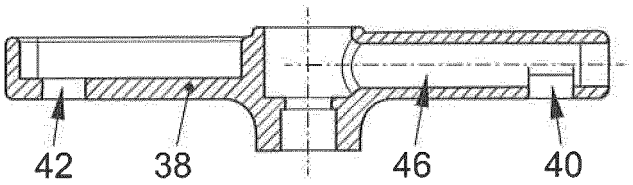


FIG. 10

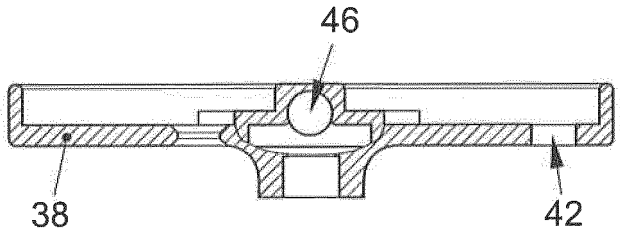


FIG. 11

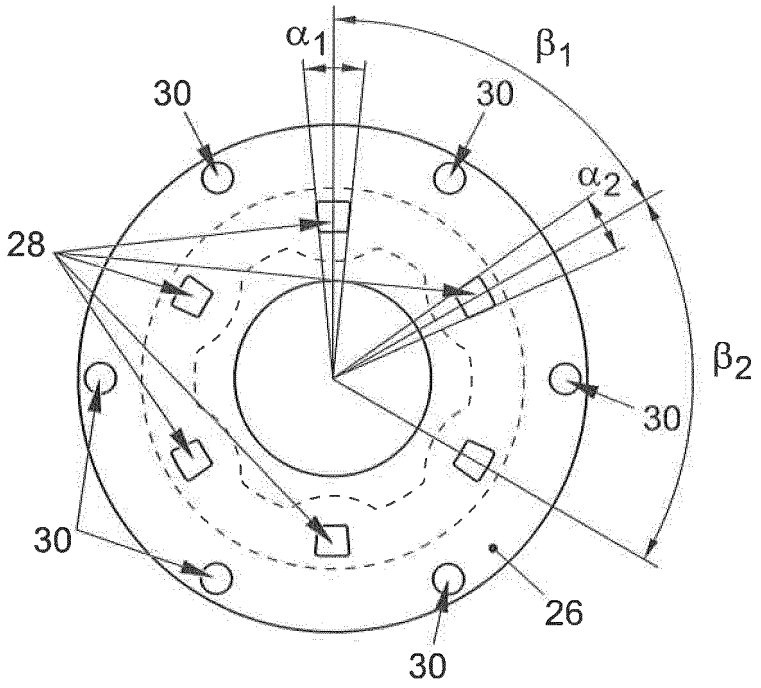


FIG. 12

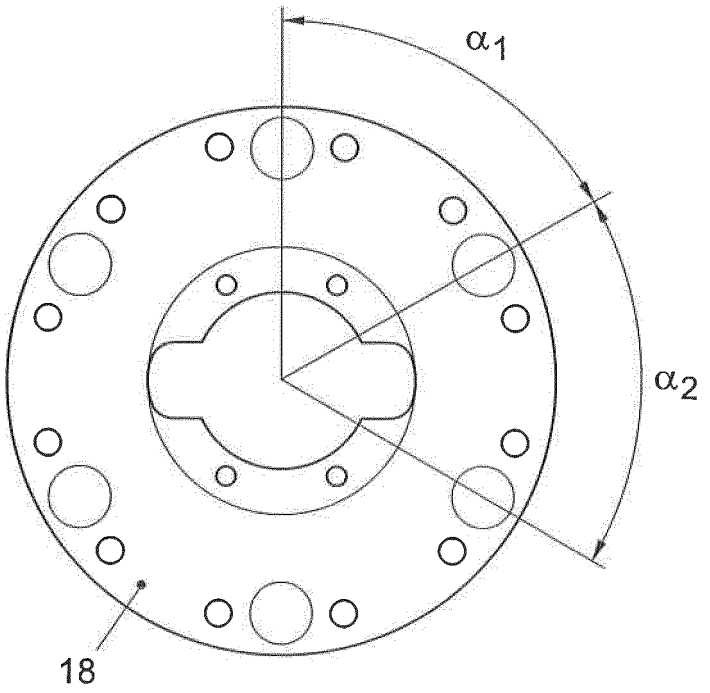


FIG. 13

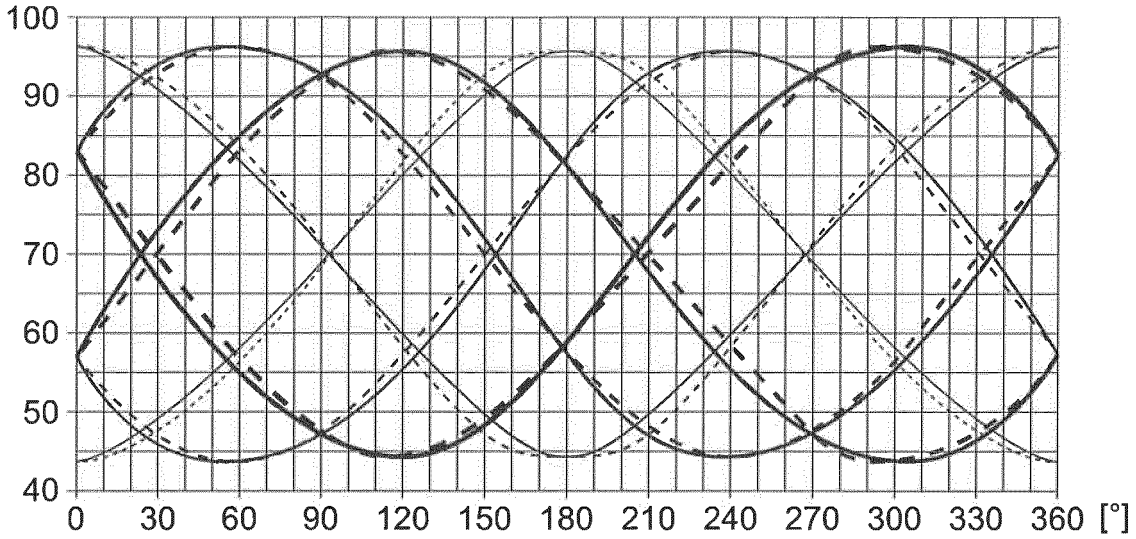


FIG. 14

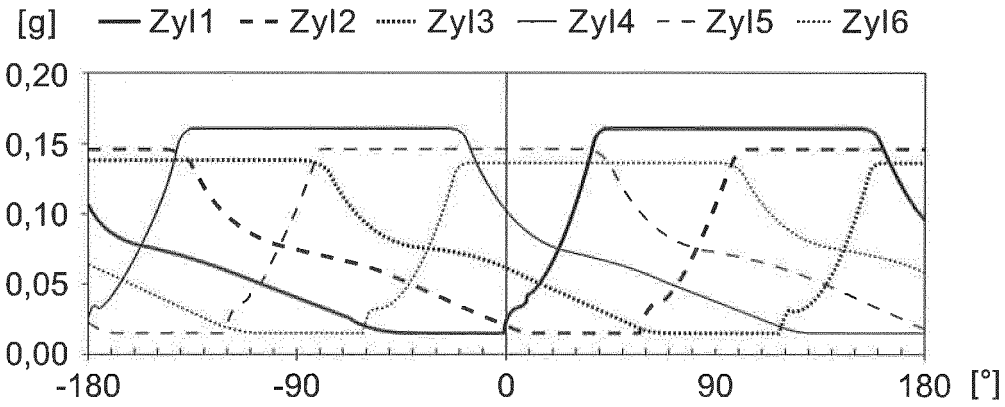


FIG. 15

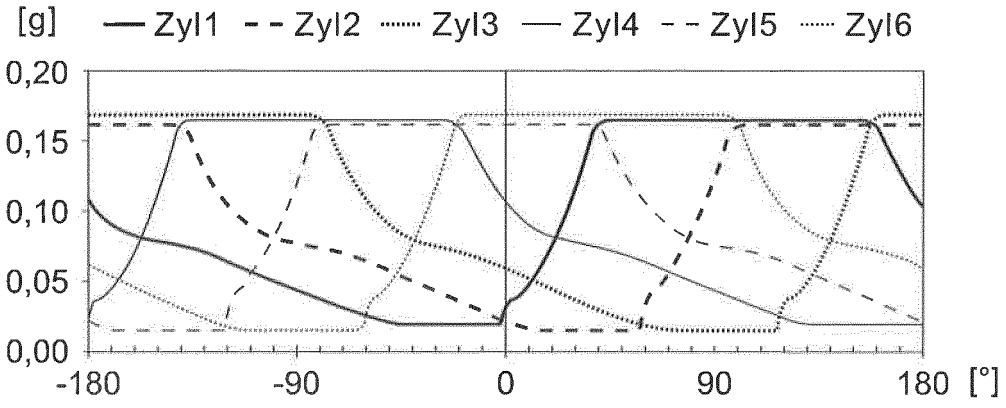


FIG. 16

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

- DE 102008028467 A1 **[0004]**
- DE 102010052508 A1 **[0005]**