

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Radialkolbenverdichter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Ein Radialkolbenverdichter ist ein Element der Fluidtechnik. Bei diesem Verdichter ist mindestens eine Kolben-Arbeitsraum-Kombination im Gegensatz zu einer Axialkolbenpumpe radial und senkrecht zur Antriebswelle angeordnet. Die Förder- bzw. Hubbewegung des Kolbens wird zumeist durch eine Exzenterwelle hervorgerufen. In der Regel umfasst der Radialkolbenverdichter mehrere Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen, die sich sternförmig und radial von der Antriebswelle, insbesondere Exzenterwelle, erstrecken.

[0003] Radialkolbenverdichter finden beispielsweise als Radialkolbenverdichter für Kühlmittel in Klimaanlage von Kraftfahrzeugen, insbesondere auch in elektrisch angetriebenen Kraftfahrzeugen, Verwendung.

[0004] Eine Kolben-Arbeitsraum-Kombination umfasst im Wesentlichen einen Arbeitsraum, auch Zylinder genannt, und einen Kolben, der in dem Arbeitsraum auf und ab bewegt wird. Der Kolben weist eine mittige geometrische Kolbenachse auf, die mit der Verschieberichtung des Kolbens übereinstimmt. Bei einem Radialkolbenverdichter mit einer Exzenterwelle umfasst der Kolben auf seiner der Exzenterwelle zugewandten Seite eine Kontaktfläche, auf welche die Exzenterzscheibe während der Drehung der Exzenterwelle auftrifft bzw. anliegt. Die Exzenterwelle weist eine Drehachse auf, um welche die Exzenterwelle gedreht wird. Mit dem Auftreffen des Exzenters auf die Kontaktfläche kommt es zu einer Kolbenaufwärtsbewegung und zur Verdichtung eines in dem Arbeitsraum befindlichen Mediums und somit zu einem Druck- und Kraftanstieg.

[0005] Insbesondere im Zusammenhang mit dem Einsatz des Radialkolbenverdichters im Kraftfahrzeug ist eine kompakte Bauweise von Vorteil.

[0006] Soll der radiale Bauraum des Radialkolbenverdichters weiter verringert werden, ohne die Förderleistung zu verringern, könnte die Kolbenanzahl beispielsweise auf 7 erhöht werden. Bei gleichem Fördervolumen (wie mit 6 Kolben) kann der Kolbendurchmesser verringert werden. Mit Erhöhung der Anzahl an Kolben kommt es im Punkt des engsten Kontaktes benachbarter Kolben zu einem Kollisionsproblem.

[0007] Für eine möglichst gleichmäßige Erzeugung des Förderstromes - mit geringen Druckpulsationen - ist eine Kolbenanzahl mit mindestens fünf oder mehr Kolben anzustreben. Da der radiale Bauraum des

gesamten Radialkolbenverdichters jedoch möglichst klein bleiben soll, muss der Durchmesser des Exzenters, durch den die Kolben ihre Hubfunktion erfahren, auch möglichst klein bleiben. Für einen Kolben nach dem Stand der Technik, der einen durchgehenden Außendurchmesser aufweist, ist diese Restriktion mit der Forderung nach einem gleichzeitig größeren Kolbendurchmesser oder einer Erhöhung der Kolbenanzahl nicht umsetzbar, da die Kolben dann in der Stellung nahe des unteren Totpunktes miteinander kollidieren würden.

[0008] Es sind Lösungen nach dem Stand der Technik bekannt, die der Kolbenkollision in der „kritischen Stellung“ durch eine Fase am Kolbenfuß entgegenwirken. Das Einbringen der Fase verringert jedoch gleichzeitig die Länge der Führung des Kolbens in der Zylinderbohrung. Um die Führungslänge wieder zu vergrößern müsste der Kolben und dementsprechend die Zylinderbohrung vergrößert werden, was wiederum zu einer Vergrößerung des radialen Bau- raumes führt.

[0009] Hier setzt die vorliegende Erfindung an und macht es sich zur Aufgabe einen verbesserten Radialkolbenverdichter vorzuschlagen, insbesondere einen Radialkolbenverdichter vorzuschlagen, der bei gleichen oder ähnlichen Leistungsdaten kompakter ausgestaltet sein kann.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Radialkolbenverdichter mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Dadurch, dass jeder Kolben einen Kolbenfuß umfasst, wobei jeder Kolbenfuß mit mindestens einer umlaufenden Fase oder zwei Fasen ausgestattet ist, wobei die Fase bzw. Fasen einen Fasenwinkel in Bezug auf die Längsachse des Kolbens einnehmen, wobei der Fasenwinkel derart eingerichtet ist, dass er im Bereich des engsten Kontaktes zum benachbarten Kolben die größtmögliche Führungslänge des Kolbens innerhalb des Arbeitsraumes ermöglicht, kann ein verbesserter Radialkolbenverdichter, insbesondere kompakter Radialkolbenverdichter, bereitgestellt werden. Kern der Idee ist, die Fase am Kolbenfuß mit einem „optimalen“ Fasenwinkel zu versehen, welcher im Bereich des engsten Kontaktes benachbarter Kolben zu einem gleichmäßig minimalem Abstand führt und dabei die größtmögliche Führungslänge des/der Kolben ermöglicht.

[0011] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorgeschlagenen Erfindung ergeben sich insbesondere aus den Merkmalen der Unteransprüche. Die Gegenstände bzw. Merkmale der verschiedenen Ansprüche können grundsätzlich beliebig miteinander kombiniert werden.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Fasenwinkel =

360°/Kolbenanzahl/2 entspricht. Eine vorteilhafte Lösung für Länge und Winkel der KolbenfußfläÙe also ein optimaler Fasenwinkel am Kolbenfuß ergibt sich entsprechend zu <<Optimaler Fasenwinkel = 360°/Kolbenanzahl/2>>. Wird ein optimaler Fasenwinkel umgesetzt, sind die Flächen der Fasen benachbarter Kolben - im engsten Schnitt - parallel zueinander. Es ergibt sich eine sichere Kolbenführung bei gleichzeitig kleinem radialen Bauraum.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Längsachsen der Kolben in einer Ebene liegen.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass auf den Umfang gleichverteilte Kolben/Zylinder vorgesehen sind.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zusätzliche Kantenverrundung am Übergang der KolbenfußfläÙe zum Kolbenfuß vorgesehen sind.

[0016] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner einen Radialkolbenverdichter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 6 und/oder 7.

[0017] Im Zusammenhang mit Radialkolbenverdichtern sind weitere Nachteile bekannt geworden.

[0018] Bei einem elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter ist die Auswahl einer geeigneten Kolbenanzahl nicht nur vom gewünschten Fördervolumen (Kolbenhub, Kolbendurchmesser, Kolbenanzahl) abhängig, sondern auch von weiteren Komponentengruppen mit einer „Vielzahl“ von Einzelkomponenten.

[0019] Diese sind durch die Geometrie/Bauart des Elektromotors bestimmt, beispielsweise Anzahl an Spulen/Wicklungen; Anzahl an Polpaaren, Anzahl an Magneten. Beispielsweise acht Polpaare, es sind jedoch immer ein geradzahliges Vielfaches von zwei.

[0020] Eine weitere Größe mit einer Vielzahl von Einzelkomponenten ist die Gehäuseverschraubung. Die Gehäuseverschraubung soll die bauartbedingten Gehäuseteile axial miteinander verspannen, sodass unter allen Betriebsbedingungen und Testanforderungen kein Kältemittel an die Umgebung abgegeben wird. Sie muss also eine Dichtfunktion erfüllen. Die erforderliche Anpresskraft durch die Verschraubung muss dabei so groß sein, dass sie der Druckkraft, die die Gehäuse auseinander drücken will, entgegenwirkt. Sinnvollerweise werden die Verschraubungen in der Winkelhalbierenden „zwischen“ den Kolben bzw. Zylindern, einzeln oder paarweise, platziert. Im Beispiel eines Radialkolbenver-

dichters mit 7 Kolben sind $2 \times 7 = 14$ Schrauben M6x100 angeordnet, um die Aufgabe zu erfüllen. 7x Schrauben M8 erreichen nicht die erforderliche Anpresskraft, 7x Schrauben M10 erreichen zwar die erforderliche Anpresskraft, erhöhen aber den radialen Bauraum enorm. D.h., die Anzahl an Gehäuseverschraubungen ist gekoppelt an die Anzahl an Kolben/Zylindern (gleich oder ein Vielfaches der Kolbenanzahl), und die Anzahl der Polpaare. Wie der Name schon sagt, handelt es sich um eine geradzahlige Größe.

[0021] Es ist also vorgesehen, dass der Radialkolbenverdichter eine Anzahl von Kolben umfasst, wobei die Antriebseinrichtung als elektrische Maschine ausgestaltet ist, umfassend eine Anzahl von Polpaaren, wobei der Radialkolbenverdichter ein mindestens zweiteiliges Gehäuse umfasst, deren Gehäusekomponenten durch eine Anzahl von Gehäuseverschraubungen verbunden sind. Vorzugweise umfasst der Radialkolbenverdichter ein Gehäuse und einen Gehäusedeckel, die mit den Gehäuseverschraubungen miteinander verbunden sind.

[0022] Bei den Kolben-Arbeitsraumkombinationen und der Polzahl der elektrischen Maschine, handelt es sich um Anregungskomponenten, die durch Anregungsevents, wie beispielsweise Druckspitzen im Arbeitsraum, Wechsel zwischen den Polpaaren, etc. Einfluss auf das akustische Verhalten des Radialkolbenverdichters haben.

[0023] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, einen verbesserten Radialkolbenverdichter vorzuschlagen, insbesondere einen Radialkolbenverdichter vorzuschlagen, der bei gleichen oder ähnlichen Leistungsdaten geräuschärmer während des Betriebes ausgestaltet ist.

[0024] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Radialkolbenverdichter mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 6 und/oder 7 gelöst. Dadurch, dass bestimmte zu bevorzugende Kombinationen aus Kolbenanzahl, Polpaarzahl der E-Maschine und Anzahl inkl. der Dimensionen der Gehäuseverschraubungen ausgewählt werden, bei denen zu erwarten ist, dass sie das akustische Verhalten des Gesamtsystems verbessern. Kern der Idee ist hierbei, eine geeignete Kombination aus Kolbenanzahl, Anzahl an Gehäuseverschraubungen sowie Polpaarzahlen zu definieren, die bezüglich der akustischen Auswirkungen bzw. des akustischen Abstrahlverhaltens des gesamten Verdichters günstig sind.

[0025] Neu ist insbesondere, dass bestimmte zu bevorzugende Kombinationen aus Kolbenanzahl, Polpaarzahl der E-Maschine und Anzahl inkl. der Dimensionen der Gehäuseverschraubungen defi-

niert werden, bei denen zu erwarten ist, dass sie das akustische Verhalten des Gesamtsystems verbessern.

[0026] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Anregungsevents pro Umdrehung aus den verschiedenen Anregungskomponenten verschieden sind, kann ein Radialkolbenverdichter bereitgestellt werden, der bei gleichen oder ähnlichen Leistungsdaten geräuschärmer während des Betriebes ausgestaltet ist. Mit anderen Worten, sollten, zur Vermeidung von akustischen Auffälligkeiten, die Anregungsevents pro Umdrehung aus den verschiedenen Anregungskomponenten (beispielsweise Druckverläufe bei 7 Kolben = 7x pro Umdrehung; Anregung aus elektrischem Antrieb - Polpaarzahl 8= 8x pro Umdrehung) möglichst verschieden sein.

[0027] Hierdurch kann eine Verringerung der akustischen Auswirkungen (Schalldruckpegel) des Gesamtsystems und damit zu einem verbesserten akustischen Verhalten im Fahrzeug erreicht werden.

[0028] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorgeschlagenen Erfindung ergeben sich insbesondere aus den Merkmalen der Unteransprüche. Die Gegenstände bzw. Merkmale der verschiedenen Ansprüche können grundsätzlich beliebig miteinander kombiniert werden.

[0029] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass es sich bei der dem Radialkolbenverdichter um einen elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter handelt.

[0030] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die als elektrische Maschine ausgestaltete Antriebseinrichtung eine Nut-Polpaar-Kombination umfasst, es sich insbesondere um permanenteregte, fremderregte oder selbsterregte Elektromotoren handelt.

[0031] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen gleichverteilt über den Umfang des Radialkolbenverdichters angeordnet sind, insbesondere gleichverteilte Kolben des Radialkolbenverdichters vorhanden sind.

[0032] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Anordnung der Gehäuseverschraubungen einzeln oder paarweise in der Winkelhalbierenden zwischen den Kolbenachsen vorgesehen sind.

[0033] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass ein möglichst gleicher, insbesondere gleicher, Abstand, auf den Umfang des Schraubenlochkreises gesehen

der Schrauben untereinander, vorgesehen ist, um eine gleichmäßige Anpresskraft auf die Flächendichtung (axial zwischen den Gehäusebauteilen) zu erzeugen.

[0034] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass weitere Kombinationen von Kolbenanzahl, Polpaarzahl und/oder Schraubenanzahl verwendet werden.

[0035] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass von der Norm abweichende Verschraubungen (Größe M7, oder Gewindesteigung) verwendet werden.

[0036] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Festigkeitsklasse der Schrauben (8.8; 10.9; 12.9 o.a.) variiert werden können.

[0037] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Art der Gehäuseverschraubung (Schraubenkopfform, Schraubenschaft, Dehnschrauben, Stehbolzen mit Mutter...) variiert werden kann.

[0038] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass Art und Material der Magnete der E-Maschine variiert werden können.

[0039] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Art der elektrischen Maschine (wahlweise auch Asynchronmaschine oder fremderregte Synchronmaschine)

[0040] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner einen Radialkolbenverdichter gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 19.

[0041] Im Zusammenhang mit Radialkolbenverdichtern sind weitere Nachteile bekannt geworden.

[0042] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, einen verbesserten Radialkolbenverdichter vorzuschlagen, insbesondere einen Radialkolbenverdichter vorzuschlagen, der bei gleichen oder ähnlichen Leistungsdaten geräuschärmer während des Betriebes ausgestaltet ist.

[0043] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Radialkolbenverdichter mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 19 gelöst. Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, eine geeignete Kombination aus Kolbenanzahl, Durchmesser und Hub des Kolbens vorzuschlagen, bei der die anregende Kraftkomponente aus den Druckverläufen der Verdichtungsvorgänge ein Optimum darstellt. Mit anderen Worten ist vorgesehen, dass bestimmte zu bevorzugende Kombinationen aus Kolbenanzahl, Durchmes-

ser Kolben und Hub des Kolbens in ausgewählten Betriebspunkten zu einer optimalen Anregungsfunktion am Exzenter führen sollen. Es sollte ein spezifisches Hub-/Durchmesser Verhältnis mit zugehöriger Kolbenanzahl angepasst auf den Verdichtungsprozess ausgewählt werden.

[0044] Hierdurch wird eine Verringerung der akustischen Auswirkungen, insbesondere des Schalldruckpegels, des Gesamtsystems erreicht und damit zu einem verbesserten akustischen Verhalten im Fahrzeug beigetragen. Es ergibt sich insbesondere auch eine höhere Lagerlebensdauer des Exzenterlagers und/oder eine geringere Drehmomentschwankungen des Verdichters und damit bessere Regelbarkeit.

[0045] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

Fig. 1 ein Radialkolbenverdichter in einer seitlichen geschnittenen Ansicht;

Fig. 1a ein Radialkolbenverdichter in einer geschnittenen Ansicht;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Radialkolbenverdichters, zur Darstellung der Kolben mit größerem Durchmesser und kleinem Exzenter und der hieraus resultierenden Kollision;

Fig. 3a bis 3e eine schematische Darstellung eines Radialkolbenverdichters und Details eines Radialkolbenverdichters, insbesondere Fase am Kolbenfuß;

Fig. 4 mögliche Kombinationen von Kolbenanzahl, Polpaarzahl der E-Maschine und erforderliche Anzahl/Dimension an Gehäuseverschraubungen;

Fig. 5 sinnvolle Kombinationsvarianten mit der Kolbenanzahl „5“;

Fig. 6 sinnvolle Kombinationsvarianten mit sieben und acht Kolben;

Fig. 7 sinnvolle Kombinationsvarianten mit neun Kolben;

Fig. 8 Zylinderdruckverlauf über Zylindervolumen - Verdichtungsphasen,

Fig. 9 Druckverlauf je Kolben;

Fig. 10 überlagerte Kolbendruckverläufe eines Fünf-Kolben Radialkolbenkompressors;

Fig. 11 resultierende Radiallast aus der Überlagerung der Druckverläufe von 5 und 6 Kolben;

Fig. 12 resultierende Radialkraft in einem Betriebspunkt für verschiedene Kolbenzahlen;

Fig. 13 Prinzip-Darstellung Exzenterlagerlasten bei verschiedenen Betriebsbedingungen.

[0046] Folgende Bezugszeichen werden in den Abbildungen verwendet:

A	Kolbenachse
R	Drehachse
F	Fase
F1	erste Fase
F2	zweite Fase
α	Fasenwinkel
φ	Antriebswinkel AW
L	Führungslänge
Z	Zylinderanzahl / Kolbenanzahl
V	Anzahl an Verschraubungen
P	Anzahl Polpaare
M	Dimension der Verschraubung
D	Kolbendurchmesser
H	Kolbenhub
K	Kolbenkollision
1	Antriebseinrichtung
2	Verdichtungseinrichtung
3	Pol
4	Verschraubung
5	Gehäuse
6	Koppelglied / Schwenksegment
21	Antriebswelle
22	Exzenter
25-25'''	Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen
41	Schraube
42	Durchgangsbohrung
43	Gewindebohrung
51	Gehäusedeckel
52	Rumpfgehäuse
231	Arbeitsraum (Zylinderbohrung)
232	Kolben
2321	Kolbenfuß
2322	Kantenverrundung

[0047] Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit einem Verfahren beschrieben sind selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann. Außerdem kann ein ggf. beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchgeführt werden.

[0048] Die hierin verwendete Terminologie dient nur zum Zweck des Beschreibens bestimmter Ausführungsformen und soll die Offenbarung nicht beschränken. Wie hierin verwendet, sollen die Singularformen „ein/eine“ und „der/die/das“ auch die Pluralformen enthalten, sofern der Kontext dies nicht anderweitig klar erkennen lässt. Es wird zudem klar sein, dass die Ausdrücke „weist auf“ und/oder „aufweisend“, wenn in dieser Beschreibung verwendet, das Vorhandensein der genannten Merkmale, ganzen Zahlen, Schritte, Operationen, Elemente und/oder Bauteile spezifizieren, aber nicht das Vorhandensein oder den Zusatz von einem/einer oder mehreren anderen Merkmalen, ganzen Zahlen, Schritten, Operationen, Elementen, Bauteilen und/oder Gruppen derselben ausschließen. Wie hierin verwendet, enthält der Ausdruck „und/oder“ jedes beliebige und alle Kombinationen von einem oder mehreren der assoziierten, aufgelisteten Elemente.

[0049] Zunächst wird auf die **Fig. 1** und **1a** Bezug genommen.

[0050] **Fig. 1** zeigt einen Radialkolbenverdichter mit Kolbenausführungen, insbesondere eine kompakte Ausführungsform eines Radialkolbenverdichters, mit sechs Kolben 232 für die Anwendung mit dem Kältemittel CO₂. Es können Koppelglieder 6 - auch Schwenksegmente genannt - zwischen Exzenterlageraußendurchmesser und Kolbenfuß vorgesehen sein.

[0051] Ein Radialkolbenverdichter umfasst im Wesentlichen eine Antriebseinrichtung 1 und eine Verdichtungseinrichtung 2.

[0052] Bei der Antriebseinrichtung 1 kann es sich beispielsweise um einen Elektromotor handeln.

[0053] Die Verdichtungseinrichtung 2 umfasst eine Antriebswelle 21 mit einem Exzenter 22, sowie radial um die Antriebswelle angeordnete Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen 23-23'''. Die Antriebswelle 21 mit dem Exzenter 22 kann auch als Exzenterwelle angesprochen werden.

[0054] Eine Kolben-Arbeitsraum-Kombination 23 umfasst im Wesentlichen einen Arbeitsraum 231, auch Zylinder genannt, und einen Kolben 232, der

in dem Arbeitsraum 231 auf und ab bewegt wird. Der Kolben 232 weist eine mittige geometrische Kolbenachse A auf, die mit der Verschieberichtung des Kolbens 232 übereinstimmt. Bei einem Radialkolbenverdichter mit einer Exzenterwelle 21, 22 umfasst der Kolben 232 auf seiner der Exzenterwelle zugewandten Seite eine Kontaktfläche, auf welche die Exzenterwelle 22 während der Drehung der Exzenterwelle auftrifft bzw. anliegt. Die Exzenterwelle weist eine Drehachse R auf, um welche die Exzenterwelle gedreht wird. Mit dem Auftreffen des Exzenter auf die Kontaktfläche kommt es zu einer Kolbenaufwärtsbewegung und zur Verdichtung eines in dem Arbeitsraum 231 befindlichen Mediums und somit zu einem Druck- und Kraftanstieg.

[0055] Nachfolgend wird insbesondere auf die **Fig. 2** Bezug genommen.

[0056] In der **Fig. 2** ist schematisch dargestellt, dass es zu einer Kolbenkollision K kommen kann, wenn sich zwei benachbarte Kolben in einem unteren Tiefpunkt bzw. in der Nähe des unteren Tiefpunktes befinden und keine geeigneten Maßnahmen hiergegen ergriffen werden.

[0057] Nachfolgend wird insbesondere auf die **Fig. 3a** bis **3e** Bezug genommen.

[0058] Die hier verwendeten Kolben 232 weisen einen Kolbenfuß 2321, also einen der Antriebswelle 21 zugewandten Bereich des Kolbens 232, auf. Der Kolbenfuß 2321 ist mit einer umlaufenden Fase F oder zwei Fasen, insbesondere einer ersten Fase F1 und einer zweiten Fase F2, ausgestattet, die einen Winkel, nachfolgend als Fasenwinkel α bezeichnet, zur Längsachse K des Kolbens einnimmt bzw. einnehmen. Entsprechend nimmt die erste Fase F1 einen Fasenwinkel α_1 und die zweite Fase F2 - im Falle zweier Fasen - einen Fasenwinkel α_2 zur Kolbenachse A ein.

[0059] Im Falle einer umlaufenden Fase ergibt sich im Wesentlichen ein konusförmiger Kolbenfuß. Der Fasenwinkel ist hier entsprechend als Fasenwinkel α bezeichnet. Im Fall der zwei Fasen ergeben sich im Wesentlichen zwei im entsprechenden Winkel angestellte Flächen.

[0060] Die Fase als solches ist vorzugsweise als ebene Fläche ausgestaltet. Die Fasenwinkel α_1 und α_2 sind vorzugsweise gleich, so dass nachfolgend stellvertretend auf einen Fasenwinkel α Bezug genommen wird.

[0061] Erfindungsgemäß ist ein optimaler Fasenwinkel α am Kolbenfuß 2321 vorgesehen, der im Bereich des engsten Kontaktes benachbarter Kolben 232 eine größtmögliche Führungslänge L des Kolbens innerhalb der Zylinderbohrung 231 erlaubt.

[0062] Die Führungslänge L des Kolbens 232 ist derjenige Abschnitt bzw. diejenige Länge des Kolbens 232 mit welcher der Kolben in dem Arbeitsraum geführt werden kann.

[0063] Die beste Lösung für Länge und Winkel der Kolbenfußfase $F1$, $F2$ also ein optimaler Fasenwinkel α am Kolbenfuß 2321, ergibt sich entsprechend zu <<Optimaler Fasenwinkel $\alpha = 360^\circ/\text{Kolbenanzahl}/2$ >>. Die Kolbenanzahl ist entsprechend die Anzahl der in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Kolben des Radialkolbenverdichters. Wird ein optimaler Fasenwinkel α umgesetzt, sind die Flächen der Fasen $F1$, $F2$ benachbarter Kolben - im engsten Schnitt - parallel zueinander. Es ergibt sich eine sichere Kolbenführung bei gleichzeitig kleinem radialen Bauraum.

[0064] In den **Fig. 3** sind hierzu einige Beispiele ausgeführt, insbesondere **Fig. 3a** und **3b** zeigen Darstellungen mit einer kleinen Fase $F1$ bzw. $F2$ am Kolbenfuß 2321 mit der größeren Führungslänge und **Fig. 3c** und **3d** zeigen die größere Fase $F1$ bzw. $F2$ am Kolbenfuß, die so groß ausgeführt ist, dass keine Kollision stattfindet, gleichzeitig aber die Führungslänge bei gleicher Gesamtkolbenlänge verringert.

[0065] In der **Fig. 3e** ist ein Fasenwinkel α in Relation zur Längsachse K eines Kolbens 232 dargestellt.

[0066] Es ist ferner vorzugsweise vorgesehen, dass die Längsachsen der Kolben, also deren Kolbenachsen A , in einer Ebene liegen.

[0067] Es ist ferner vorzugsweise vorgesehen, dass auf den Umfang gleichverteilte Kolben/Zylinder, also Kolben-Arbeitsraumkombinationen vorgesehen sind, d.h. dass der Winkel zwischen benachbarten Kolbenachsen A für alle gleich ist.

[0068] Es sind ferner vorzugsweise geringe Bauramanforderungen vorgesehen, die die Kollisionsgefahr benachbarter Kolben hervorruft.

[0069] Es können vorzugsweise zusätzliche Kantenverrundungen 2322 am Übergang der Kolbenfußfase $F1$ bzw. $F2$ zum Kolbenfuß 2321 vorgesehen sein.

[0070] Es können vorzugsweise die Größe der jeweiligen Kolbendurchmesser / Zylinderbohrungsdurchmesser, Kolbenanzahl und/oder Fasenlänge am Kolbenfuß variieren.

[0071] Es können auch unterschiedliche Fasenlängen am Kolbenfuß 2321 auf beiden Seiten bei Schränkung der Kolbenachse A vorgesehen sein, insbesondere also bei Versatz der Zylinderbohrungen derart, dass die Achsen sich nicht schneiden bzw. die einander gegenüberliegenden Zylinder

nicht auf einer Achse liegen, oder wenn der Kolbenfuß 2321 im Schnitt längs der Exzenterachse eine andere Fase aufweist, als im Querschnitt.

[0072] Nachfolgend wird auf die **Fig. 4** bis **7** Bezug genommen.

[0073] Es kann hinsichtlich der grundsätzlichen Merkmale des Radialkolbenverdichters auf die **Fig. 1** und **1a** sowie die diesbezügliche Beschreibung verwiesen werden.

[0074] Ein Radialkolbenverdichter umfasst dabei eine als elektrische Maschine ausgestaltete Antriebsanordnung 1 mit einer entsprechenden Anzahl von Polen 3, sprich einer Polzahl. Jeweils zwei Pole sind üblicherweise zu Polpaaren zusammengefasst. Zudem umfasst der Radialkolbenverdichter Verschraubungen 4. Die Verschraubungen umfassen in der Regel eine Schraube 41, eine Durchgangsbohrung 42 und eine entsprechende Gewindebohrung 43, in welche die Schraube 41 durchgesteckt bzw. eingeschraubt werden kann. Über die Verschraubung 4 wird ein mindestens zweiteiliges Gehäuse 5 des Radialkolbenverdichters miteinander verbunden. Vorzugsweise umfasst das Gehäuse einen Gehäusedeckel 51 und ein Rumpfgehäuse 52, welches über die Verschraubungen 4 miteinander verbunden werden.

[0075] Die Gehäuseverschraubung 4 soll die bauartbedingten Gehäuseteile 51, 52 axial miteinander verspannen, sodass unter allen Betriebsbedingungen und Testanforderungen kein Kältemittel an die Umgebung abgegeben wird. Sie muss also eine Dichtfunktion erfüllen. Die erforderliche Anpresskraft durch die Verschraubung 4 muss dabei so groß sein, dass sie der Druckkraft, die die Gehäuseteile 51, 52 auseinander drücken will, entgegenwirkt. Sinnvollerweise werden die Verschraubungen 4 in der Winkelhalbierenden „zwischen“ den Kolben bzw. Zylindern, also den Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen 23, einzeln oder paarweise, platziert.

[0076] Auch weist der Radialkolbenverdichter eine Anzahl von Kolben-Arbeitsraumkombinationen 23, dementsprechend eine entsprechende Anzahl von Kolben 232 bzw. Arbeitsräumen 231 auf.

[0077] Zusätzlich oder alternativ kann hier vorgesehen sein, dass der Radialkolbenverdichter durch die Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen 23 und die Pole 3 der elektrischen Maschine Anregungskomponenten ausbildet, wobei sich die Anregungskomponenten durch Anregungsevents, wie Druckspitzen im Arbeitsraum 231 und einen Wechsel zwischen den Polpaaren 3 auszeichnen, die einen Einfluss auf das akustische Verhalten des Radialkolbenverdichters haben.

[0078] Nachfolgend, insbesondere in den **Fig. 4** bis **7**, werden vorteilhafte Kombinationen von Zylinderanzahl Z , Anzahl P an Polpaaren, Anzahl V und Dimensionen M an Gehäuseverschraubungen aufgeführt und erläutert. Grundsätzlich sind für das Kriterium „Akustik“ Varianten zu bevorzugen, bei denen das „kgV“ möglichst groß ist.

[0079] Das kgV ergibt sich als Produkt aus Kolbenanzahl bzw. Zylinderanzahl Z und der Anzahl P der Polpaare der als elektrische Maschine ausgestalteten Antriebseinrichtung, insbesondere bei Primzahlen. Bei 6 Schrauben und 8 Polpaaren ist das kleinste gemeinsame Vielfache (kgV), nicht $6 \times 8 = 48$ sondern 24 ($4 \times 6 = 24$ und $3 \times 8 = 24$).

[0080] Dem entgegen steht, dass einige dieser Varianten eine große Anzahl von Bauteilen hat (Kolben; Polpaare) und somit seitens der Herstellkosten eher nicht zu bevorzugen sind.

[0081] In der **Fig. 4** sind mögliche Kombinationen von Kolbenzahl Z , Polpaarzahl P der als elektrischen Maschine ausgestalteten Antriebseinrichtung und erforderliche Anzahl V bzw. Dimension M von Gehäuseverschraubungen 4 in einem Auslegungspfad dargestellt. Mit seinem inneren Durchmesser D_i bzw. der resultierenden druckbeaufschlagten Fläche, werden die von der Verschraubung zu ertragenden Kräfte maßgeblich beeinflusst. Die Kolbenanzahl Z kann durch das erforderliche Hubvolumen $HVol$ und den radialen Bauraum beeinflusst sein. Die Anzahl der Magnete bzw. der Polpaare P variiert nach Anforderung, wobei eine größere Polpaarzahl P ein geringeres „Ripple“ also kleinere/ weniger Rastmoment bedeutet jedoch teurer ist.

[0082] In der **Fig. 5** soll gezeigt werden, dass mit der Polpaarzahl $P=8$ (Kombination „1“) mit einer geringen Anzahl an Bauteilen eine akzeptables „kgV“ von 40 erreicht werden kann. Mit $P=12$ Polpaaren (Kombination „2“) liegt das „kgV“ bei 60.

[0083] Die **Fig. 6** soll zeigen, dass mit sieben Kolben jede der ausgewählten Polpaarzahlen P (8, 10, 12) ein großes „kgV“ erzielt werden kann. Mit acht Kolben ist nur die Kombination von 10 Polpaaren noch akzeptabel. Mit Polpaarzahl $P=12$ ergibt sich ein „kgV“ von 24, d.h. dass bei jeder 2. Umdrehung des Verdichters eine „zeitgleiche“ Anregung aus dem Kolbentrieb und der elektrischen Maschine erfolgen würde, was eine „schlechte“ Akustik erwarten lässt.

[0084] Die **Fig. 7** soll zeigen, dass mit neun Kolben und einer Polpaarzahl von $P=8$ oder 10 ein großes „kgV“ erzielt wird. Diese Kombination bedingt allerdings auch eine hohe Anzahl von Bauteilen für das Gesamtsystem.

[0085] Erfindungsgemäß ist hier vorgesehen, dass bestimmte zu bevorzugende Kombinationen aus Kolbenanzahl bzw. Zylinderanzahl Z , Polpaarzahl P der E-Maschine und Anzahl V inkl. der Dimensionen M der Gehäuseverschraubungen ausgewählt werden, bei denen zu erwarten ist, dass sie das akustische Verhalten des Gesamtsystems verbessern.

[0086] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass die Anregungsevents pro Umdrehung aus den verschiedenen Anregungskomponenten verschieden sind.

[0087] Hierdurch kann ein Radialkolbenverdichter bereitgestellt werden, der bei gleichen oder ähnlichen Leistungsdaten geräuschärmer während des Betriebes ausgestaltet ist. Mit anderen Worten, sollten, zur Vermeidung von akustischen Auffälligkeiten, die Anregungsevents pro Umdrehung aus den verschiedenen Anregungskomponenten (beispielsweise Druckverläufe bei sieben Kolben = $7x$ pro Umdrehung; Anregung aus elektrischem Antrieb - Polpaarzahl $8 = 8x$ pro Umdrehung) möglichst verschieden sein.

[0088] Der hier beschriebene Radialkolbenverdichter zeichnet sich insbesondere durch folgende Merkmale aus.

[0089] Es handelt sich vorzugsweise um einen elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter, sprich die Antriebseinrichtung ist als elektrische Maschine ausgestaltet.

[0090] Es handelt sich vorzugsweise um eine elektrische Maschine mit einer Nut-Polpaar-Kombination wahlweise permanentterregte, fremderregte oder selbsterregte Elektromotoren.

[0091] Es sind vorzugsweise gleichverteilte Kolben bzw. Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen für den Radialkolbenverdichter vorgesehen.

[0092] Es ist vorzugsweise eine Anordnung der Gehäuseverschraubungen 4 einzeln oder paarweise in der Winkelhalbierenden zwischen den Kolbenachsen A vorgesehen.

[0093] Es ist vorzugsweise ein möglichst gleicher Abstand, vorzugsweise gleicher Abstand, auf den Umfang des Schraubenlochkreises gesehen, der Schrauben 41 untereinander vorgesehen, um eine gleichmäßige Anpresskraft auf die Flächendichtung, insbesondere axial zwischen den Gehäusebauteilen 51, 52 zu erzeugen.

[0094] Es sind insbesondere Variationen bzw. weitere Kombinationen von Kolbenanzahl Z , Polpaarzahl P und/oder Schraubenanzahl V denkbar.

[0095] Es sind insbesondere von der Norm abweichende Verschraubungen 4, insbesondere Größe M7, oder Gewindesteigung, denkbar.

[0096] Es sind insbesondere Variationen hinsichtlich der Festigkeitsklasse der Schrauben 41, beispielsweise Festigkeitsklasse 8.8; 10.9; 12.9 o.a., denkbar.

[0097] Es sind insbesondere Variationen hinsichtlich der Art der Gehäuseverschraubung 4, insbesondere Schraubkopfform, Schraubenschaft, Dehnschrauben, Stehbolzen mit Mutter, etc., denkbar.

[0098] Es sind Variationen hinsichtlich Art und Material der Magnete der E-Maschine denkbar.

[0099] Es sind Variationen hinsichtlich der Art der elektrischen Maschine, insbesondere wahlweise auch Asynchronmaschine oder fremderregte Synchronmaschine, denkbar.

[0100] Nachfolgend wird auf die **Fig. 8** bis 13d Bezug genommen.

[0101] Es kann hinsichtlich der grundsätzlichen Merkmale des Radialkolbenverdichters auf die **Fig. 1** und 1a sowie die diesbezügliche Beschreibung verwiesen werden.

[0102] Der hier skizzierte Radialkolbenverdichter zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass der Radialkolbenverdichter eine Anzahl von Kolben 232 aufweist, wobei die Kolben 232 einen Kolbendurchmesser D aufweisen, wobei die Kolben einen Kolbenhub H aufweisen.

[0103] In der **Fig. 8** ist ein Zylinderdruckverlauf über dem Zylindervolumen, insbesondere Verdichtungsphasen, schematisch dargestellt. Bei einem elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter ist die Auswahl einer geeigneten Kolbenanzahl Z nicht nur vom gewünschten Fördervolumen, insbesondere Kolbenhub H , Kolbendurchmesser D , Kolbenanzahl Z , abhängig, sondern auch von dessen Kraftanregungen im Zusammenspiel über die einzelnen Verdichterhubvorgänge. Jede Hubbewegung eines Radialkolbenverdichters folgt dem Zweitaktprinzip zu der Ansaugphase, Kompressionsphase, Ausstoßphase und Expansionsphase gehören.

[0104] In der **Fig. 9** ist ein Druckverlauf je Kolben dargestellt. Während der Kompressionsphase, Ausstoßphase und Expansionsphase wirkt eine Druckkraft auf den Kolben, welche über die Zeit oder den Winkel/Antriebswinkel AW oder das Zylindervolumen ZV des Verdichtungs Vorgangs als Zylinderdruckverlauf ZD darstellbar ist.

[0105] In der **Fig. 10** sind überlagerte Kolbendruckverläufe eines 5 Kolben Radialkompressors schema-

tisch dargestellt. Ähnlich der Anregungsfunktion eines Verbrennungsmotors überlagern sich die Zylinderdruckverläufe ZD , was zu einer anregenden Kraftkomponente F auf den Exzenter 22 des Radialkolbenverdichters führt.

[0106] In der **Fig. 11** ist eine resultierende Reallast aus der Überlagerung der Druckverläufe von fünf und sechs Kolben 232 schematisch dargestellt. Bei einem Zylinder 231 gibt es einen dauerhaften Impuls einmal mal pro Umdrehung. Bei zwei Zylindern erfolgt ein Impuls zweimal pro Umdrehung usw. Optimal für die Anregung des Systems wäre eine Überlagerung von Impulsen welche aufgrund ihrer Länge, Form und der Anzahl die anregenden radialen Kraftkomponenten exakt eine konstante Summenkraft ohne überlagerte Amplitude bilden. Daher ist die Anzahl an Kolben, so zu wählen, dass sich die Verdichtungs Vorgänge der einzelnen Kolben nicht überlagern aber auch nicht überschneiden. Da es aber egal bei welcher Kombination je nach Drucklage immer zu einer Überschneidung und zu keiner Überschneidung der Druckverläufe kommen kann, ist die sich daraus ergebende Kraftamplitude entscheidend für die Anregung des Systems. Nimmt man bei gleichem Hubvolumen des Kompressors kleine Kolben mit geringeren Flächendruckkräften, benötigt man eine größere Anzahl an Kolben. Diese haben wiederum kleinere resultierende Kraftamplituden zur Folge.

[0107] In der **Fig. 12** ist eine resultierende Radialkraft F in einem Betriebspunkt für verschiedene Kolbenzahlen (Ziffern an den Kurven) schematisch dargestellt. Bestimmte Kombinationen aus Kolbenzahl und Hub/Bohrungsverhältnis führen bei ausgewählten Betriebspunkten aufgrund der Form, Länge und Anzahl zu einer fast vollständigen Auslöschung der anregenden Amplitude. In **Fig. 12** ist beispielsweise für eine Kombination aus sieben Kolben, 16 mm Kolbendurchmesser D und einem Hub H von 8 mm ein Minimum der anregenden Amplitude dargestellt. Trotz höherer Kolbenanzahl wird diese minimale Systemanregung nicht vom System mit 8 Kolben erreicht.

[0108] In den **Fig. 13a** bis 13d sind Exzenterlasten bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen und Kolbenzahlen aufgetragen. In den **Fig. 13a** bis 13d sind die Belastung auf den Exzentertrieb bei unterschiedlichen Drehzahlen, Druckverhältnissen und Kolbenzahlen gezeigt. Basis hierfür ist das gleiche Hubvolumen des Kompressors variiert über die Anzahl an Kolben und den Kolbendurchmesser D bei gleichem Hub H . Deutlich zu erkennen ist, dass ab sieben Kolben eine deutliche Minderung der radialen Belastungen auf den Exzenter stattfindet im Vergleich zu den Varianten mit fünf oder sechs Kolben. Die anregenden Kräfte und dessen Amplituden sinken stark ab, was zu einem besseren NVH-Verhalten

(spür- und hörbarem Schwingungsverhalten) führt und damit zu höherer Akzeptanz beim Endkunden. Ein Radialkolbenkompressor mit mindestens sieben Kolben, günstigenfalls auch acht oder neun Kolben stellt in diesem Fall ein anregungsgünstiges System dar.

[0109] Weiterhin sinkt aufgrund der geringeren Amplituden die Lagerbelastung am Exzentertrieb. Das ermöglicht entweder den Einbau eines kleineren Lagers oder eine höhere Lebensdauer des Exzenterlagers.

[0110] Besonders bei niedrigen Druckverhältnissen zeigt sich, dass sieben Kolben durch die günstige Überlagerung der Zylinderdruckverläufe ein Optimum darstellt. Das begünstigt den Betrieb des Kompressors bei niedrigem Druckverhältnis, da rein mechanisch mit einer daraus resultierenden niedrigen Drehmomentschwankung zu rechnen ist. Die elektrische Maschine hat aufgrund der geringen Drehmomentschwankung des Verdichters besser Regelungsmöglichkeiten und wird weniger stark angeregt.

[0111] Es ist erfindungsgemäß vorgesehen, eine geeignete Kombination aus Kolbenanzahl Z , Kolbendurchmesser D und Hub H des Kolbens vorzuschlagen, bei der die anregende Kraftkomponente aus den Druckverläufen der Verdichtungsvorgänge ein Optimum darstellt. Mit anderen Worten ist vorgesehen, dass bestimmte zu bevorzugende Kombinationen aus Kolbenanzahl Z , Kolbendurchmesser und Hub H des Kolbens 232 in ausgewählten Betriebspunkten zu einer optimalen Anregungsfunktion am Exzenter 22 führen sollen. Es sollte ein spezifisches Hub-/Durchmesser Verhältnis H/D mit zugehöriger Kolbenanzahl Z angepasst auf den Verdichtungsprozess ausgewählt werden.

[0112] Hierdurch wird eine Verringerung der akustischen Auswirkungen, insbesondere des Schalldruckpegels, des Gesamtsystems erreicht und damit zu einem verbesserten akustischen Verhalten im Fahrzeug beigetragen. Es ergibt sich insbesondere auch eine höhere Lagerlebensdauer des Exzenters bzw. eines auf der Exzenter Scheibe angeordneten Lagers, insbesondere Rollenlagers und/oder eine geringere Drehmomentschwankungen des Verdichters und damit bessere Regelbarkeit.

[0113] Bevorzugt handelt es sich bei dem Radialkolbenverdichter um einen elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter im Zweitaktbetrieb. Als Antriebseinrichtung kommt bevorzugt eine elektrische Maschine zum Einsatz. Es sind ferner gleichverteilte Kolben 232 für den Radialkolbenverdichter bevorzugt vorgesehen.

[0114] Es sind ferner vorzugsweise weitere Kombinationen von Kolbenanzahl/Durchmesser zu Kolbenanzahl denkbar. Auch sind andere Kältemittel außer CO_2 als Fluid für den Radialkolbenverdichter denkbar.

[0115] Ein bevorzugtes Einsatzgebiet der hier vorgeschlagenen Radialkolbenverdichter liegt im Bereich von Klimaanlage in Kraftfahrzeugen. Entsprechend ist der Radialkolbenverdichter bevorzugt zum Verdichten eines Kältemittels bzw. Fluids, wie beispielsweise CO_2 eingerichtet. Es sind aber auch andere Einsatzzwecke bzw. Fluide denkbar.

Patentansprüche

1. Radialkolbenverdichter, umfassend
 - eine Antriebseinrichtung (1) und eine Verdichtereinrichtung (2), wobei
 - die Verdichtereinrichtung (2) eine Antriebswelle (21) mit einem Exzenter (22) umfasst, wobei
 - sich mindestens eine, vorzugsweise mehrere, Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen (23-25) radial von der Antriebswelle (21) erstrecken, wobei
 - jede Kolben-Arbeitsraum-Kombination einen Arbeitsraum (231) und einen in dem Arbeitsraum verschiebbaren Kolben (232) umfasst, wobei der Kolben (232) eine Längsachse (A) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - jeder Kolben (232) einen Kolbenfuß (2321) umfasst, wobei jeder Kolbenfuß (2321) mit einer umlaufenden Fase (F) oder zwei Fasen (F1, F2) ausgestattet ist, wobei
 - die umlaufende Fase (F) bzw. die Fasen (F1, F2) einen Fasenwinkel (α bzw. α_1, α_2) in Bezug auf die Längsachse (A) des Kolbens (232) einnehmen, wobei der Fasenwinkel (α bzw. α_1, α_2) derart eingerichtet ist, dass er im Bereich des engsten Kontaktes zum benachbarten Kolben die größtmögliche Führungslänge (L) des Kolbens (232) innerhalb des Arbeitsraumes (231) ermöglicht.
2. Radialkolbenverdichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fasenwinkel (α_1 bzw. α_2) = $360^\circ/\text{Kolbenanzahl } (Z) / 2$ entspricht.
3. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Längsachsen (A) der Kolben (232) in einer Ebene liegen.
4. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf den Umfang gleichverteilte Kolben/Zylinder (231, 232) vorgesehen sind.
5. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzliche Kantenverrun-

dungen (2322) am Übergang der Fase (F) zum Kolbenfuß (2321) vorgesehen sind.

6. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche oder dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei

- der Radialkolbenverdichter eine Anzahl (V) von Kolben (232) umfasst, wobei
- die Antriebseinrichtung (1) als elektrische Maschine ausgestaltet ist, umfassend eine Anzahl von Polpaaren (3), wobei
- der Radialkolbenverdichter ein mindestens zweiteiliges Gehäuse (51, 52) umfasst, deren Gehäusekomponenten durch eine Anzahl von Verschraubungen (4) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass bestimmte zu bevorzugende Kombinationen aus Kolbenanzahl (V), Polpaarzahl (3) der E-Maschine und Anzahl (V) inkl. der Dimensionen (M) der Verschraubungen (4) ausgewählt werden, bei denen zu erwarten ist, dass sie das akustische Verhalten des Gesamtsystems verbessern.

7. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche oder dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei

- der Radialkolbenverdichter durch die Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen (23) und die Polpaare (3) der elektrischen Maschine Anregungskomponenten ausbildet, wobei sich die Anregungskomponenten durch Anregungsevents, wie Druckspitzen im Arbeitsraum (231) und einen Wechsel zwischen den Polpaaren (3) auszeichnen, die einen Einfluss auf das akustische Verhalten des Radialkolbenverdichters haben, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anregungsevents pro Umdrehung aus den verschiedenen Anregungskomponenten verschieden sind.

8. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei der dem Radialkolbenverdichter um einen elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter handelt.

9. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die als elektrische Maschine ausgestaltete Antriebseinrichtung (1) eine Nut-Polpaar-Kombination umfasst, es sich insbesondere um einen permanenten, fremderregten oder selbsterregten Elektromotor handelt.

10. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolben-Arbeitsraum-Kombinationen (23) gleichverteilt über den Umfang des Radialkolbenverdichters angeordnet sind, insbesondere gleichverteilte Kolben (232) des Radialkolbenverdichters vorhanden sind.

11. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anordnung der Verschraubungen (4) einzeln oder paarweise in der Winkelhalbierenden zwischen den Kolbenachsen (A) vorgesehen sind.

12. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein möglichst gleicher, insbesondere gleicher, Abstand, auf den Umfang des Schraubenlochkreises gesehen der Verschraubungen (4) untereinander, vorgesehen ist, um eine gleichmäßige Anpresskraft auf die Flächendichtung, insbesondere axial zwischen den Gehäusebauteilen, zu erzeugen.

13. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass weitere Kombinationen von Kolbenanzahl (Z), Polpaarzahl (P) und/oder Anzahl (V) der Verschraubungen (V) verwendet werden.

14. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass von der Norm abweichende Verschraubungen (4), insbesondere Größe 7, oder Gewindesteigung, verwendet werden.

15. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Festigkeitsklasse der Schrauben (41), insbesondere Festigkeitsklasse 8.8; 10.9; 12.9 o.a., variiert werden können.

16. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Art der Verschraubung, insbesondere Schraubenkopfform, Schraubenschaft, Dehnschrauben, Stehbolzen mit Mutter, etc., variiert werden kann.

17. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass Art und Material der Magnete der E-Maschine variieren werden können.

18. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Art der elektrischen Maschine variieren kann, insbesondere kann die elektrische Maschine wahlweise als Asynchronmaschine oder fremderregte Synchronmaschine ausgestaltet sein.

19. Radialkolbenverdichter nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche oder dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei

- der Radialkolbenverdichter eine Anzahl (Z) von Kolben (232) aufweist, wobei

- die Kolben (232) einen Kolbendurchmesser (D) aufweisen, wobei
- die Kolben (232) einen Kolbenhub aufweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine geeignete Kombination aus Kolbenanzahl (Z), Durchmesser (D) und Hub (H) der Kolben (232) ausgewählt wird, bei der die anregende Kraftkomponente aus den Druckverläufen der Verdichtungs Vorgänge ein Optimum darstellt.

20. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem Radialkolbenverdichter um einen elektrisch angetriebenen Radialkolbenverdichter im Zweitaktbetrieb handelt.

21. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Antriebseinrichtung eine elektrische Maschine zum Einsatz gelangt.

22. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass gleichverteilte Kolben (232) für den Radialkolbenverdichter vorgesehen sind.

23. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass weitere Kombinationen von Kolbenanzahl/Durchmesser (Z/D) zu Kolbenanzahl (Z) denkbar sind.

24. Radialkolbenverdichter gemäß mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass andere Kältemittel außer CO₂ als Fluid für den Radialkolbenverdichter denkbar sind.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

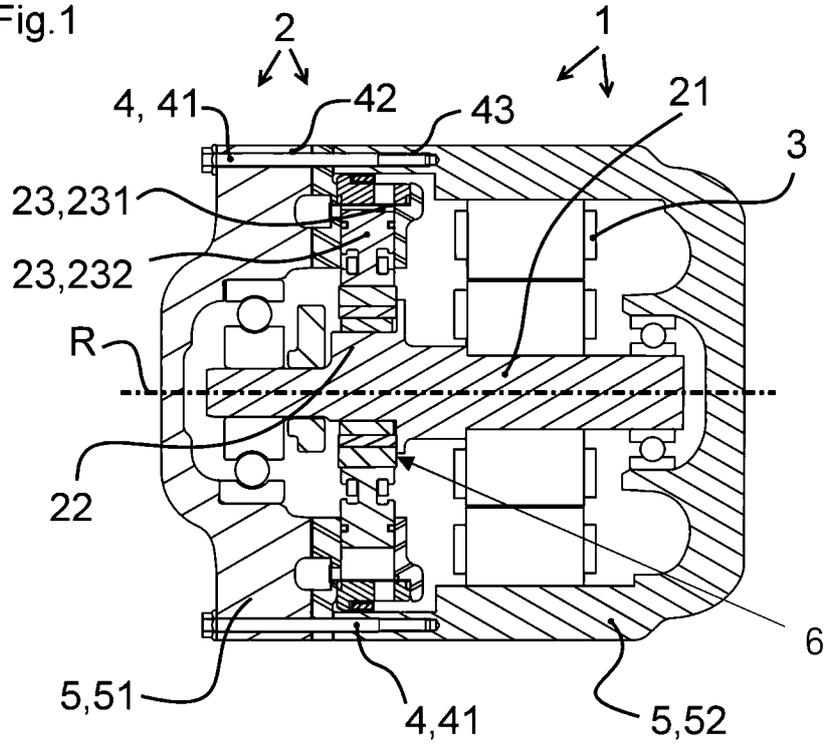


Fig.1a

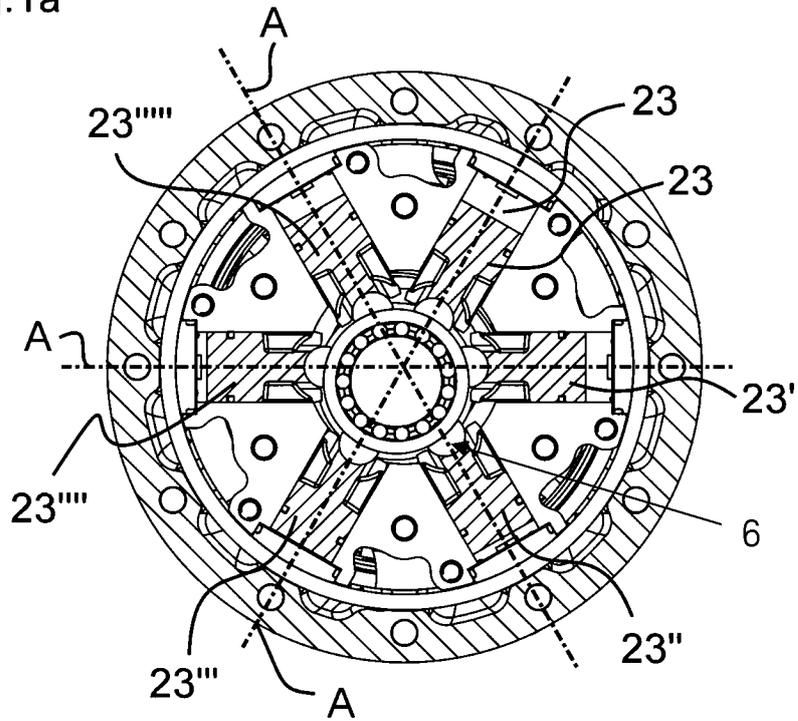


Fig.2

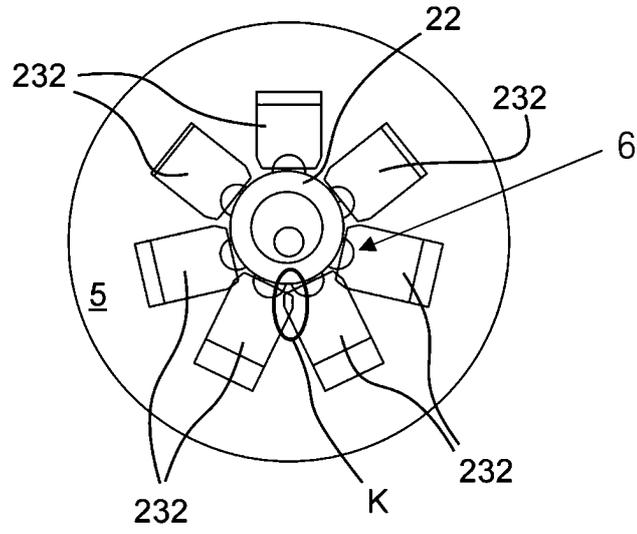


Fig.3a

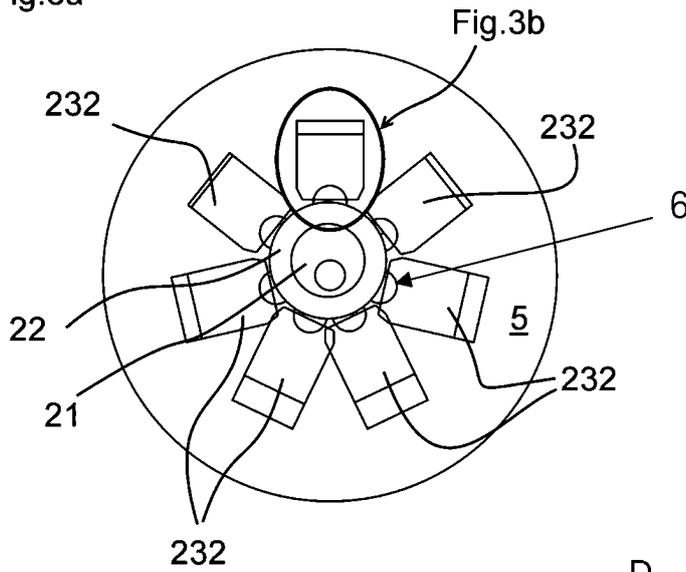


Fig.3b

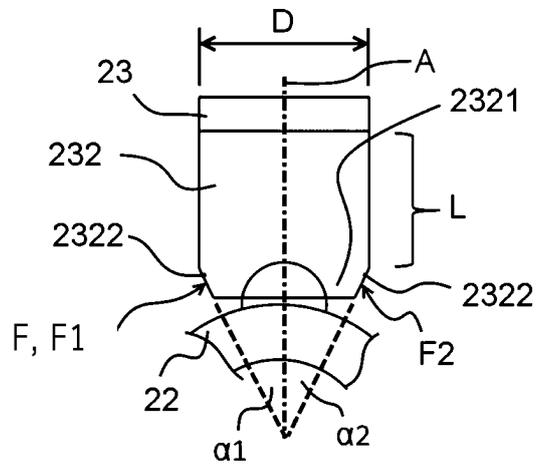


Fig.3c

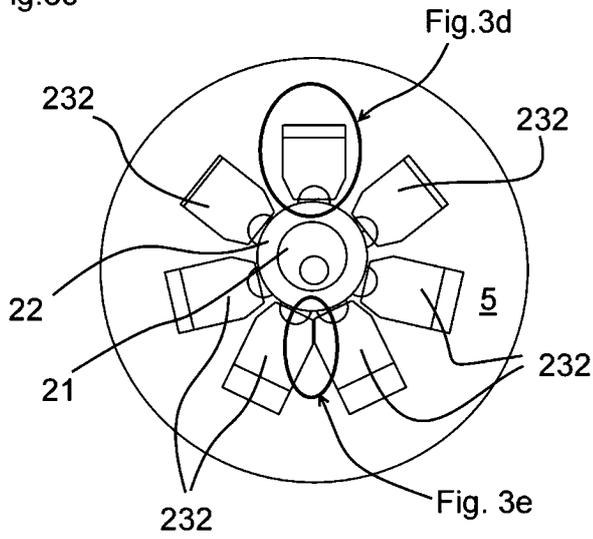


Fig.3d

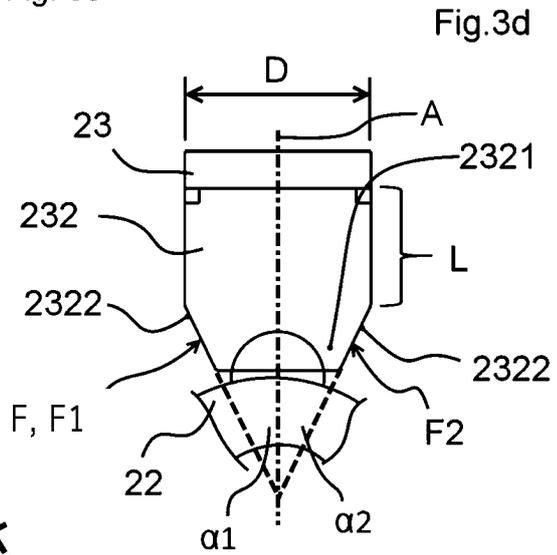


Fig.3e

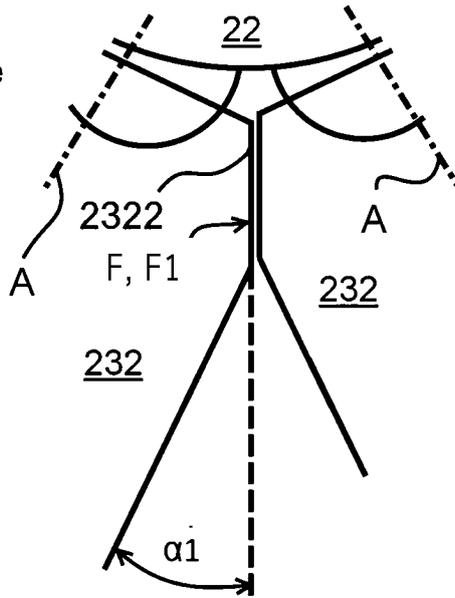


Fig. 4

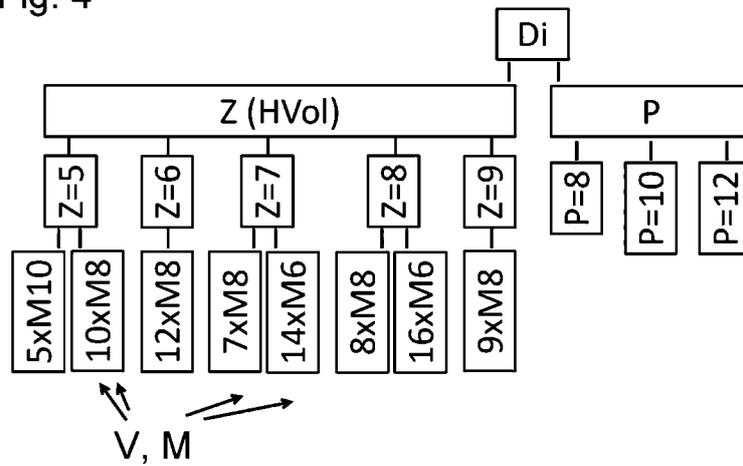


Fig. 5

Variante	Z	V	P	kgV
	5		8	40
1	5	10xM8	8	40
	5	5xM10	12	60
2	5	10xM8	12	60
	6	12xM8	8	24
	6	12xM8	10	30

Fig. 6

Variante	Z	V	P	kgV
	7	7xM8	8	56
3	7	14xM6	8	56
	7	7xM8	10	60
4	7	14xM6	10	60
	7	7xM8	12	84
5	7	14xM6	12	84
6	8	8xM8	10	40
7	8	16xM6	10	40

Fig. 7

Variante	Z	V	P	kgV
8	9	9xM8	8	72
9	9	9xM8	10	90
	9	9xM8	12	36

Fig.8

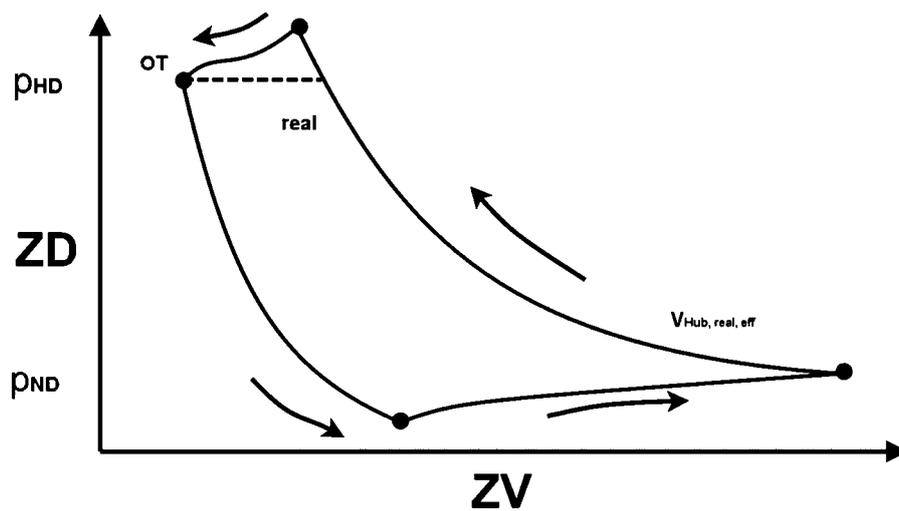


Fig.9

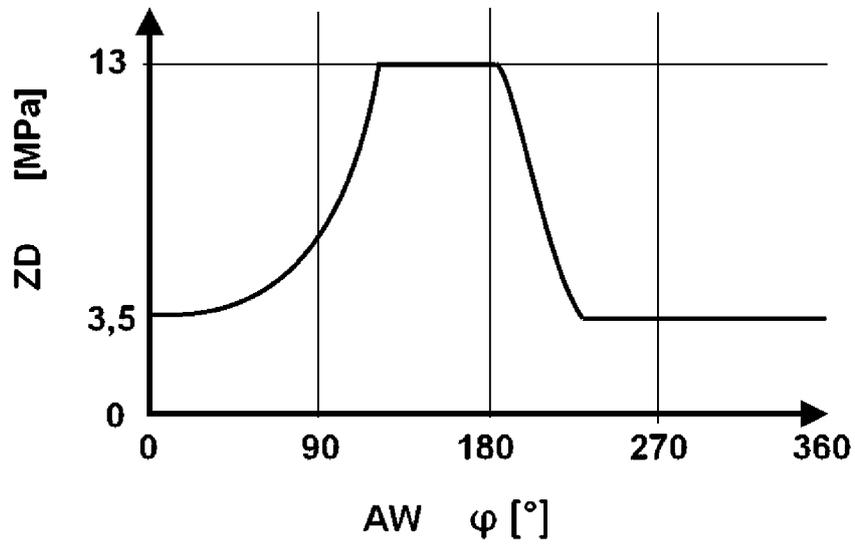


Fig.10

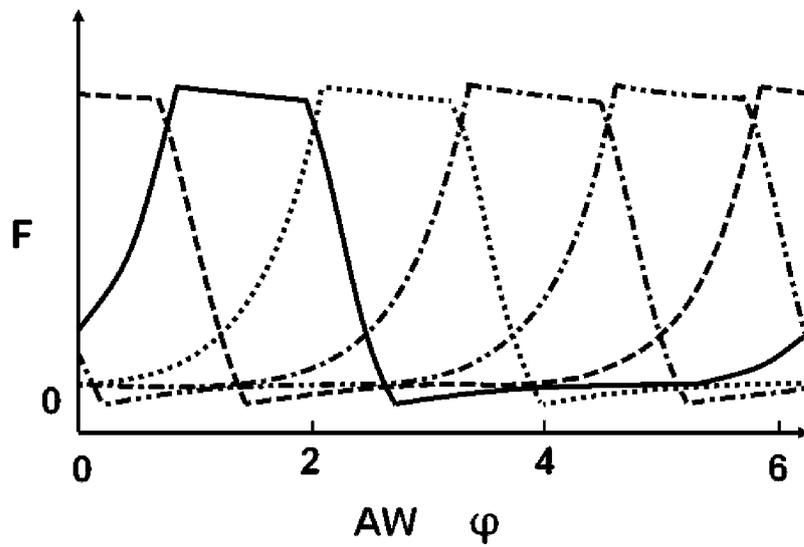


Fig.11

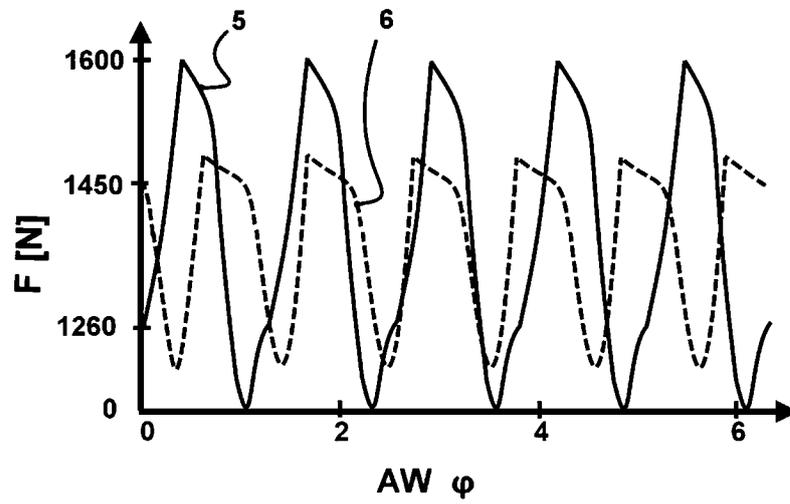
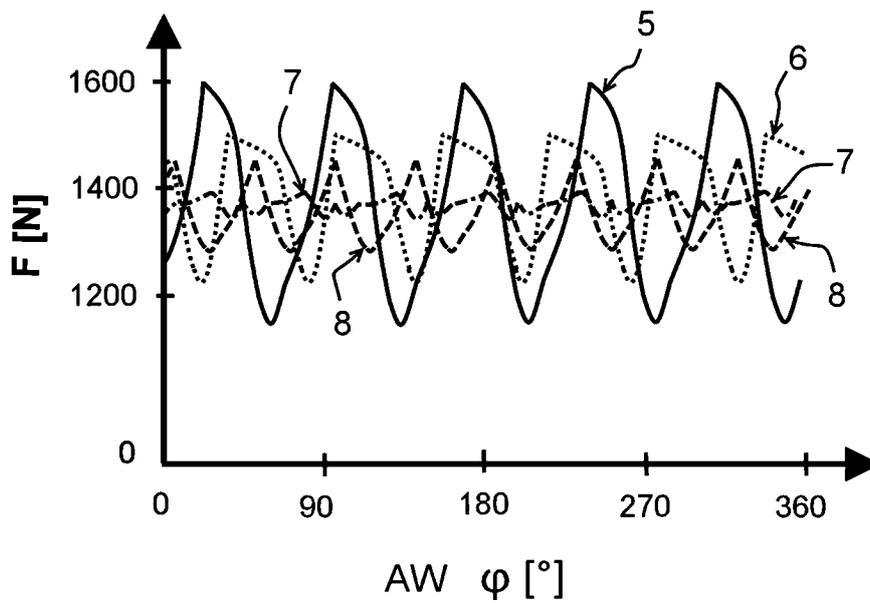


Fig. 12



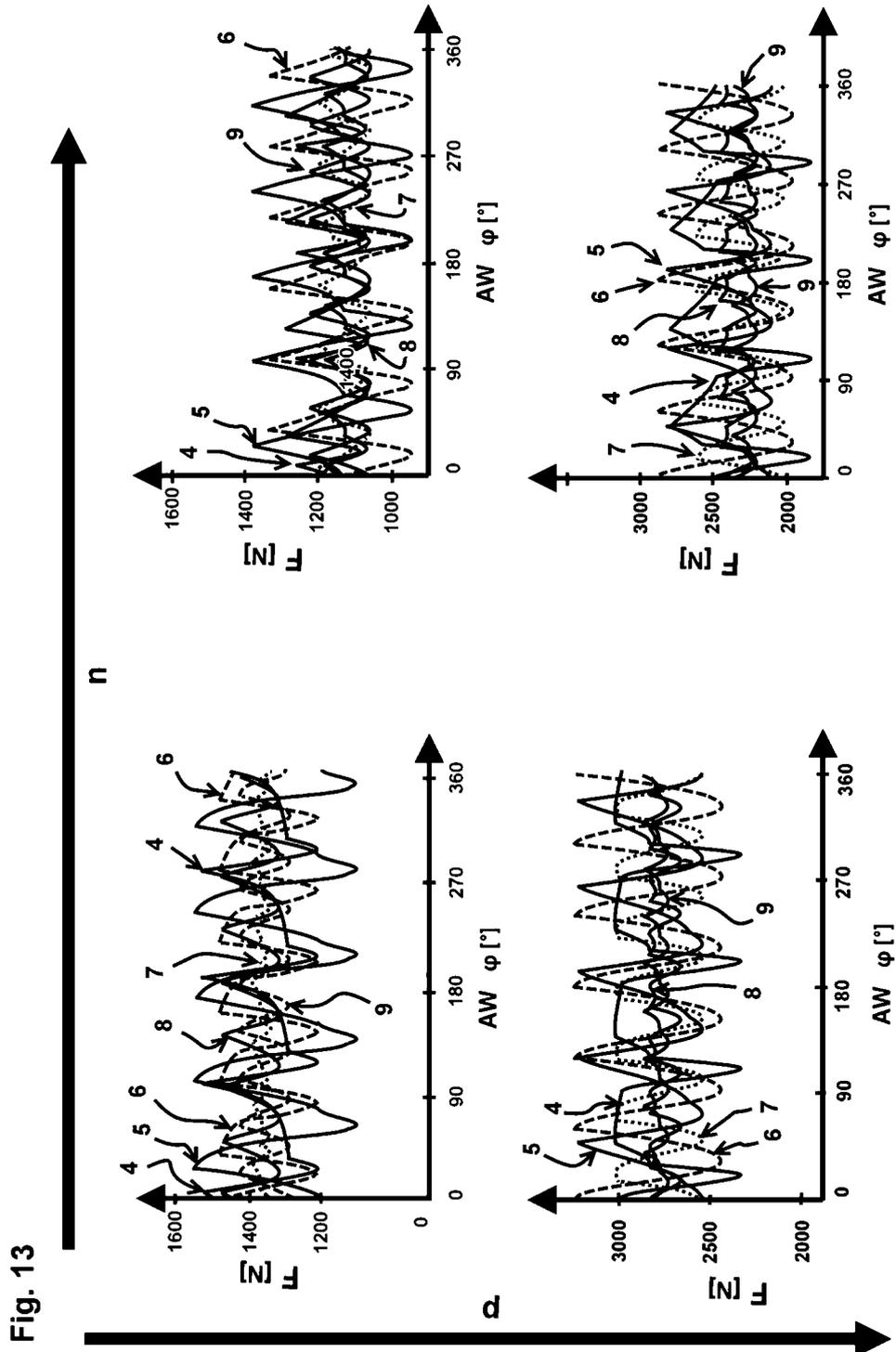


Fig. 13