

(19)



(11)

EP 3 055 573 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.01.2021 Patentblatt 2021/04

(51) Int Cl.:
F04C 2/10 ^(2006.01) **F04C 14/04** ^(2006.01)
F03C 2/08 ^(2006.01) **F03C 1/08** ^(2006.01)
F04B 1/12 ^(2020.01)

(21) Anmeldenummer: **14809757.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2014/100352

(22) Anmeldetag: **08.10.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/051784 (16.04.2015 Gazette 2015/15)

(54) **STRÖMUNGSMASCHINE WELCHE SOWOHL ALS HYDRAULISCHER MOTOR ALS AUCH ALS PUMPE BETRIEBEN WERDEN KANN.**

FLUID MACHINE WHICH MAY BE OPERATED AS A HYDRAULIC MOTOR OR AS A PUMP

MACHINE FLUIDIQUE POUVANT ÊTRE OPÉRÉE COMME MOTEUR HYDRAULIQUE OU COMME POMPE

(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

(72) Erfinder:
• **BAUM, Reginald**
70186 Stuttgart (DE)
• **RÖSS, Robert**
N-6674 Kvisvik (NO)

(30) Priorität: **08.10.2013 DE 102013111098**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.08.2016 Patentblatt 2016/33

(74) Vertreter: **Limbeck, Achim**
Rechtsanwaltskanzlei Dr. Limbeck
Auf dem Schimmerich 11
53579 Erpel (DE)

(73) Patentinhaber: **Baum, Reginald**
70186 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 074 740 DE-A1- 3 015 551
DE-A1- 3 029 997 DE-A1- 19 520 405

EP 3 055 573 B1

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).

Beschreibung

Technisches Gebiet

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Strömungsmaschine, welche sowohl als Motor als auch als Pumpe betrieben werden kann, mit axial fest gelagerter Welle, umfassend ein Leistungsteil sowie eine Steuerung, die zumindest ein Anschlussstück umfasst, an dem mindestens ein Verteilerteil mit Durchtrittsöffnungen sowie zumindest ein Zuleitungsteil angeordnet sind, das Verteilerteil mittels zumindest eines an der Welle angeordneten Antriebs angetrieben wird und axiale Kräfte auf einen an dem Verteilerteil axial angeordneten Kolben verteilt werden, wobei der mindestens eine an dem Maschinenteil vorgesehene Zu- und Ablauf rotierend ausgestaltet ist und von dem Verteilerteil und dem Kolben über das Zuleitungsteil mit mindestens zwei sich mitrotierenden Antriebsdrücken versorgt wird, wobei die Antriebsdrücke mit ihren zugehörig projizierten Ringflächen am Kolben Kräfte erzeugen. Nachfolgend soll unter einem Leistungsteil eine Maschine verstanden werden, welche zum Betrieb mit mindestens zwei mitrotierenden Speisedrücken versorgt wird und zu diesem Zweck einen Abtrieb besitzt, welcher das Verteilerteil der Strömungsmaschine antreibt. Dabei kann es sich sowohl um eine regelbare als auch um eine nichtregelbare Maschine handeln.

Stand der Technik

20 **[0002]** Aus dem Stand der Technik ist aus WO 2006/010471 A1 ein im Volumenstrom nicht änderbarer, hydrostatischer Kreiskolbenmotor bereits bekannt. In EP 0166995 B1 ist darüber hinaus eine stufenlos volumenänderbare hydrostatische Kreiskolbenmaschine beschrieben. Diese Maschinen können sowohl als Motor als auch als Pumpe betrieben werden und funktionieren sowohl im Rechts- als auch im Linkslauf, besitzen demnach jeweils zwei Betriebsmodi, Motor und Pumpe in beiden Drehrichtungen und mithin vier Quadranten (Motor im Rechtslauf, Motor im Linkslauf, Pumpe im Linkslauf, Pumpe im Rechtslauf).

25 **[0003]** Nachteilig hierbei ist, dass in diesen Maschinen sehr hohe druck- und drehrichtungsabhängige Axialkräfte entstehen. Diese Kräfte führen zu sehr hohen, druck- und drehrichtungsabhängigen Reibungsverlusten. Dadurch sind diese Maschinen nichtlinear, haben im Rechts- und Linkslauf unterschiedliche Eigenschaften und besitzen einen reduzierten Wirkungsgrad.

30 **[0004]** Weitere Nachteile der bereits bekannten Lösungen seien nachfolgend beschrieben. Das ungleiche und nicht-lineare Verhalten der Maschinen im Rechts- und Linkslauf in beiden Modi machen sie für viele Anwendungen, wie bspw. für eine Verwendung als Radnabenmotor oder bspw. für eine Verwendung als Messsystem oder Servoantrieb gänzlich ungeeignet. Ein Radnabenmotor etwa muss im Rechts- und Linkslauf exakt gleiche Eigenschaften haben, damit linkes und rechtes Rad gleich angetrieben werden. Auch der reduzierte Wirkungsgrad macht die Maschinen für die diversen Anwendungen unattraktiv und erzeugt zudem viel Abwärme, was in manchen Anwendungen schon gar nicht zulässig ist. Das im Rechts- und Linkslauf ungleiche Verhalten ist bauartbedingt und kann somit nur in ganz engen Grenzen, durch Änderung geometrischer Parameter, während der Auslegung beeinflusst werden. Es kann unter bestimmten Druckverhältnissen sogar vorkommen, dass derartige Maschinen in einen Zustand geraten, in dem ein starker interner Kurzschlussstrom entsteht und die Funktion der Maschine in einer Drehrichtung und mindestens einem Betriebsmodus gar nicht mehr gegeben ist; damit ist die Gesamtfunktion nicht sicher gewährleistet. Um anzulaufen benötigen die Maschinen sehr hohe Druckdifferenzen, was die Einsatzmöglichkeit eines solchen Antriebs oft verhindert. Maschinen dieser Bauart funktionieren überdies nur im Dreirohrprinzip mit Zulauf, Ablauf und separatem Leck- Ablauf. Weitere Nachteile dieser Maschinen sind darin zu sehen, dass sie keine Freilauffunktion, keine Bremsfunktion, keinen Sanftanlauf und ebenfalls keine Blockierfunktion besitzen. Die Charakteristik der Maschinen kann ferner während des Betriebes in allen vier Quadranten nicht an veränderte Bedingungen angepasst werden. Weiterhin eignen sich diese Maschinen aufgrund der großen Mindestdruckdifferenzen nur für den Betrieb mit Flüssigkeiten.

45 **[0005]** Aus DE 10 2008 025 054 B4 ist eine Hydraulikeinheit zur Bereitstellung einer unter Druck stehenden Hydraulikflüssigkeit zum Antrieb eines angekoppelten hydraulischen Aktuators bekannt, welche mit einem in einem unter Druck stehenden Motorgehäuse angeordneten Motor, einem in einem Speichergehäuse angeordneten Hydraulikspeicher sowie einer in einem Pumpengehäuse angeordneten Hydraulikpumpe und einem Hydraulikblock ausgestattet ist. Kennzeichnend hierfür ist, dass zumindest Motorgehäuse, Pumpengehäuse und der Hydraulikblock ein einheitliches handhabbares starres Modul bilden und die in dem Modul umströmende Hydraulikflüssigkeit alle Elemente des Moduls in Längsrichtung (Umlaufsystem) bereichsweise durchsetzt. Wesentliches Element dieser Hydraulikeinheit ist, dass die Hydraulikpumpe und der Hydraulikblock eine Funktionseinheit bilden, der Hydraulikblock mit einer Mehrzahl von Hydraulikanschlußelementen versehen ist und durch einen Flansch eine im Pumpengehäuse angeordnete Förderkammer durch den Hydraulikblock auf der dem Motorgehäuse gegenüberliegenden Seite abgedeckt wird.

55 **[0006]** Aus der US 3 853 435 A ist eine Hydraulikvorrichtung bekannt, umfassend ein Gehäuse mit einer Fluidzufuhröffnung und einer Fluidaustrittsöffnung, wobei ein Rotor in dem Gehäuse und ein Stator vorgesehen sind, ferner ein Rotor, der drehbar in Bezug auf den Stator ist und eine Niederdruck- und eine Hochdruckzone aufweist. Ein Kommutator-

Ventil ist drehbar in dem Gehäuse aufgenommen, wobei in zwei Hohlräumen eine Hochdruck- und Niederdruckzone in Verbindung mit dem Fluidzufuhranschluss und der Fluidabgabeöffnung verbunden sind.

[0007] Aus den Druckschriften DE 30 15 551 A1 und DE 30 29 997 A1 sind Kreiskolbenmaschinen bekannt, welche einen wie eingangs beschriebenen strukturellen Aufbau besitzen, wobei darin aufgezeigte Verteilerteile jeweils an der Stirnseite mit Druck beaufschlagt sind.

Darstellung der Erfindung

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Strömungsmaschine zu schaffen, bei der die axialen Kräfte bis auf eine Mindestkraft zum Dichten der Laufflächen sehr klein oder gar Null sind, und welche sowohl als Pumpe als auch als Antriebsmaschine eingesetzt und mit allen denkbaren strömhbaren Medien betrieben werden kann, wobei sie sich im Rechts- und Linkslauf gleich verhalten und die Funktion unabhängig von den Druckkonstellationen der Antriebsdrücke sicher gewährleistet werden soll.

[0009] Erfindungsgemäß wird die voranstehende Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0010] Danach ist eine Strömungsmaschine der eingangs genannten Art dadurch gekennzeichnet, dass durch Zuleitungen und eine Steuervorrichtung mindestens einer der weiteren Druckbereiche oder Ersatzflächen mit einem Antrieb zur Steuervorrichtung verbunden ist und dadurch mit einem Steuerdruck beaufschlagt wird und dadurch die Gesamtkraft an der Stirnseite sowie der Wirkungsgrad über die gesamtresultierende Kraft, welche die Kontaktflächen zwischen Kolben und Verteilerteil, sowie zwischen Verteilerteil und Zuleitungsteil aufeinanderpresst, innerhalb eines Regelbereiches verändert wird.

[0011] Die Strömungsmaschine soll bevorzugt im Zweirohrprinzip ohne separaten Leck- Ablauf ausgeführt werden können und mit einer Steuervorrichtung und einem zugehörigen Antrieb ausgestattet werden können, so dass sie ihren hohen Wirkungsgrad auch noch bei hohen Drücken behält. Über die Steuervorrichtung soll eine Freilauffunktion, eine Bremsfunktion, eine Blockierfunktion, einen Sanftanlauf, eine Linearisierung der Kennlinien und innerhalb eines Regelbereiches eine Adaption der Kennlinien an bestimmte Lastanforderungen realisierbar sein.

[0012] Alle auf das Verteilerteil wirkenden Kräfte stehen zunächst in jedem der vier Betriebszustände der Strömungsmaschine sowohl in axialer als auch in radialer Richtung - bis auf eine Dichtkraft - in einem Gleichgewicht. Um die axialen Kräfte auch drehzahl- und drehrichtungsunabhängig im Gleichgewicht halten zu können, sind an dem Verteilerteil zusätzliche Druckbereiche in der Weise angeordnet, dass sich auf der Stirnseite des Verteilerteils eine regelmäßige und in sich symmetrische Druckverteilung ausbildet. Dieses Gleichgewicht kann nun durch eine zusätzliche, vorzugsweise vorgesehene Steuervorrichtung mit einem Antrieb gezielt verändert werden. Unter einer Steuervorrichtung soll nachfolgend ein Kraftübertragungsmittel verstanden werden, welches axiale Kräfte auf den Kolben überträgt. Diese Kraft wird von einem separaten Antrieb erzeugt und kann auch zum Bremsen oder Sanftanlaufen oder Blockieren oder Auskuppeln der Strömungsmaschine verwendet werden.

[0013] Es war für den Fachmann überaus erstaunlich, dass bei der erfundenen Strömungsmaschine alle oben genannten Nachteile nicht mehr auftraten. Der wesentliche und entscheidende Vorteil der vorgeschlagenen Strömungsmaschine besteht darin, dass sie in allen vier Quadranten sehr funktionssicher wird, gleiche Eigenschaften im Rechts- und Linkslauf besitzt und durch die Eliminierung von Reibverlusten einen wesentlich höheren Wirkungsgrad und sehr hohe Anlaufmomente erreicht.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0014] Weitere Ziele, Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnungen. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von der Zusammenfassung in einzelnen Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

[0015] In den Zeichnungen zeigen

Fig.1 eine isometrische Schnittansicht durch eine Strömungsmaschine;

Fig.2 einen Vergleich zwischen einer typischen Kennlinie eines bereits bekannten Antriebes und drei möglichen Kennlinien innerhalb eines Regelbereiches;

Fig.3 die auf den Kolben und das Verteilerteil wirkenden axialen Kräfte, welche sich zur Gesamtkraft addieren;

Fig.4 im ersten Schnitt X-X den modellhaften Druckverlauf mit nicht konstantem Gradienten zwischen dem Antriebsdruck und dem weiteren Druck, im zweiten Schnitt X-X ein Ersatzsystem mit konstanten Drücken sowie drei Wir-

kungsfälle der Gesamtkräfte an der Stirnseite des Verteilerteils; Modell und Ersatzsystem haben die gleiche Fläche A unter der Kurve;

Fig.5 die Strömungsmaschine in einem Betriebszustand als Pumpe oder als Motor;

Fig.6 die Strömungsmaschine in einem Freilauf-Betriebszustand;

Fig.7 eine Ausgestaltungsform der Steuerung;

Fig.8 eine weitere Ausgestaltungsform der Steuerung;

Fig.9 ein Blockschaltbild der Strömungsmaschine;

Fig.10 exemplarisch vier Ausführungsformen eines Leistungsteils mit rotierendem Zu- und Ablauf.

Ausführung der Erfindung

[0016] Wie aus Fig.1 ersichtlich, besteht die bevorzugte Strömungsmaschine 1 aus einem Leistungsteil 2 sowie einer Steuerung 3, wobei das Leistungsteil 2 über den Antrieb 12 das Verteilerteil 10 antreibt. Über das Zuleitungsteil 11 wird das Leistungsteil 2 mit rotierendem Zu- und Ablauf mit den beiden Antriebsdrücken p_1, p_2 versorgt. Axial zum Zuleitungsteil 11 ist das Verteilerteil 10 angeordnet. Der Kolben 9 ist axial an dem Verteilerteil 10 angeordnet und wird axial mit den beiden Antriebsdrücken p_1, p_2 über das Anschlusssteil 4 versorgt. Kolben 9, Verteilerteil 10 und Zuleitungsteil 11 sind an dem Anschlusssteil 4 angeordnet. In dem Anschlusssteil 4 sind die beiden Anschlüsse 5,6.

[0017] Die Steuervorrichtung 13 wirkt in axialer Richtung auf den Kolben 9 und wird dabei vom Antrieb der Steuervorrichtung 14 angetrieben. Die beiden Checkventile 16,17 sind zwischen dem inneren Leckbereich 7 und den Anschlüssen 5,6 angeordnet.

[0018] Am äußeren Rand des Verteilerteils 10 befindet sich ein weiterer Druckbereich 8, welcher über mindestens eine Zuleitung 24 in dem Zuleitungsteil 11 mit dem inneren Druckbereich 7 verbunden ist.

[0019] Eine Feder 15 erzeugt eine Federkraft F_f , mit der der Kolben 9 und das Verteilerteil 10 auf das Zuleitungsteil 11 gedrückt wird, um diese gegeneinander abzudichten. Sie ist zwischen dem Anschlusssteil 4 und dem Kolben 9 angeordnet.

[0020] Die axiale und fast geradlinige Versorgung des Leistungsteils 2 mit den Antriebsdrücken p_1, p_2 ist dabei besonders vorteilhaft für den Wirkungsgrad der Strömungsmaschine 1. Der Fluss des strömbaren Mediums wird hierbei kaum durch Umlenkungen gebremst.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann die Strömungsmaschine 1 auch ohne Steuervorrichtung 13 mit Antrieb der Steuervorrichtung 14 ausgeführt sein. Der Vorteil dieser Ausführung besteht darin, dass die Strömungsmaschine 1 dadurch wesentlich günstiger wird, wenn in der Applikation keine der Funktionen Freilauf, Sanftanlauf, Bremsen oder Blockieren benötigt wird, sondern lediglich eine günstige Maschine mit exzellentem Wirkungsgrad und gleichem funktionssicheren Verhalten im Rechts- und Linkslauf.

[0022] Wie aus Fig.2 ersichtlich, besitzen herkömmliche Strömungsmaschinen im Rechts- und Linkslauf unterschiedliche Kennlinien K_0 . Im Vergleich dazu werden drei mögliche Kennlinien K_1, K_2, K_3 der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine 1 innerhalb eines Regelbereiches 19 gezeigt. Dargestellt ist der Wirkungsgrad η über der Drehzahl der Welle n_w . Bei konstanten Antriebsdrücken p_1, p_2 ist dies in etwa proportional zum Moment M_w n_w .

[0023] Die Kennlinie K_1 zeigt exemplarisch das Verhalten einer Strömungsmaschine 1 ohne Steuervorrichtung 13. K_1 ist in den vier Quadranten I-IV bereits nahezu symmetrisch oder sogar vollständig symmetrisch. Vorteilhaft ist hier das höhere Anlaufmoment an der Welle M_w in den ersten beiden Quadranten I,II beim Treiben, bzw. das hohe Anlaufmoment in den beiden Quadranten III,IV beim Pumpen. Das Anlaufen ist hier bereits bei sehr geringen Druckunterschieden zwischen den beiden Antriebsdrücken p_1, p_2 immer sicher gewährleistet. Ein geringes Anlaufmoment ist zum Beispiel bei Windmühlen wichtig, die dadurch nicht erst bei bspw. 3m/s Windgeschwindigkeit Energie erzeugen, sondern bereits bei bspw. 1m/s Windgeschwindigkeit.

[0024] Die Kennlinie K_2 zeigt beispielhaft eine Kennlinie einer Strömungsmaschine 1 mit Steuervorrichtung 13 und den Antrieb der Steuervorrichtung 14, bei der der Wirkungsgrad abschnittsweise linearisiert und innerhalb des Regelbereiches 19 für hohe Drücke optimiert wurde, indem die notwendigen Dichtkräfte in der Strömungsmaschine 1 an die jeweils anliegenden Druckverhältnisse der beiden Antriebsdrücke p_1, p_2 und an die Drehzahl der Strömungsmaschine 1 angepasst wurden.

[0025] Die Kennlinie K_3 zeigt exemplarisch eine Strömungsmaschine 1, welche sich innerhalb des Regelbereiches 19 in den vier Quadranten I-IV unterschiedlich verhält. Das Blockieren der Maschine ist in Punkt 20 dargestellt. Dort ist bei $n_w=0$ auch $M_w=0$. Das Bremsen 21 ist beispielhaft an der Kennlinie K_3 im ersten Quadranten I dargestellt. Im zweiten

Quadranten II ist die Adaption 22 der Kennlinie K3 exemplarisch dargestellt. Der Freilauf 23 ist im Rechts- und Linkslauf dargestellt. Dort ist $M_w=0$ und $n_w \neq 0$.

[0026] Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass die erfindungsgemäße Strömungsmaschine 1 nun steuerbar ist. In Verbindung mit ihren verbesserten Eigenschaften, ihrer zuverlässigeren Funktion und den zusätzlichen Funktionen Freilauf, Sanftanlauf, Bremse und Blockierung ist sie für eine Vielzahl von Anwendungen wie bspw. als Fahrantriebe, Windmühlen, Messsysteme, Antriebe in sicherheitskritischen Applikationen oder Servoantriebe geeignet.

[0027] Wie aus Fig.3 ersichtlich, addieren sich die auf den Kolben 9 und die Steuerplatte 10 wirkenden axialen Kräfte zur Gesamtkraft F_g . Die Steuerplatte 10 weist dabei abwechselnd Durchtrittsöffnungen 26,27 auf, durch welche die Antriebsdrücke p_1, p_2 wirken können. Der Antriebsdruck p_1 erzeugt dabei die Kraft aus $p_1 F_{p1}$. Der Antriebsdruck p_2 erzeugt dabei die Kraft aus $p_2 F_{p2}$. Diese Kräfte F_{p1}, F_{p2} errechnen sich aus den Antriebsdrücken p_1, p_2 und den zugehörigen projizierten Ringflächen am Kolben 9. Die Feder 15 erzeugt die Federkraft F_f . Der innere Leckdruck p_{li} erzeugt mit der zugehörigen projizierten Fläche die Kraft F_l .

[0028] Ist die Strömungsmaschine 1 mit einer Steuervorrichtung 13 mit Antrieb 14 ausgestattet, so wirkt zusätzlich noch die Steuerkraft F_s . Auf der Stirnseite des Verteilerteils 10 wirken verschiedene Drücke, die zudem nicht konstant verteilt sind. Die Kraft F_{gsx} errechnet sich daher allgemein zu $F_{gsx} = \int p_A \cdot n_v \cdot dA$. Je nach Ausführung wird F_{gsx} zu F_{gsA} , F_{gsB} , oder F_{gsC} . Die genauen Druckverhältnisse auf dieser Fläche sind nichtlinear, drehzahlabhängig und sehr komplex.

[0029] Ein Segment mit je einer Durchtrittsöffnung 26 des Antriebsdruckes p_1 und einer Durchtrittsöffnung 27 des Antriebsdruckes p_2 ist in Fig.3 vergrößert dargestellt, sowie je ein Druckbereich eines inneren Leckdruckes p_l und eines weiteren Druckes p_{w1} .

[0030] Um diese komplexen Druckverhältnisse anschaulicher darzustellen, wird im Folgenden ein nahezu konstanter Gradient zwischen zwei Drücken $p_1, p_2, p_{li}, p_{w1}, p_{w2} \dots$ angenommen. Daraus ergeben sich vereinfachte Ersatzflächen $A_1, A_2, A_3 \dots, B_1, B_2, B_3 \dots, C_1, C_2, C_3 \dots$, mit denen die Drücke dann multipliziert und zu F_{gsA} , F_{gsB} und F_{gsC} multipliziert werden können.

[0031] Die Summe all dieser Kräfte $F_{p1}, F_{p2}, F_s, F_f, F_l, F_w, F_{gsx}$ ist die gesamtresultierende Kraft F_{gx} , die je nach Ausführung als F_{gA} , F_{gB} , F_{gC} bezeichnet wird. Erst wenn diese gesamtresultierende Kraft F_{gx} die Kontaktflächen zwischen Kolben 9 und Verteilerteil 10 sowie zwischen Verteilerteil 10 und Zuleitungsteil 11 in einer ausreichenden, aber nicht zu starken Höhe aufeinanderpresst und somit abdichtet, ohne zu blockieren, kann die Strömungsmaschine 1 anlaufen. Ansonsten entsteht entweder der innere Kurzschlussstrom V_{ki} und der äußere Kurzschlussstrom V_{ka} , da Kolben 9, Verteilerteil 10 und Zuleitungsteil 11 gegeneinander nicht dicht sind oder die Strömungsmaschine 1 blockiert sogar, da der Anpressdruck, den F_{gx} zwischen den Kolben 9, Verteilerteil 10 und Zuleitungsteil 11 erzeugt, zu hoch ist. Deshalb ist es besonders vorteilhaft, die Kraft F_{gx} über die Steuervorrichtung 13 und den zugehörigen Antrieb 14 immer optimal auf den Betriebspunkt der Maschine einstellen zu können.

[0032] Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass bei Vorhandensein einer Steuervorrichtung 13 mit Antrieb 14 sogar auf die Feder 15 verzichtet werden kann, wenn diese Federkraft F_f von der angetriebenen Steuervorrichtung 13, 14 erzeugt wird.

[0033] Ein weiterer Vorteil liegt darüber hinaus darin begründet, dass gemäß dem Fall, dass der Kolben 9 und/oder das Verteilerteil 10 und/oder die Steuervorrichtung 13 magnetisch ausgeführt sind, hierüber ebenfalls axiale Kräfte erzeugt werden können. Als Antrieb für die Steuervorrichtung 13 kann dann bspw. ein einfacher Elektromagnet verwendet werden.

[0034] Wie aus Fig.4 ersichtlich, können die komplexen Druckverteilungen auf den Stirnseiten des Verteilerteils 10 an einem modellhaften Druckverlauf mit nicht konstantem Gradienten zwischen dem Antriebsdruck p_2 und dem weiteren Druck p_{w1} vereinfacht dargestellt werden. Im zweiten Schnitt X-X wird ein Grenzpunkt 25 so bestimmt, dass die beiden Flächen A im Modellsystem und im Ersatzsystem gleich groß sind. Führt man diesen Vorgang mehrfach an verschiedenen Stellen einer Strömungsmaschine 1 aus, führt die Verbindung der Grenzpunkte 25 zu den Ersatzflächen $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, B_4, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 \dots$, in denen der jeweilige Druck $p_1, p_{li}, p_{w1}, p_{w2} \dots$ konstant ist.

[0035] Es ergibt sich für den Stand der Technik der Wirkungsfall A, mit $A_1 \gg A_2$. Im Wirkungsfall A ist die Gesamtkraft F_{gsA} :

$$\begin{aligned} \text{im Linkslauf: } F_{gsA} &= p_1 \cdot A_1 + p_2 \cdot A_2 + p_{li} \cdot A_3; \\ \text{im Rechtslauf: } F_{gsA} &= p_2 \cdot A_1 + p_1 \cdot A_2 + p_{li} \cdot A_3. \end{aligned}$$

Beide Terme können nur gleich groß sein, wenn $A_1 = A_2$ ist. Genau das ist vorliegend aber niemals gegeben. Aus diesem Widerspruch ergeben sich die meisten gravierenden Nachteile bei herkömmlichen Maschinen.

[0036] Im Wirkungsfall B herrscht außen an dem Verteilerteil 10 ein weiterer Druck p_{w1} . Die Flächen B_1 und B_2 sind idealerweise gleich groß. Im Wirkungsfall B ist die Gesamtkraft F_{gsB} an der Stirnseite dem Verteilerteil 10:

$$\text{im Linkslauf: } F_{gsB} = p_1 \cdot B_1 + p_2 \cdot B_2 + p_{w1} \cdot B_3 + p_{li} \cdot B_4;$$

EP 3 055 573 B1

im Rechtslauf: $F_{gsB} = p_2 \cdot B_1 + p_1 \cdot B_2 + p_{w1} \cdot B_3 + p_{li} \cdot B_4$.

Da hier die Flächen B_1, B_2 gleich groß werden können, ist bei $B_1 = B_2$. Die Gesamtkraft an der Stirnseite F_{gB} und damit auch die Gesamtkraft F_{gsB} sind dann unabhängig von der Drehrichtung gleich groß.

[0037] Vorteilhaft ist, dass die Strömungsmaschine 1 jetzt aufgrund der symmetrischen Verhältnisse im Rechts- und Linkslauf wieder gleiche oder zumindest fast gleiche Eigenschaften hat. Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass gemäß dem Fall, dass der weitere Druck p_{w1} gleich dem inneren Leckdruck p_i ist, sich der Aufbau der Strömungsmaschine 1 erheblich vereinfacht, da die Druckbereiche B_3 und B_4 nur durch Zuleitungen 24 verbunden werden müssen.

[0038] Im Wirkungsfall C herrscht außen an dem Verteilerteil 10 ein weiterer Druck p_{w1} auf der Fläche C_3 . Die Flächen C_1 und C_2 sind idealerweise gleich groß. Die Fläche C_4 wird über Zuleitungen 24 mit einem weiteren Druck p_{w2} versorgt. Hierbei kann es sich beispielsweise um den inneren Leckdruck p_{li} oder aber, wie in der Darstellung den außen anliegenden weiteren Druck p_{w1} oder aber auch um einen Steuerdruck p_{w2} handeln.

[0039] Im Wirkungsfall C ist die Gesamtkraft F_{gsC} an der Stirnseite des Verteilerteils 10 somit:

im Linkslauf: $F_{gsC} = p_1 \cdot C_1 + p_2 \cdot C_2 + p_{w1} \cdot C_3 + p_{w2} \cdot C_4 + p_{li} \cdot C_5$;

im Rechtslauf: $F_{gsC} = p_2 \cdot C_1 + p_1 \cdot C_2 + p_{w1} \cdot C_3 + p_{w2} \cdot C_4 + p_{li} \cdot C_5$.

Da hier die Flächen C_1 und C_2 gleich groß werden können, ist bei $C_1 = C_2$. Die Gesamtkraft an der Stirnseite F_{gC} und damit auch die Gesamtkraft F_{gsC} sind dann unabhängig von der Drehrichtung gleich groß. Wenn $p_{li} = p_{w1} = p_{w2}$ gilt, vereinfacht sich wiederum der Aufbau der Strömungsmaschine 1 erheblich, da die Druckbereiche C_3, C_4, C_5 nur durch Zuleitungen 24 verbunden werden müssen. Hieraus ergibt sich vorteilhaft eine Vielzahl von denkbaren Konstellationen, um die Eigenschaften der Strömungsmaschine 1 zu beeinflussen und zu optimieren.

[0040] Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass ein weiterer Druck p_{w1} auch durch mindestens eine Zuleitung zum weiteren Druckbereich 24 von außen über das Anschlussteil 4 als Steuerdruck zuführbar ist.

[0041] Wie aus Fig.5 ersichtlich, benötigt die Strömungsmaschine 1 in einem Betriebszustand als Pumpe oder als Motor eine gesamtresultierende Kraft F_g , die über den Kolben 9 und das Verteilerteil 10 auf das Zuleitungsteil 11 drückt und damit die Stirnflächen von Kolben 9, Verteilerteil 10 und Zuleitungsteil 11 gegeneinander abdichtet. Durch eine Druckdifferenz zwischen den beiden Antriebsdrücken p_1, p_2 kommt es zum Antriebsstrom V_a welcher die Strömungsmaschine 1 antreibt. Durch Undichtigkeiten zwischen Kolben 9, Verteilerteil 10 und Zuleitungsteil 11 kommt es zu einem inneren Leckstrom V_{li} und einem äußeren Leckstrom V_{la} . Über bevorzugte Zuleitungen zum weiteren Druckbereich 24 sind beide Leckströme V_{la}, V_{li} miteinander verbunden. Diese Leckströme V_{la}, V_{li} sammeln sich und erzeugen den inneren Leckdruck p_{li} . Sobald dieser innere Leckdruck p_{li} groß genug ist, wird er über eines der beiden Checkventile 16,17 in den kleineren der beiden Antriebsdrücke p_1, p_2 abgeleitet.

[0042] Vorteilhaft ist, dass es erst in Verbindung mit den gleichen Eigenschaften im Rechts- und Linkslauf nun möglich wird, die Strömungsmaschine 1 mit nur zwei Zuleitungen in allen Betriebspunkten zu betreiben. Eine dritte Leckleitung, um die Leckströme V_{la}, V_{li} abzuleiten, entfällt.

[0043] Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass die Versorgung des Verteilerteils 10 fast ohne Umlenkung axial über den Kolben 9 und das Anschlussteil 4 erfolgt, und sich aufgrund der großen Querschnitte der Durchtrittsöffnungen 26,27 für die beiden Antriebsdrücke p_1, p_2 auch sehr große Strömungsquerschnitte ergeben. Beides trägt zu einem guten Gesamtwirkungsgrad η bei.

[0044] Ein weiterer Vorteil liegt auch darin begründet, dass die Strömungsmaschine 1 in allen ihren Teilen herstellungstechnisch optimiert ist, da bis auf eine Zuleitung zum weiteren Druckbereich 24 keine schrägen Bohrungen existieren.

[0045] Wie aus Fig.6 ersichtlich, wird die Strömungsmaschine 1 in einen Freilauf-Betriebszustand gebracht, wenn die gesamtresultierende Kraft F_g den Kolben 9 von dem Verteilerteil 10 wegdrückt. Dazu wird über eine Steuervorrichtung 13 mit einem Antrieb für die Steuervorrichtung 14 eine Kraft F_s auf den Kolben 9 ausgeübt. Zwischen dem Kolben 9, des Verteilerteils 10 und dem Zuleitungsteil 11 entstehen dadurch Spalte, über welche sich ein innerer Kurzschlussstrom V_{ki} und ein äußerer Kurzschlussstrom V_{ka} bilden. Über die Steuervorrichtung 13 kann vorteilhaft sehr feinfühlig vom Freilauf in das Anlaufen der Maschine übergegangen werden, so dass ein Sanftanlauf entsteht.

[0046] Da die Welle der Steuerung 2 über den Antrieb 12 des Verteilerteils 10 mit der Untersetzung und mit dem Verteilerteil 10 verbunden ist, kann vorteilhaft durch ein Umkehren der Steuerkraft F_s des Verteilerteils 10 zwischen Kolben 9 und Zuleitungsteil 11 abgebremst und so das Moment an der Welle M_w direkt beeinflusst werden.

[0047] Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass das Bremsmoment, welches bei geöffnetem Freilauf entsteht, sehr gering ist, da keine inneren Bremsmomente mehr durch die gesamtresultierende Kraft F_g entstehen können.

[0048] Wie aus Fig.7 ersichtlich, können die Anschlüsse 5, 6 auch direkt an dem Kolben 9 angeordnet sein. Die Feder 15 drückt über den Kolben 9 das Verteilerteil 10 auf das Zuleitungsteil 11. Das Verteilerteil 10 wird in dieser bevorzugten Anordnung radial von innen mit den Antriebsdrücken p_1, p_2 versorgt. Dadurch werden die axialen Kräfte F_{p1}, F_{p2} , die aus den Versorgungsdrücken p_1, p_2 resultieren, zu null.

[0049] Vorteilhaft ist, dass Druckschwankungen der Antriebsdrücke p_1, p_2 in dieser Ausführung keinen Einfluss mehr auf die gesamtresultierende Kraft F_g haben. Die Steuervorrichtung 13 besteht in dieser bevorzugten Ausführung vorteilhaft aus einem strömbaren Medium, welches sich in einem Zylinder, der zwischen Kolben 9 und den beiden Anschlussteilen 4 angeordnet ist, befindet. Der Antrieb der Steuervorrichtung 14 beaufschlagt dieses strömbare Medium mit einem Steuerdruck und erzeugt so die Steuerkraft F_s . Das Verteilerteil 10 wird vom Antrieb 12 des Verteilerteils 10 mit der Drehzahl n_v angetrieben. Zwischen dem inneren Leckbereich 7 und den Anschlüssen 5,6 sind dabei die beiden Checkventile 16,17 angeordnet.

[0050] Ein weiterer Vorteil dieser Ausführungsform der Strömungsmaschine 1 liegt darin begründet, dass das gesamte System über strömbare Medien betrieben wird und so eine Einbindung in ein Gesamtsystem, in welchem die Steuerungsinformation bereits in Form eines Steuerdruckes vorliegt, erleichtert wird.

[0051] Wie aus Fig.8 ersichtlich ist, können in einer weiteren Ausgestaltungsform der Steuerung 3 die Anschlüsse 5,6 an dem Anschlussteil 4 angeordnet sein und das Verteilerteil 10 direkt und nicht über den Kolben 9 mit den Antriebsdrücken p_1, p_2 versorgen. Vorteilhaft ist hier, dass dadurch die axialen Kräfte F_{p1}, F_{p2} , die aus den Versorgungsdrücken p_1, p_2 resultieren, radial wirken und so axial zu null werden. Druckschwankungen von p_1, p_2 haben so keinen Einfluss mehr auf die gesamtresultierende Kraft F_g . Die Feder 15 drückt über den Kolben 9 das Verteilerteil 10 auf das Zuleitungsteil 11. Das Verteilerteil 10 wird in dieser bevorzugten Anordnung radial von Außen mit den Antriebsdrücken p_1, p_2 versorgt. Der Antrieb der Steuervorrichtung 14 übt über die Steuervorrichtung 13 eine Steuerkraft F_s auf den Kolben aus. Das Verteilerteil 10 wird vom Antrieb 12 des Verteilerteils 10 mit der Drehzahl n_v angetrieben. Der weitere Druckbereich ist außen an dem Verteilerteil 10 angeordnet. In dem Anschlussteil 4 ist ein separater Leckanschluss 18 angeordnet. Handelt es sich bei dem strömbaren Medium um ein gasförmiges Fluid, welches über den Anschluss 5 mit dem Antriebsdruck p_1 in die Strömungsmaschine 1 gelangt und über den Anschluss 6 ins Freie strömt, so kann der Leckstrom V_{li} über den Leckanschluss 18 ebenfalls sofort ins Freie abströmen, ohne erst einen Druck zum Ansteuern von Checkventilen 15,16 aufbauen zu müssen. Dadurch sinkt der Anlaufdruck p_1 der Strömungsmaschine 1 auf ein vorteilhaftes Minimum. Ein weiterer Vorteil dieser Ausführung liegt darin begründet, dass sich die Strömungsmaschine 1 ohne Checkventile noch günstiger bauen lässt.

[0052] Wie aus Fig.9 ersichtlich, besteht eine Strömungsmaschine 1, die im Winkelbereich von 0 bis $360^\circ/i$ $i=1, 2, 3 \dots$ aufgewickelt in einem Blockschaltbild dargestellt ist, aus einem Leistungsteil 2, an dem eine Steuerung 3 angeordnet ist. An dem Verteilerteil 10 ist der Kolben 9 angeordnet. Zwischen dem Anschlussteil 4 und dem Kolben 9 ist die Feder 15 angeordnet. Diese presst den Kolben 9 zunächst an das Verteilerteil 10. Am Kolben 9 kann optional eine Steuervorrichtung 13 angeordnet werden, an welcher ein Antrieb 14 angeordnet ist. Die Antriebsdrücke p_1, p_2 werden in den Kolben 9 eingeleitet und auf die einzelnen Durchtrittsöffnungen 26,27 in dem Verteilerteil 10 verteilt. Die Verteilung dieser beiden Antriebsdrücke p_1, p_2 auf je zwei Druckbereiche von 0° bis $180^\circ/i$ und von $180^\circ/i$ auf $360^\circ/i$ erfolgt durch das Verteilerteil 10 mittels einer Differenz zwischen der Anzahl an Durchtrittsöffnungen 26,27 in dem Verteilerteil 10 und der Anzahl der Zuleitungen zum Leistungsteil 28 in dem Zuleitungsteil 11. Auf den Stirnseiten des Verteilerteils 10 wirken noch weitere Druckbereiche 8, die hier durch Zuleitungen 24 dargestellt sind.

[0053] An dem Zuleitungsteil 11 ist das Leistungsteil 2 mit rotierendem Zu- und Ablauf angeordnet. Zwischen dem Verteilerteil 10 und dem Leistungsteil 2 ist der Antrieb 12 des Verteilerteils 10 angeordnet. Das Leistungsteil 2 treibt über den Antrieb 12 das Verteilerteil 10 synchron an, so dass sich beide synchron mit der Drehzahl n_v das Verteilerteil 10 drehen. Zwischen dem Verteilerteil 10 und dem Leistungsteil 2 besteht ein Verstellwinkel ξ , so dass die Druckbereiche p_1, p_2 des Leistungsteils 2 voreilend, genau synchron oder nacheilend zum Verteilerteil 10 sein können. Je nach Bauart des Leistungsteils 2 ist hierfür eine Untersetzung u zur Drehzahlanpassung erforderlich.

[0054] Vorteilhaft ist, dass der Antrieb 12 des Verteilerteils 10 dabei aber nicht mehr unbedingt koaxial zum Verteilerteil 10 sein muss. Ein weiterer Vorteil liegt darin begründet, dass die Untersetzung u je nach Art des Leistungsteils 2 auch gleich 1 sein kann und somit ein Direktantrieb möglich ist, der keine zusätzlichen Laufgeräusche verursacht. Vorteilhaft ist, dass durch das Voreilen bzw. Nacheilen des Verteilerteils 10 zum Leistungsteil 2 um den Verstellwinkels ξ der Wirkungsgrad η und auch die Symmetrie der Kennlinien K_0, K_1, K_2, K_3 verändern lassen.

[0055] Wie aus Fig.10 ersichtlich, sind mehrere Bauarten von Leistungsteilen 2 mit rotierendem Zu- und Ablauf denkbar, welche mit der Steuerung 3 zu einer Strömungsmaschine 1 kombiniert werden können.

[0056] In der ersten Ausführungsform A besteht das Leistungsteil 2 aus einer GEROTOR-Maschine mit konstantem Volumenstrom, wie sie in der Fig.1 im Schnitt zu sehen ist. Dargestellt ist ein Schnitt durch die GEROTOR-Maschine, welcher die beiden Druckbereiche mit den Antriebsdrücken p_1, p_2 zeigt. Die Untersetzung u ist ungleich 1. Die beiden Druckbereiche mit den Antriebsdrücken p_1, p_2 rotieren mit der Drehzahl n_v . Der Vorteil ist hier die einfache und kompakte Bauweise einer solchen Strömungsmaschine 1.

[0057] In der zweiten Ausführungsform B besteht das Leistungsteil 2 aus einer im Volumenstrom regelbaren GEROTOR-Maschine. Diese ist im Schnitt dargestellt. Der wichtigste Vorteil ist hier die Regelbarkeit des Volumenstromes, was in vielen Applikationen zwingend notwendig ist.

[0058] In der dritten Ausführungsform C besteht das Leistungsteil 2 aus einer Axialkolbenmaschine mit einer Taumelscheibe. Die Welle dieser Maschine ist direkt mit dem Verteilerteil 10 der Steuerung 3 verbunden. Die Untersetzung u

EP 3 055 573 B1

ist somit gleich 1. Hieraus ergibt sich eine besonders einfache Konstruktion, welche auch über die Neigung der Taumelscheibe im Volumenstrom regelbar sein kann und mit $u=1$ einen besonders einfachen und leisen Direktantrieb der Steuerung 3 ermöglicht.

[0059] In der vierten Ausführungsform D besteht das Leistungsteil 2 aus einer Radialkolbenmaschine mit Pleueln und Kurbelwelle. Die Welle dieser Maschine ist direkt mit dem Verteilerteil 10 der Steuerung 3 verbunden. Die Untersetzung u ist somit gleich 1.

[0060] Ein ganz zentraler Vorteil der erfindungsgemäßen Strömungsmaschine 1 ist es, sie mit einer Vielzahl an denkbaren Leistungsteilen 2 zu kombinieren, um für die jeweilige Applikation der Strömungsmaschine 1 eine ideale Lösung zu schaffen.

Liste der Bezugsziffern

[0061]

15	1	Strömungsmaschine
	2	Leistungsteil mit rotierendem Zu- und Ablauf
	3	Steuerung
	4	Anschlussteil
	5	erster Anschluss
20	6	zweiter Anschluss
	7	Leckbereich innen
	8	weiterer Druckbereich
	9	Kolben
	10	Verteilerteil
25	11	Zuleitungsteil
	12	Antrieb des Verteilerteils
	13	Steuervorrichtung
	14	Antrieb Steuervorrichtung
	15	Feder
30	16	erstes Checkventil
	17	zweites Checkventil
	18	Leckanschluss
	19	Regelbereich
	20	Blockierung
35	21	Bremsen
	22	Adaption
	23	Freilauf
	24	Zuleitung
	25	Grenzpunkt
40	26	Durchtrittsöffnung des Antriebsdrucks p_1
	27	Durchtrittsöffnung des Antriebsdrucks p_2
	28	Zuleitungen zum Leistungsteil
	η	Wirkungsgrad
	M_w	Moment Welle
45	N_w	Drehzahl Welle
	N_v	Drehzahl Verteilerteil
	F_{p1}	Kraft aus Antriebsdruck p_1
	F_{p2}	Kraft aus Antriebsdruck p_2
	F_s	Steuerkraft
50	F_f	Federkraft
	F_l	Kraft Leckdruck
	F_w	Kraft weiterer Druck
	F_{gsA}	Gesamtkraft Stirnseite Stand der Technik
	F_{gsB}	Gesamtkraft Stirnseite Ausführungsform B
55	F_{gsC}	Gesamtkraft Stirnseite Ausführungsform C
	F_{gx}	gesamterresultierende Kraft
	p_1	erster Antriebsdruck
	p_2	zweiter Antriebsdruck

	ξ	Verstellwinkel
	Va	Antriebsstrom
	Vki	Innerer Kurzschlussstrom
	Vka	Äußerer Kurzschlussstrom
5	p li	Leckdruck innen
	ps	Steuerdruck
	V li	Leckstrom innen
	V la	Leckstrom außen
	pw1, pw2,	...weiterer Druck
10	V w	weiterer Strom
	A	Flächen
	A1, A2, A3	Ersatzflächen Stand der Technik
	B1, B2, B3, B4	Ersatzflächen Ausführungsform B
	C1, C2, C3, C4, C5, ...	Ersatzflächen Ausführungsform C
15	K0, K1, K2, K3	Kennlinien
	u	Untersetzung

Patentansprüche

- 20
1. Strömungsmaschine (1), welche sowohl als Motor als auch als Pumpe betrieben werden kann, mit axial fest gelagerter Welle (Mw), umfassend ein Leistungsteil (2) mit mindestens einem Zu- und Ablauf, eine Steuerung (3), die zumindest ein Anschlussteil (4) umfasst, an dem mindestens ein Verteilerteil (10) mit Durchtrittsöffnungen (26,27) sowie zumindest ein Zuleitungsteil (11) angeordnet sind, wobei das Verteilerteil (10) mittels zumindest eines an der Welle (Mw) angeordneten Antriebs (12) angetrieben wird und axiale Kräfte auf einen an dem Verteilerteil (10) axial angeordneten Kolben (9) verteilt werden, wobei der mindestens eine an dem Leistungsteil (2) vorgesehene Zu- und Ablauf rotierend ausgestaltet ist und von dem Verteilerteil (10) und dem Kolben (9) über das Zuleitungsteil (11) mit mindestens zwei sich mitrotierenden Antriebsdrücken (p1, p2) versorgt wird, wobei die Antriebsdrücke (p1, p2) mit ihren zugehörig projizierten Ringflächen (A1, A2) am Kolben (9) die Kräfte Fp1 und Fp2 erzeugen, wobei mindestens eine Stirnseite des Verteilerteils (10) auf mindestens einer Ersatzfläche (B3,C3,C4, ...) mit mindestens einem weiteren Druck (pw1, pw2, ...) beaufschlagt ist,
- 25
- dadurch gekennzeichnet,**
dass durch Zuleitungen (24) und eine Steuervorrichtung (13) mindestens einer der weiteren Druckbereiche oder Ersatzflächen (8, B3, C3,C4, ..) mit einem Antrieb (14) zur Steuervorrichtung (13) verbunden ist und dadurch mit einem Steuerdruck (ps) beaufschlagt wird und dadurch die Gesamtkraft an der Stirnseite (Fgsx) sowie der Wirkungsgrad (η) über die gesamtresultierende Kraft (Fgx), welche die Kontaktflächen zwischen Kolben (9) und Verteilerteil (10), sowie zwischen Verteilerteil (10) und Zuleitungsteil (11) aufeinanderpresst, innerhalb eines Regelbereiches (19) verändert wird.
- 30
- 35
- 40 2. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass mindestens ein weiterer Druck (pw1, pw2, ...), der in einem der weiteren Druckbereiche oder auf den Ersatzflächen (8, B3, C3, C4, ...) erzeugt wirkt, durch Zuleitungen (24) mit einem inneren Leckbereich (7) verbunden ist und so gleich dem inneren Leckdruck (pli) ist.
- 45
3. Strömungsmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass über eine Steuervorrichtung (13) und einen Antrieb der Steuervorrichtung (14) die Steuerkraft (Fs) auf den Kolben (9) erzeugt wirkt und so die gesamtresultierende Kraft (Fgx) verändert wird, wobei damit eine Adaption des Wirkungsgrades, ein Abbremsen, ein Blockieren, ein Sanftanlauf oder ein Freilauf mit einem inneren und/oder einem äußeren Kurzschlussstrom (Vka, Vki) der Strömungsmaschine (1) erzielt wird.
- 50
- 55 4. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Zuleitung beider Antriebsdrücke (p1,p2)
- a) in nahezu geradliniger axialer Richtung oder
b) in radialer Richtung von innen oder

c) in radialer Richtung von außen

erfolgt.

- 5 5. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der innere Leckbereich (7) über einen Leckanschluss (18) in das Anlussteil (4) nach außen abgeleitet wird
und/oder über je ein Checkventil (1,2,16,17) mit je einem Anschluss (5,6) verbunden ist.
- 10 6. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 3 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kolben (9) und/oder das Verteilerteil (10) und/oder das Zuleitungsteil (11) und/oder die Steuervorrichtung
(13) magnetisch ausgeführt sind.
- 15 7. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche 3 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Steuervorrichtung (14) ein Elektromagnet ist.
- 20 8. Strömungsmaschine (1) nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Leistungsteil 2 und dem Verteilerteil 10 ein Verstellwinkel ξ besteht,
mit dem die Symmetrie der Kennlinien K0, K1, K2, K3 verändert wird.

Claims

- 25 1. Turbo machine (1), which can be operated both as a motor and as a pump, with axially fixed shaft (Mw), comprising
a power unit (2) with at least one inlet and outlet, a controller (3) which at least comprises a connection part (4) on
which at least one distributor part (10) with passage openings (26, 27) and at least one feed line part (11) are
30 arranged, the distributor part (10) by means of at least one drive (MW) arranged on the shaft (Mw) (12) is driven
and axial forces are distributed to a piston (9) arranged axially on the distributor part (10), the at least one inlet and
outlet provided on the power part (2) being designed to rotate and from the distributor part (10) and the pistons (9)
is supplied with at least two co-rotating drive pressures (p1, p2) via the supply line part (11), the drive presses (p1,
p2) with their associated projected annular surfaces (A1, A2) on the piston (9) generating the forces Fp1 and Fp2
35 generate, whereby at least one end face of the distributor part (10) is acted upon by at least one further pressure
(pw1, pw2, ...) on at least one equivalent surface (B3, C3, C4, ...),
characterized in that
through feed lines (24) and a control device (13) at least one of the further pressure areas or replacement areas (8,
B3, C3, C4, ...) is connected to a drive (14) to the control device (13) and thereby to a control pressure (ps) is applied
and thereby the total force on the face (Fgsx) and the efficiency (η) over the total resulting force (Fgx), which the
40 contact surfaces between the piston (9) and distributor part (10), as well as between distributor part (10) and supply
part (11) pressed against each other, is changed within a control range (19).
2. A turbo machine (1) according to claim 1,
characterized in that
45 at least one further pressure (pw1, pw2, ...), which is generated in one of the further pressure areas or on the
replacement surfaces (8, B3, C3, CA, ...) acts through supply lines (24) with an internal leak area (7) and is thus
equal to the internal leakage pressure (pli).
3. A turbo machine (1) according to claim 1 or 2,
50 **characterized in that**
via a control device (13) and a drive of the control device (14) the control force (Fs) acts on the piston (9) and thus
the total resulting force (Fgx) is changed, with an adaptation of the efficiency, a braking, a blocking, a soft start or
freewheeling with an internal and / or an external short-circuit current (Vka, Vki) of the turbo machine (1) is achieved.
- 55 4. A turbo machine (1) according to one of the preceding claims,
characterized in that
the feed line for both drive pressures (p1, p2)

- a) in an almost straight axial direction or
- b) in the radial direction from the inside or
- c) in the radial direction from the outside

5 he follows.

5. A turbo machine (1) according to one of the preceding claims 2 to 4,
characterized in that
 the inner leakage area (7) is diverted to the outside via a leakage connection (18) in the connection part (4) and /
 10 or is connected to a connection (5,6) each via a check valve (1, 2, 16, 17).
6. A turbo machine (1) according to one of the preceding claims 3 to 5,
characterized in that
 the piston (9) and / or the distributor part (10) and / or the feed line part (11) and / or the control device (13) are
 15 designed to be magnetic.
7. A turbo machine (1) according to one of the preceding claims 3 to 6,
characterized in that
 the control device (14) is an electromagnet.
 20
8. A turbo machine (1) according to one of the preceding claims,
characterized in that
 between the power part 2 and the distributor part 10 there is an adjustment angle ξ with which the symmetry of the
 25 characteristics KO, K1, K2, K3 is changed.

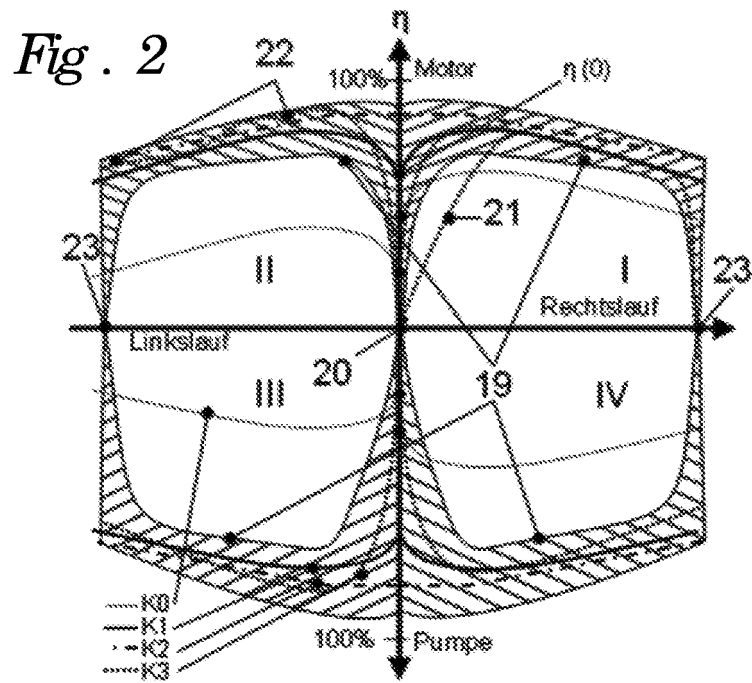
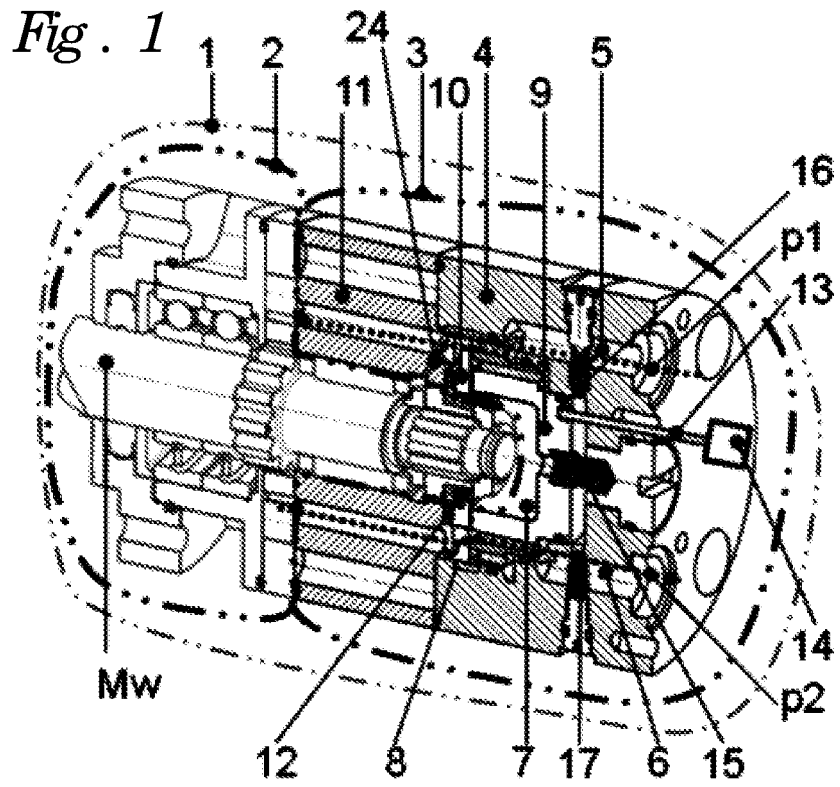
Revendications

- 30 1. La machine à flux (1) pouvant fonctionner à la fois comme moteur et comme pompe, avec un arbre (Mw) monté axialement de manière fixe, comprenant une partie motrice (2) avec au moins une entrée et une sortie, un système de commande (3) qui comprend au moins une partie de raccordement (4) sur laquelle se trouve au moins une partie de distribution (10) avec des ouvertures de passage (26, 27) et au moins une partie d'alimentation (11) sont disposées, la partie de distribution (10) étant entraînée au moyen d'au moins un entraînement (12) disposé sur l'arbre (Mw) et les forces axiales étant réparties sur un piston (9) disposé axialement sur la partie de distribution (10), dans laquelle
 35 l'entrée et la sortie au moins prévues sur la partie motrice (2) sont conçues pour tourner et sont alimentées par la partie de distribution (10) et le piston (9) via la partie d'alimentation (11) avec au moins deux pressions d'entraînement en co-rotation (p_1 , p_2), les pressions de commande (p_1 , p_2) avec leurs surfaces annulaires (A1, A2) associées en saillie sur le piston (9) générant les forces F_{p1} et F_{p2} , au moins une face frontale de la pièce de distribution (10) étant disposée sur au moins une surface de remplacement (B3, C3, C4,...) est soumise à au moins une autre
 40 pression (pw_1 , pw_2 ,...),
caractérisé en ce que,
 au moins une des autres zones de pression ou surfaces de remplacement (8, B3, C3, C4,...) est assurée par des conduites d'alimentation (24) et un dispositif de commande (13.) est relié par des conduites d'alimentation (24) et un dispositif de commande (13) à un entraînement (14) et est ainsi sollicité par une pression de commande (ps) et
 45 la force totale sur la face frontale (F_{gsx}) et le rendement (η) est ainsi modifié dans une plage de commande (19) par la force totale résultante (F_{gx}), qui presse les surfaces de contact entre le piston (9) et la partie distributeur (10), et entre la partie distributeur (10) et la partie conduite d'alimentation (11), l'une contre l'autre.
- 50 2. La machine à flux (1) selon la revendication 1,
caractérisé en ce que,
 au moins une autre pression (pw_1 , pw_2 , ...), qui agit dans l'une des autres zones de pression ou sur les surfaces de remplacement (8, B3, C3, CA, ...), est reliée par des conduites d'alimentation (24) à une zone de fuite intérieure (7) et est donc égale à la pression de fuite intérieure (p_{li}).
- 55 3. La machine à flux (1) selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que,
 la force de commande (F_s) est générée et agit sur le piston (9) via un dispositif de commande (13) et un entraînement du dispositif de commande (14), modifiant ainsi la force résultante globale (F_{gx}), une adaptation du rendement, un

EP 3 055 573 B1

freinage, un blocage, un démarrage progressif ou une roue libre avec un courant de court-circuit interne et/ou externe (V_{ka} , V_{ki}) de la turbomachine (1) étant obtenue.

- 5
4. La machine à flux (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**
la ligne d'alimentation des deux pressions de l'actionneur (p_1 , p_2)
- 10
- a) en direction axiale presque droite ou
 - b) en direction radiale depuis l'intérieur ou
 - c) en direction radiale depuis l'extérieur.
- 15
5. La machine à flux (1) selon l'une des revendications précédentes 2 à 4, **caractérisé en ce que,**
la zone de fuite intérieure (7) est évacuée vers l'extérieur via un raccord de fuite (18) dans la pièce de raccordement (4) et/ou est reliée à un raccord respectif (5, 6) via un clapet antiretour respectif (1, 2, 16, 17).
- 20
6. La machine à flux (1) selon l'une des revendications précédentes 3 à 5, **caractérisé en ce que,**
le piston (9) et/ou la pièce de distribution (10) et/ou la pièce d'alimentation (11) et/ou le dispositif de commande (13) est de conception magnétique.
- 25
7. La machine à flux (1) selon l'une des revendications précédentes 3 à 6, **caractérisé en ce que,**
l'appareil de contrôle (14) est un électro-aimant.
- 30
8. La machine à flux (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que,**
il existe un angle de réglage ξ entre la section de puissance 2 et la section de distribution 10, avec lequel la symétrie des courbes caractéristiques KO, K1, K2, K3 est modifiée.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55



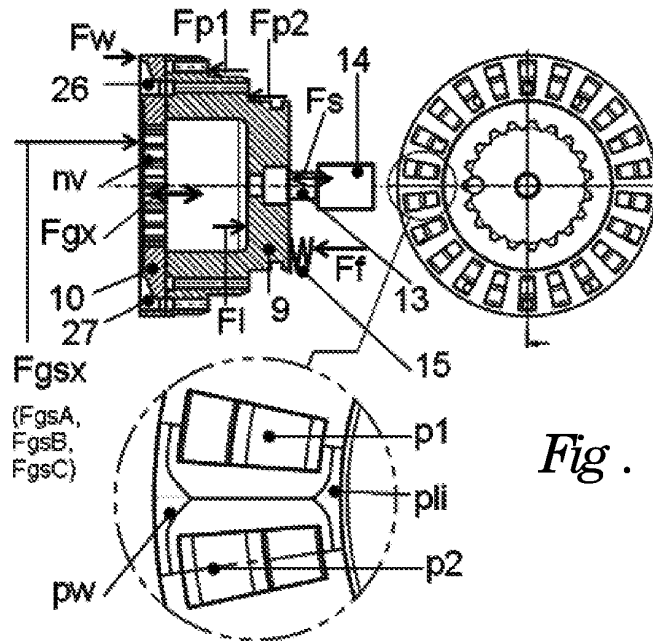


Fig. 3

Fig. 4

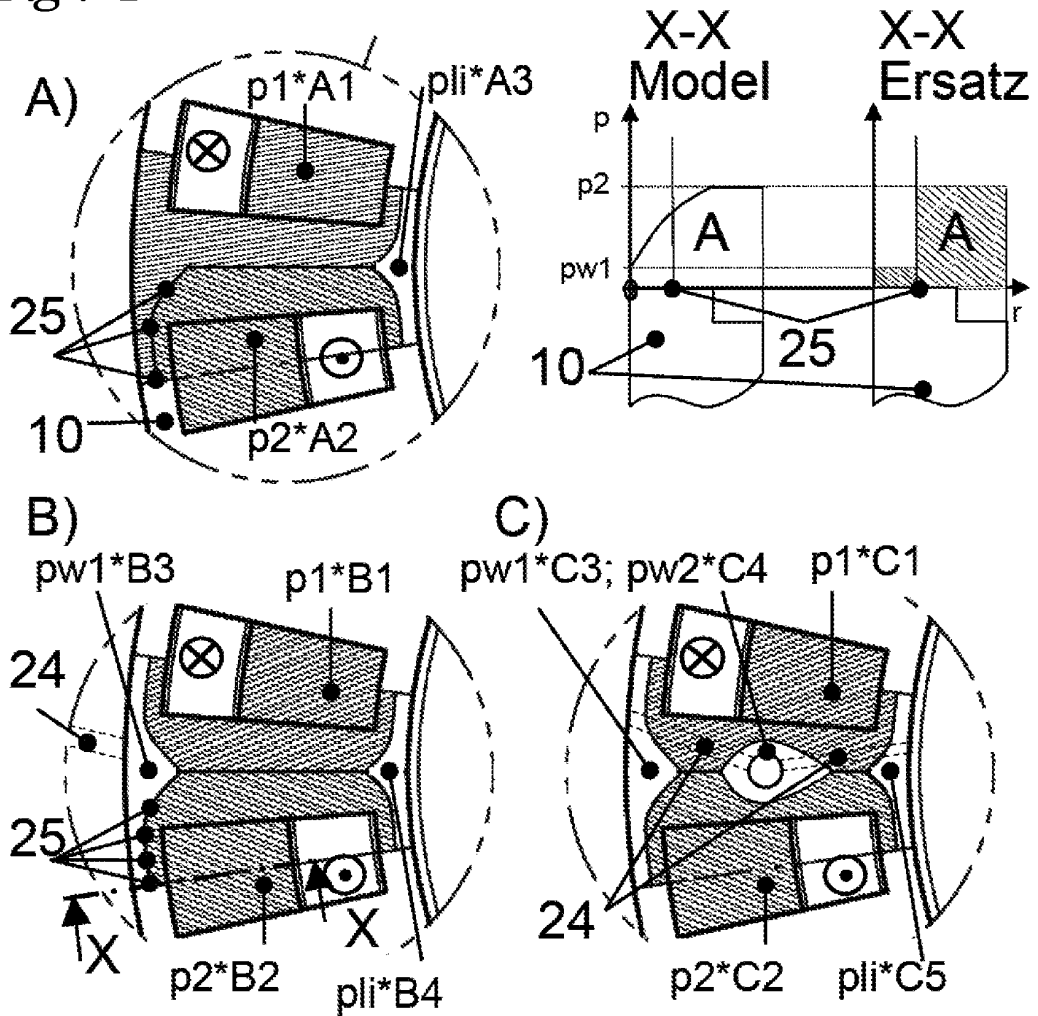


Fig. 6

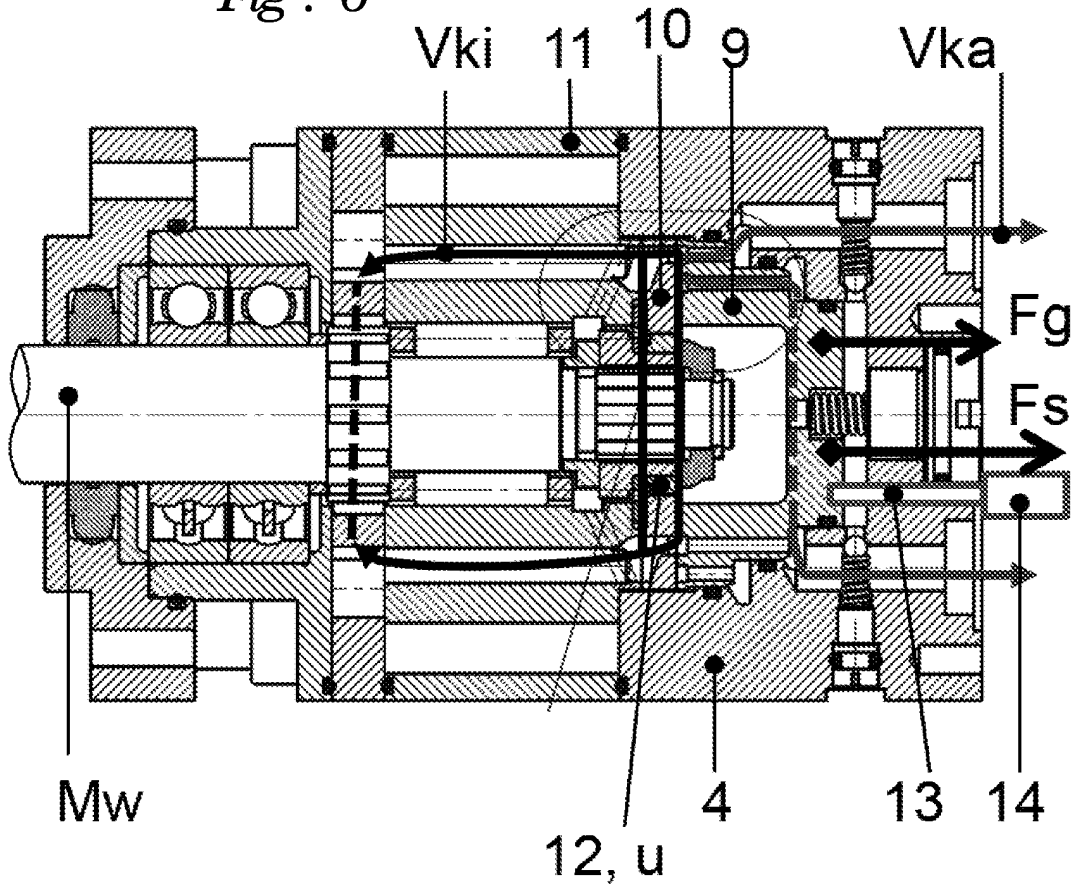


Fig. 7

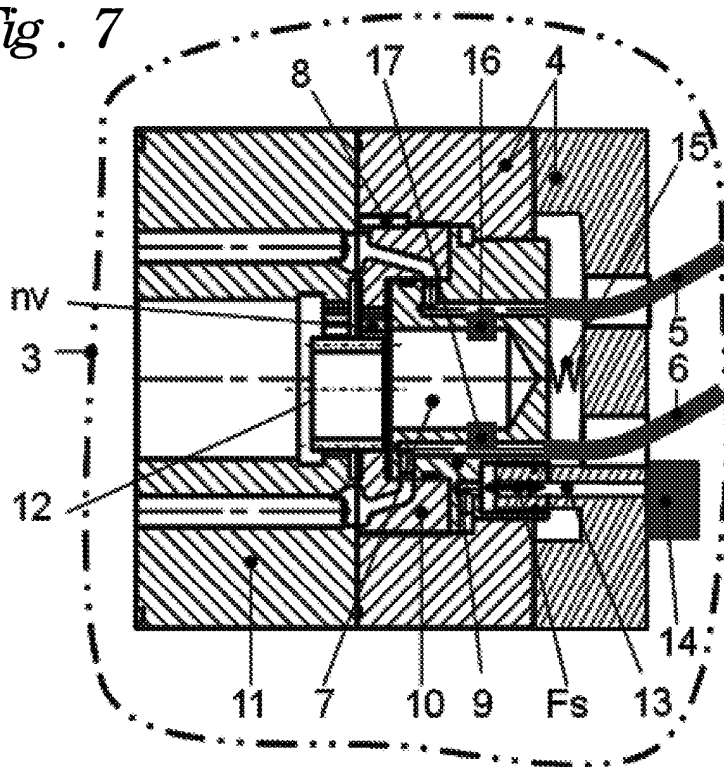


Fig. 8

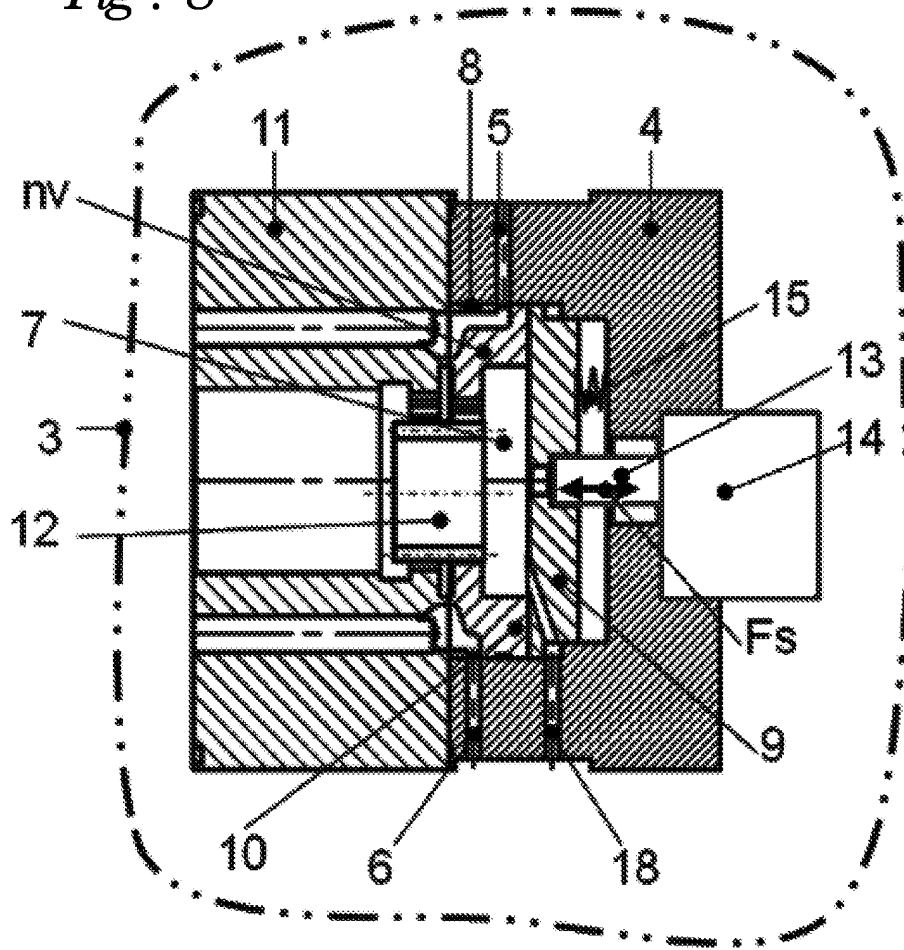


Fig. 9

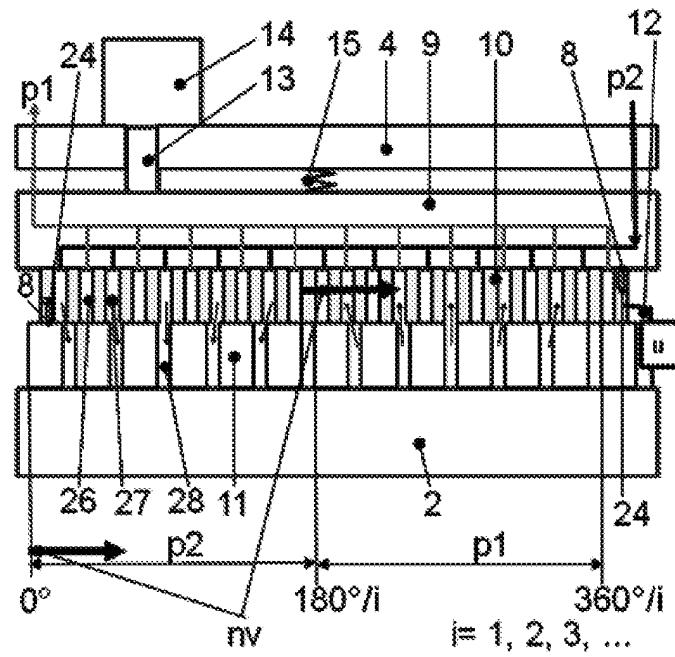
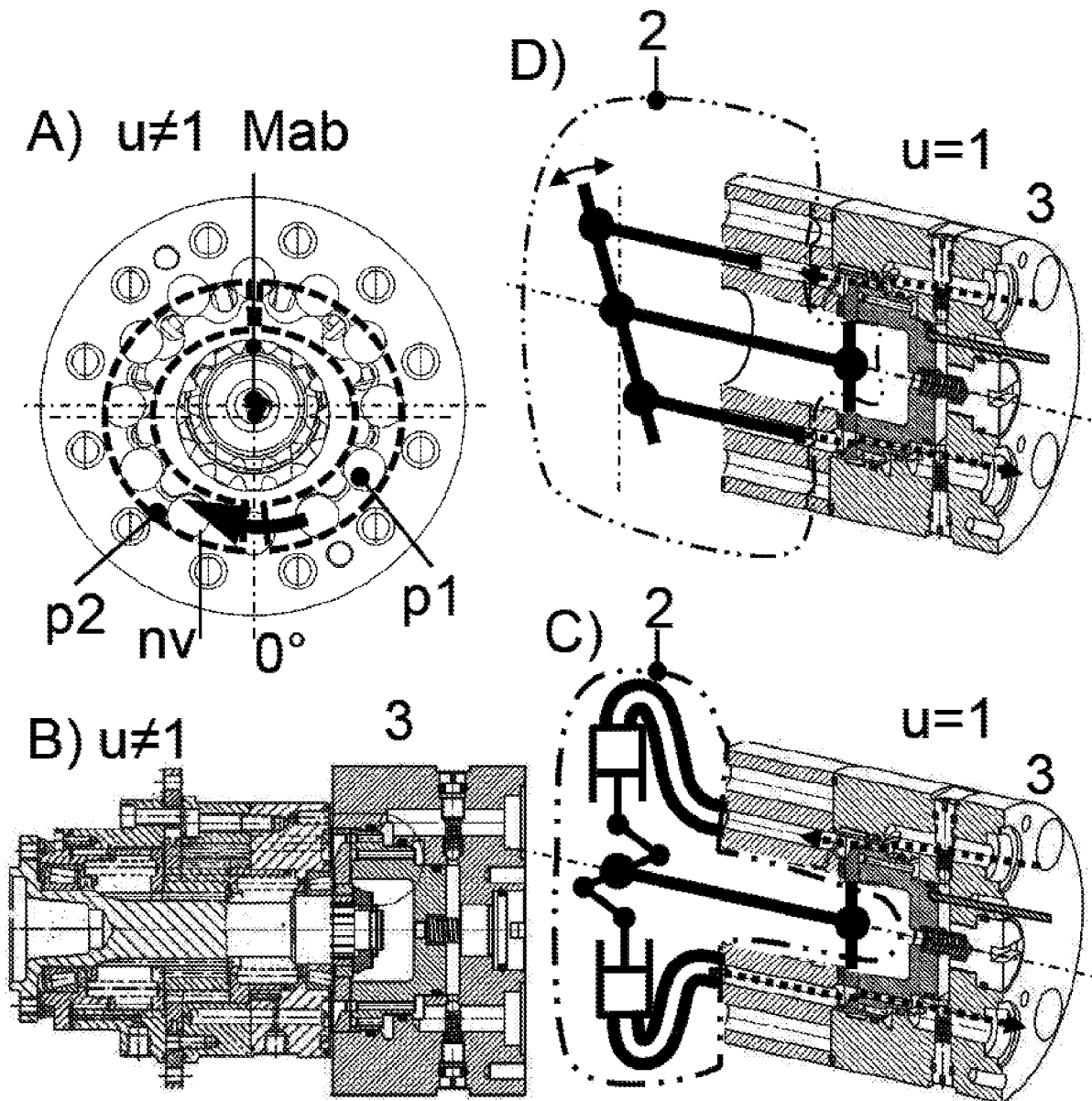


Fig. 10



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

- WO 2006010471 A1 **[0002]**
- EP 0166995 B1 **[0002]**
- DE 102008025054 B4 **[0005]**
- US 3853435 A **[0006]**
- DE 3015551 A1 **[0007]**
- DE 3029997 A1 **[0007]**