

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.10.2018 Patentblatt 2018/40

(51) Int Cl.:

F01M 1/02 (2006.01)

F01M 1/16 (2006.01)

F04C 2/344 (2006.01)

F04C 14/18 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 18161130.2

(22) Anmeldetag: 12.03.2018

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 27.03.2017 DE 102017106546

(71) Anmelder:
• **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

• **Vhit S.P.A. Societa Unipersonale
26010 Offanengo (IT)**

(72) Erfinder:

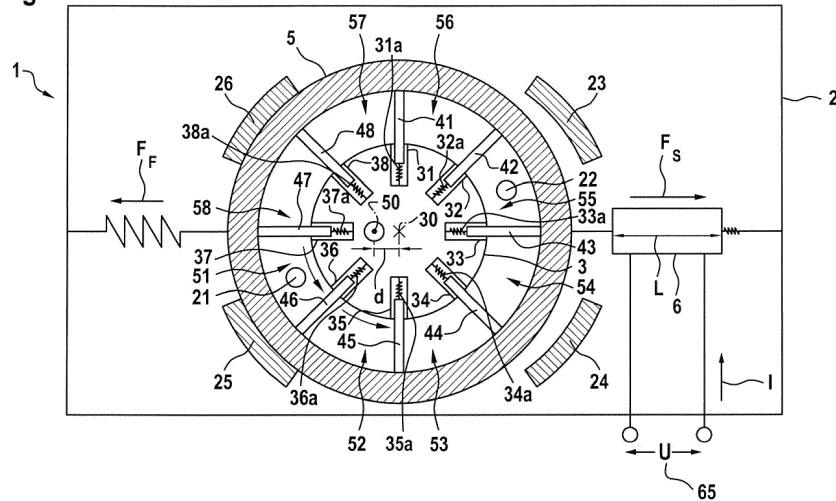
- **Charvet, Olivier Marie Heri
69160 Tassin-la-Demi-Lune (FR)**
- **Denes, Istvan
71277 Rutesheim (DE)**
- **Kuhnen, Klaus
66128 Saarbruecken (DE)**
- **Michalke, Gabriele
71263 Weil Der Stadt (DE)**

(54) ÖLPUMPE MIT ELEKTRISCH VERSTELLBARER VERDRÄNGUNG

(57) Flügelpumpe (1) mit variabler Verdrängung, umfassend ein Gehäuse (2) mit einem Einlass (21) und einem Auslass (22), einen zur Rotation um eine Drehachse (30) antreibbaren Rotor (3) sowie eine Mehrzahl von an den Rotor (3) gekoppelten Flügeln (41-48), weiterhin umfassend einen Begrenzerring (5) mit einer Symmetriechse (50), wobei die Flügel (41-48) mit dem Begrenzerring (5) in Eingriff stehen und gemeinsam mit dem Begrenzerring (5) eine Mehrzahl von Pumpkammern (51-58) bilden, die bei Bewegung der Flügel (41-48) durch den Rotor (3) im Wechsel in Verbindung mit dem Einlass (21) und mit dem Auslass (22) bringbar sind, wo-

bei die Volumenveränderung, die die Pumpkammern (51-58) bei Bewegung der Flügel (41-48) erfahren, vom Versatz *d* zwischen der Symmetriechse (50) und der Drehachse (30) abhängt, wobei der Begrenzerring (5) an mindestens ein lineares Stellglied (6) gekoppelt ist, welches dazu ausgebildet ist, bei Beaufschlagung mit einer elektrischen Spannung *U*, und/oder mit einem elektrischen Strom *I*, eine Kraft *F_s*, und/oder ein Drehmoment *m_s*, auf den Begrenzerring (5) auszuüben, und damit den Versatz *d* zwischen der Symmetriechse (50) und der Drehachse (30) zu verändern.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Ölpumpen für die Schmierstoffversorgung von Verbrennungsmotoren, bei denen die Verdrängung von der Drehzahl der Antriebsquelle entkoppelt ist.

Stand der Technik

[0002] Verbrennungsmotoren in Kraftfahrzeugen werden mit Motoröl geschmiert, das einer Ölwanne entnommen und mit einer Ölpumpe unter Druck durch den Motor gefördert wird. Die Ölpumpe wird in der Regel mechanisch durch den Motor selbst angetrieben. In der Regel kommen Flügelpumpen als Ölpumpen zum Einsatz.

[0003] Die Drehzahl der Flügelpumpe ist im Allgemeinen starr an die Motordrehzahl gekoppelt. Im Ölkreislauf des Motors wird jedoch unabhängig von der Motordrehzahl ein vorgegebener Öldruck benötigt. Um die Verdrängung der Flügelpumpe, und damit auch den erzeugten Öldruck, von der Motordrehzahl zu entkoppeln, wird das Verhältnis zwischen der Verdrängung und der Motordrehzahl verändert.

[0004] Zu diesem Zweck ist beispielsweise aus der US 9,410,514 B2 und aus der US 2015 285 246 A1 bekannt, die von einem Rotor angetriebenen Flügel in einem Begrenzerring zu führen, so dass die Flügel in Verbindung mit dem Begrenzring Pumpkammern bilden. Bei Bewegung der Flügel durch den Rotor wird jede dieser Pumpkammern im Wechsel in Verbindung mit dem Einlass und mit dem Auslass in Verbindung gebracht. Indem die Symmetriearchse des Begrenzerrings gegen die Drehachse des Rotors versetzt wird, kann die Volumenveränderung, die eine jede Pumpkammer im Laufe der Bewegung erfährt, eingestellt werden. Diese Volumenveränderung bestimmt die Verdrängung pro Rotorumdrehung, und somit auch die Druckerhöhung des Öls auf dem Weg vom Einlass zum Auslass.

[0005] Dabei kann der Öldruck beispielsweise rein hydraulisch auf einen Sollwert geregelt werden, indem er einer Federkraft in der Weise mechanisch gegenübergestellt wird, dass der Öldruck in einer Steuerkammer den besagten Versatz tendenziell vermindert, während die Federkraft den Versatz, und damit die Verdrängung, erhöht.

[0006] Die genannten Schriften offenbaren verschiedene Möglichkeiten, mit elektrisch betätigbaren Ventilen den Zustrom von Öl in die Steuerkammer zu beeinflussen und so in die rein hydraulische Regelung einzugreifen.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Im Rahmen der Erfindung wurde eine Flügelpumpe mit variabler Verdrängung entwickelt. Diese Flügelpumpe umfasst ein Gehäuse mit einem Einlass und einem Auslass, einen zur Rotation um eine Drehachse antreibbaren Rotor sowie eine Mehrzahl von an den Rotor gekoppelten Flügeln. Weiterhin ist ein Begrenzerring

vorgesehen, mit dem die Flügel in Eingriff stehen, so dass sie gemeinsam mit dem Begrenzerring eine Mehrzahl von Pumpkammern bilden. Diese Pumpkammern sind bei Bewegung der Flügel durch den Rotor im Wechsel in Verbindung mit dem Einlass und mit dem Auslass bringbar, wobei die Volumenveränderung, die die Pumpkammern bei Bewegung der Flügel erfahren, vom Versatz d zwischen der Symmetriearchse des Begrenzerrings und der Drehachse des Rotors abhängt.

[0008] Erfindungsgemäß ist der Begrenzerring an mindestens ein lineares Stellglied gekoppelt. Dieses Stellglied ist dazu ausgebildet, bei Beaufschlagung mit einer elektrischen Spannung U , und/oder mit einem elektrischen Strom I , eine Kraft F_s , und/oder ein Drehmoment ms , auf den Begrenzring auszuüben, und damit den Versatz d zwischen der Symmetriearchse und der Drehachse zu verändern.

[0009] Der wesentliche Unterschied zum Stand der Technik liegt darin, dass die ausgeübte Kraft F_s , bzw. das ausgeübte Drehmoment ms , vom aktuell zur Verfügung stehenden Öldruck p unabhängig ist. Dies ist zunächst einmal mit der Änderung verbunden, dass die Kraft F_s , bzw. das Drehmoment ms , vollständig durch das lineare Stellglied selbst aufgebracht werden muss. Der Öldruck p steht insofern nicht mehr als Hilfsenergiequelle zur Verfügung. Zum einen bedeutet das, dass das lineare Stellglied in Bezug auf den Verstellweg und die ausübbare Kraft größer zu dimensionieren ist. Zum anderen wird die für den Eingriff in die Verdrängung benötigte Energie nicht mehr aus der vom Motor gelieferten und im Öldruck gespeicherten mechanischen Energie bezogen, sondern aus dem Bordnetz, was den Umweg über die Lichtmaschine erforderlich macht und den Wirkungsgrad tendenziell herabsetzt.

[0010] Es wurde jedoch erkannt, dass der Verlust der Hilfsenergiequelle durch eine erheblich größere Flexibilität bei der Regelung des Öldrucks p überkompensiert wird. Dies und die im Vergleich zur bisherigen hydraulischen Regelung verbesserte Regelgüte führen dazu, dass die Ölpumpe insgesamt deutlich weniger mechanische Energie vom Motor abweigt, so dass im Endeffekt netto Energie eingespart wird.

[0011] Durch die Anpassung der Verdrängung auf elektrischem Wege ist es insbesondere möglich, den Öldruck p abhängig vom Betriebspunkt des Verbrennungsmotors auf beliebige Sollwerte, beispielsweise im Bereich zwischen 1 und 4 bar, zu regeln mit der geforderten Genauigkeit von $\pm 0,25$ bar. Der elektrische Eingriff in die Verdrängung ist mit einer erheblich größeren Flankensteilheit möglich als ein hydraulischer Eingriff, insbesondere dann, wenn der aktuelle Öldruck p niedrig ist. Beispielsweise kann ein Wechsel vom niedrigsten zum höchsten Sollwert innerhalb von 0,7 s bis 1 s veranlasst werden.

[0012] Mit der hinzugewonnenen Flexibilität ist es beispielsweise möglich, den Öldruck p der Öltemperatur T anzupassen, wenn die Vorgabe besteht, eine bestimmte Flussrate Q an Öl in den Motor zu fördern. Der Zusam-

menhang zwischen p , T und Q ist gegeben durch eine Funktion der Form $p=a(T)*Q^2+b(T)*Q$, worin $a(T)$ und $b(T)$ jeweils temperaturabhängige Koeffizienten sind. Auch die volumetrische Effizienz der Ölpumpe selbst ist von der Öltemperatur T abhängig.

[0013] Weiterhin ist die Ölpumpe einfacher und kompakter zu bauen, da Wirkflächen und Leitungen für die hydraulische Rückkopplung des aktuellen Öldrucks p entfallen können.

[0014] Die Ölpumpe ist für die Betriebssicherheit relevant, da eine Unterversorgung mit Öl in kurzer Zeit zum Motorschaden führen kann. Daher ist vorteilhaft der Begrenzerring durch eine Feder vorgespannt, die den Versatz d zwischen der Symmetriearchse des Begrenzer-rings und der Drehachse des Rotors, und damit auch die Verdrängung pro Umdrehung des Rotors, erhöht. Die Feder ist auch bei Ausfall der elektrischen Versorgung wirksam. Somit stellt sich im Fehlerfall eine Verdrängung ein, die zwar möglicherweise unnötig hoch ist und viel Energie verbraucht, aber eine sichere Schmierung des Motors gewährleistet.

[0015] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein Sicherheitsschaltkreis vorgesehen, der das Stellglied bei Ausfall der elektrischen Versorgung in eine Position überführt, die zu einem höheren Versatz d korrespondiert. Da bei stationärem Betrieb des Motors an einem Betriebspunkt der Öldruck p nicht permanent geändert werden muss, ist es in Bezug auf den Energieverbrauch vorteilhaft, ein Stellglied einzusetzen, das seinen aktuellen Zustand auch ohne permanentes Anlegen einer Spannung U oder eines Stroms I beibehält. Die Kehrseite hiervon ist, dass im Fehlerfall die für die Vorspannung verwendete Feder die Haltekraft des Stellglieds überwinden muss, damit beispielsweise auch bei plötzlich steigender Lastanforderung an den Motor genügend Öl gefördert wird. Der Sicherheitsschaltkreis schließt diese Lücke.

[0016] Vorteilhaft ist der Begrenzerring in dem Gehäuse an einem Drehpunkt angelenkt. Dann ist der Kraftarm, mit dem das Stellglied, bzw. die Feder, am Begrenzerring angreift, ein weiterer Freiheitsgrad für die Dimensionierung.

[0017] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist das Stellglied dazu ausgebildet, bei Beaufschlagung mit der Spannung U , und/oder mit dem Strom I , seine Länge L zu ändern.

[0018] Beispielsweise kann ein piezoelektrisches Element verwendet werden. Ein solches Element hat nur eine relativ geringe Längenänderung bezogen auf das angelegte elektrische Feld, jedoch kann der Verstellweg beispielsweise mit einem Trägheitsantrieb oder einem Inchworm-Motor vergrößert werden.

[0019] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Stellglied mindestens einen Kondensator mit zwei Elektroden und einem zwischen den Elektroden angeordneten elastischen Dielektrikum. Die Elektroden können beispielsweise im Wesentlichen in einer Ebene verlaufen. Das Speichern

von Ladungen in einem derartigen Kondensator bewirkt, dass sich die entgegengesetzt geladenen Elektroden mit einer Maxwell-Kraft F_M anziehen. Diese Maxwell-Kraft F_M drückt das Dielektrikum zusammen, so dass sich der Kondensator als Ganzes analog einem Muskel zusammenzieht. Dieser Zustand bleibt auch dann erhalten, wenn die Spannungsquelle entfernt wird. Erst wenn die Ladung von den Elektroden abgeflossen ist, drückt die elastische Rückstellkraft des Dielektrikums den Kondensator in seine ursprüngliche Form zurück. Im Kontext der Erfindung bedeutet dies, dass elektrische Energie nur für eine Änderung der Verdrängung der Flügelpumpe aufgewendet werden muss, nicht jedoch zur bloßen Erhaltung des aktuellen Zustands.

[0020] Vorteilhaft ist das Dielektrikum ein Elastomer. Dann ist das Zusammendrücken des Dielektrikums durch die Maxwell-Kraft vollständig reversibel, d.h., das Dielektrikum findet wieder in seine ursprüngliche Form zurück. Innerhalb der Lebensdauer der Ölpumpe sind etwa 2 Millionen Wechselzyklen zwischen der niedrigsten und der höchsten Verdrängung zu erwarten. Vorteilhaft weist das Elastomer eine möglichst geringe viskokelastische Dämpfung auf. Diese Dämpfung führt zu mechanischen Energieverlusten und zu einer Erwärmung des Kondensators.

[0021] Der Kondensator kann insbesondere als dielektrisches elektro-aktives Polymer, DEAP, ausgebildet sein, in dem das Dielektrikum fest an zwei mit dem Dielektrikum dehnbare Elektroden gekoppelt ist. Dazu kann beispielsweise das Dielektrikum beidseitig mit den Elektroden beschichtet sein. Indem die Elektroden mit dem Dielektrikum dehnbar sind, wirkt das zwischen den Elektroden anliegende elektrische Feld auch dann noch auf das gesamte Dielektrikum, wenn sich dieses ausdehnt. Dabei ist das Zusammendrücken des Dielektrikums in gewisser Weise ein selbstverstärkender Effekt: Indem sich der Abstand zwischen den Elektroden verringert, vergrößert sich bei gleichbleibender Ladungsmenge auf den Elektroden zugleich das elektrische Feld, das umgekehrt proportional zum Abstand ist. Dies erhöht die Maxwell-Kraft F_M und drückt das Dielektrikum weiter zusammen. Dieser Kreislauf endet erst, wenn sich die Maxwell-Kraft F_M und die elastische Rückstellkraft des Elastomers die Waage halten. Das Dielektrikum kann sich beispielsweise auf 30 % seiner ursprünglichen Dicke zusammendrücken lassen.

[0022] Vorteilhaft weist das Dielektrikum eine Dielektrizitätskonstante ϵ von 2 oder mehr, bevorzugt von 3 oder mehr, auf. Je größer ϵ ist, desto größer ist die Maxwell-Kraft beim Anlegen eines gegebenen elektrischen Feldes an den Kondensator. Weiterhin ist ϵ auch ein Maß dafür, wie gut das Dielektrikum isoliert, d.h., wie lange es dauert, bis der Kondensator sich von sich aus entlädt und Ladungen von außen nachgespeist werden müssen, damit das Stellglied seinen aktuellen Zustand beibehält.

[0023] In einer weiteren besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist das Stellglied eine Stapelung mehrerer Kondensatoren auf, wobei in jedem

Kondensator das Dielektrikum im entladenen Zustand des Kondensators eine Dicke von $100 \mu\text{m}$ oder weniger aufweist. Die Maxwell-Kraft F_M hängt quadratisch von der elektrischen Feldstärke ab, welche wiederum umgekehrt proportional zur Dicke des Dielektrikums ist. Durch eine Aufteilung des Dielektrikums auf viele dünne Schichten lässt sich also die nutzbare Maxwell-Kraft F_M überproportional steigern.

[0024] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist das Stellglied einen elektrisch angetriebenen Motor und Mittel zur Übersetzung der Rotation des Motors in eine Linearbewegung auf. Beispielsweise kann der Motor eine Schraube oder eine Zahnstange an treiben, die dann ihrerseits am Begrenzerring angreift. Durch eine entsprechende Übersetzung oder durch Verwendung eines Motors, der im stromlosen Zustand blockiert, kann auch bei dieser Antriebsart sichergestellt werden, dass der aktuelle Zustand des Stellglieds auch ohne ständige Energiezufuhr erhalten bleibt.

[0025] Weitere, die Erfindung verbessерnde Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand von Figuren näher dargestellt.

Ausführungsbeispiele

[0026] Es zeigt:

Figur 1 Ausführungsbeispiel einer Flügelpumpe 1 gemäß der Erfindung;

Figur 2 Ausführungsbeispiel eines Kondensators 61 für das Stellglied 6;

Figur 3 Ausführungsbeispiel des Stellglieds 6 mit Elektromotor;

Figur 4 Ausführungsbeispiel einer Flügelpumpe 1 mit an Punkt 27 angelenktem Begrenzerring 5;

Figur 5 Speisung des Kondensators 61 aus dem Bordnetz 8 eines Kraftfahrzeugs.

[0027] Nach Figur 1 umfasst die Flügelpumpe 1 ein Gehäuse 2, in dem ein Rotor 3 um eine Drehachse 30 drehbar gelagert ist. Die Verbindung zum Verbrennungsmotor als Antriebsquelle ist in Figur 1 nicht eingezeichnet. Der Rotor 3 hat Schlitze 31-38, in denen die Flügel 41-48 geführt sind. Federn 31a-38a drücken die Flügel 41-48 an den Innenumfang des Begrenzerrings 5. Hierdurch bilden sich Pumpkammern 51-58.

[0028] In dem in Figur 1 gezeigten Zustand haben die Pumpkammern 51-58 unterschiedliche Volumina. Wenn eine der Pumpkammern 51-58 den Einlass 21 der Flügelpumpe 1 passiert, wird ihr Volumen maximal, so dass Öl in diese Pumpkammer 51-58 eingesaugt wird. Bewegt sich diese Pumpkammer 51-58 anschließend in Richtung des Auslasses 22, so nimmt das Volumen dieser

Pumpkammer 51-58 stetig ab, d.h., das darin befindliche Öl wird unter Druck gesetzt. Ursache hierfür ist, dass die Symmetriearchse 50 des Begrenzerrings 5 um einen Versatz d gegenüber der Drehachse 30 des Rotors verschoben ist. Wären die Symmetriearchse 50 und die Drehachse 30 deckungsgleich, würde sich das Volumen der Pumpkammern 51-58 nicht mehr ändern, und es würde allenfalls noch eine minimale Menge an Öl gefördert.

[0029] In dem in Figur 1 gezeigten Zustand zieht die Feder 7 den Begrenzerring 5 mit einer Kraft F_F in die Position, in der der Versatz d maximal ist. In dieser Position befindet sich der Begrenzerring 5 im Eingriff mit den Backen 25 und 26.

[0030] Ausgehend von diesem Zustand kann der Begrenzerring 5 nach rechts auf die Backen 23 und 24 bewegt werden, die zu der Position des Begrenzerrings 5 korrespondieren, in der dessen Symmetriearchse 50 mit der Drehachse 30 des Rotors 3 deckungsgleich ist. Hierzu wird das Stellglied 6 mit einer Spannung U aus der Spannungsquelle 65 angesteuert und verkürzt seine Länge L , wodurch eine Kraft F_s auf den Begrenzerring 5 ausgeübt wird.

[0031] Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Kondensator 61, der in einem Stellglied 6 zur Kraftausübung verwendet werden kann. Der Kondensator 61 ist über einen Schalter 64 mit der Spannungsquelle 65 verbunden. Der Kondensator 61 besteht aus zwei Elektroden 62a und 62b mit einem dazwischen angeordneten elastischen Dielektrikum 63. Die Elektroden 62a und 62b bilden in Kombination mit dem Dielektrikum ein dielektrisches elektroaktives Polymer, DEAP.

[0032] In dem in Figur 2a gezeigten Zustand ist der Schalter 64 geöffnet. Es befindet sich keine Ladung auf den Elektroden 62a und 62b des Kondensators 61. Dementsprechend befindet sich das Dielektrikum 63 im kraftfreien Normalzustand.

[0033] In dem in Figur 2b gezeigten Zustand ist der Schalter 64 geschlossen. Die Spannung U aus der Spannungsquelle 65 liegt zwischen den Elektroden 62a und 62b des Kondensators 61 an. Dementsprechend ziehen sich die Elektroden 62a und 62b mit der Maxwell-Kraft F_M an. Durch diese Kraft F_M wird das Dielektrikum 63 zusammengedrückt. Die Elektroden 62a und 62b haben minimalen Abstand voneinander. Da die Elektroden 62a und 62b fest an das Dielektrikum 63 gekoppelt sind, dehnen sie sich gemeinsam mit dem Dielektrikum 63 seitlich aus. Die Flächen des Dielektrikums 63, die die beiden Elektroden 62a und 62b tragen, bleiben also trotz der seitlichen Ausdehnung des Dielektrikums 63 vollständig mit den Elektroden 62a und 62b belegt, d.h., das Dielektrikum 63 steht nicht seitlich über die Elektroden 62a und 62b hinaus ab.

[0034] In dem in Figur 2b gezeigten Zustand ist das Stellglied 6 zusammengezogen, analog einem Muskel. Der Unterschied zum Muskel ist, dass der Zustand auch nach dem Öffnen des Schalters 64 erhalten bleibt. Um den in Figur 2a gezeigten Zustand wieder herzustellen, muss der Kondensator 61 daher entladen werden.

[0035] Figur 2c zeigt einen Sicherheitsschaltkreis 67, mit dem der Kondensator 67 automatisch entladen werden kann, wenn die Spannungsquelle 65 ausfällt. Unabhängig von der Stellung des Schalters 64 ist ein Umschalter 66 über eine Steuerleitung mit der Spannungsquelle 65 verbunden. Dies schaltet den Umschalter 66 gegen die Rückstellkraft einer Feder 66a in die in Figur 2c gezeigte Schaltstellung, in der die Elektrode 62a des Kondensators 61 mit dem Ausgang des Schalters 64 verbunden ist. Der Kondensator 61 kann also durch Schließen des Schalters 64 aufgeladen und zusammengezogen werden, und dieser Zustand bleibt dann auch nach dem Öffnen des Schalters 64 erhalten.

[0036] Fällt die Spannungsquelle 65 aus, drückt die Feder 66a den Umschalter 66 in die in Figur 2c nicht gezeigte Schaltstellung, in der der Kondensator 61 über den Entladewiderstand 67a kurzgeschlossen wird. Der Kondensator 61 nimmt dann wieder seinen ursprünglichen Zustand ein. Das Stellglied 6 dehnt sich wieder auf seine ursprüngliche Länge L aus. In diesem Zustand kann die Feder 7 den Begrenzerring 5 wieder in den Zustand maximalen Versatzes d überführen, ohne durch das Stellglied 6 daran gehindert zu werden. Der Entladewiderstand 67a sollte so dimensioniert sein, dass der maximale Entladestrom des Kondensators 61 auf einen Wert begrenzt wird, der noch nicht zu einer Schädigung der Elektroden 62a und 62b, und/oder des Dielektrikums 63, führt. Eine derartige Schädigung könnte beispielsweise daher röhren, dass als dünne Schichten auf das Dielektrikum 63 aufgebrachte Elektroden 62a und 62b sich bei einem hohen Entladestrom stark erwärmen.

[0037] Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Stellglieds 6. Hier treibt ein Elektromotor 68 ein Zahnrad 69a an, das in eine Zahnstange 69b eingreift. Das Zahnrad 69a und die Zahnstange 69b bilden die Mittel 69 zur Übersetzung einer Drehbewegung des Elektromotors 68 in eine Linearbewegung des Begrenzerrings 5.

[0038] Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Flügelpumpe 1. Im Unterschied zu dem in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist hier der Begrenzerring 5 an einem Punkt 27 im Gehäuse 2 angelenkt. Diese Zwangsbedingung setzt die durch die Feder 7 einerseits und durch das Stellglied 6 andererseits eingebrachten Kräfte F_F bzw. F_S in Drehmomente m_F bzw. m_S um. Für nicht zu große Winkel θ der Auslenkung des Begrenzerrings 5 um die in Figur 4 gezeigte Lage lässt sich die Auslenkung als Verschiebung des Hebels 59, an dem die Feder 7 und das Stellglied 6 jeweils mit dem Hebelarm rs angreifen, approximieren.

[0039] Die wichtigsten Kenngrößen für die konkrete Dimensionierung sind die Steifigkeit C_P der Feder 7, das elastische Young-Modul Y_S und die Dielektrizitätskonstante ϵ des im DEAP-Kondensator 61 enthaltenen Dielektrikums 63, die Querschnittsfläche As und Kantenlänge bs des Dielektrikums 63 sowie die Vorspannungen x_P und X_S der Feder 7 bzw. des Dielektrikums 63.

[0040] Figur 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Spannungsquelle 65 zur Speisung des Kondensators 61

im Stellglied 6 aus dem Bordnetz 8 eines Kraftfahrzeugs. Das Bordnetz 8 führt die Spannung U_V von typischerweise 12 V, bei Nutzfahrzeugen auch 24 V. Zum Aufladen des Kondensators 61 wird jedoch eine Spannung U_S von typischerweise etwa 400 V benötigt. Es ist technisch möglich, einen so großen Spannungsunterschied mit einem einfachen Schaltnetzteil zu überbrücken, jedoch ist die Systemdynamik schlecht.

[0041] Daher wird die Spannung U_V des Bordnetzes 10 8 zunächst mit einem ersten Schaltnetzteil 65a auf ein Zwischenniveau U_W angehoben, das höher ist als das letztendlich benötigte Niveau U_S . Mit der Spannung U_W wird ein Pufferkondensator 65b aufgeladen. Die Spannung U_W wird anschließend mit einem zweiten Schaltnetzteil 15 65c auf das Niveau U_S gebracht.

[0042] Das erste Schaltnetzteil 65a enthält eine eingangsseitige Drossel L_V sowie zwei getaktete Schalter S_{V1} und S_{V2} . Der Schalter S_{V1} besteht aus einem Schaltelement Z_{V1} und einer parallel hierzu geschalteten Diode D_{V1} . Der Schalter S_{V2} besteht aus einem Schaltelement Z_{V2} und einer hierzu parallel geschalteten Diode D_{V2} . Die Drossel L_V verhindert, dass die Taktung der Schalter S_{V1} und S_{V2} Störungen in das Bordnetz 8 zurückkoppelt.

[0043] Das zweite Schaltnetzteil 65c ist analog aufgebaut mit Schaltern S_{W1} und S_{W2} , die ein Schaltelement Z_{W1} und eine hierzu parallele Diode D_{W1} , bzw. ein Schaltelement Z_{W2} und eine hierzu parallele Diode D_{W2} , umfassen. Ausgangsseitig des Schaltnetzteils 65c ist eine Drossel L_W angeordnet, die den Kondensator 61 von Störimpulsen durch die Taktung der Schalter S_{W1} und S_{W2} entkoppelt.

[0044] Der Kondensator 61 ist in Figur 5 als Ersatzschaltbild gezeichnet. Eine ideale Kapazität C_S ist in Reihe mit einem Innenwiderstand R_S sowie parallel zu einem Verlustwiderstand G_S , welcher eine Selbstentladung der Kapazität C_S bewirkt, gezeichnet.

[0045] Die auf den drei Spannungsebenen U_V , U_W bzw. U_S jeweils fließenden Ströme sind mit I_V , I_W bzw. I_S bezeichnet.

[0046] In dem in Figur 5 gezeigten Beispiel mit einer Spannung U_S von etwa 400 V sind MOSFET-Transistoren als Schaltelemente Z_{V1} , Z_{V2} , Z_{W1} und Z_{W2} einsetzbar. Es gibt jedoch auch DEAP-Kondensatoren 61, die mit einer Spannung U_S von 3 kV betrieben werden. Hier können IGBT-Transistoren als Schaltelemente Z_{V1} , Z_{V2} , Z_{W1} und Z_{W2} verwendet werden. Die Verwendung von MOSFET-Transistoren hat den Vorteil, dass durch die deutlich höhere mögliche Schaltfrequenz in jedem einzelnen Schaltzyklus weniger Energie umgesetzt werden muss.

Daher können in der Leistungselektronik kleinere und preiswerte passive Komponenten eingesetzt werden.

[0047] Die beiden Schaltnetzteile 65a und 65c werden asymmetrisch betrieben: Das erste Schaltnetzteil 65a arbeitet mit einer festen Schaltfrequenz von im vorliegenden Beispiel 20 kHz. Die Schaltfrequenz des zweiten Schaltnetzteils 65c hingegen wird situationsabhängig angepasst, um die Anzahl der Schaltzyklen zu minimie-

ren.

Patentansprüche

- Flügelpumpe (1) mit variabler Verdrängung, umfassend ein Gehäuse (2) mit einem Einlass (21) und einem Auslass (22), einen zur Rotation um eine Drehachse (30) antreibbaren Rotor (3) sowie eine Mehrzahl von an den Rotor (3) gekoppelten Flügeln (41-48), weiterhin umfassend einen Begrenzerring (5) mit einer Symmetriearchse (50), wobei die Flügel (41-48) mit dem Begrenzerring (5) in Eingriff stehen und gemeinsam mit dem Begrenzerring (5) eine Mehrzahl von Pumpkammern (51-58) bilden, die bei Bewegung der Flügel (41-48) durch den Rotor (3) im Wechsel in Verbindung mit dem Einlass (21) und mit dem Auslass (22) bringbar sind, wobei die Volumenveränderung, die die Pumpkammern (51-58) bei Bewegung der Flügel (41-48) erfahren, vom Versatz d zwischen der Symmetriearchse (50) und der Drehachse (30) abhängt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Begrenzerring (5) an mindestens ein lineares Stellglied (6) gekoppelt ist, welches dazu ausgebildet ist, bei Beaufschlagung mit einer elektrischen Spannung U , und/oder mit einem elektrischen Strom I , eine Kraft F_s , und/oder ein Drehmoment m_s , auf den Begrenzerring (5) auszuüben, und damit den Versatz d zwischen der Symmetriearchse (50) und der Drehachse (30) zu verändern.
- Flügelpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Begrenzerring (5) durch eine Feder (7) vorgespannt ist, die den Versatz d erhöht.
- Flügelpumpe (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Sicherheitsschaltkreis (67) vorgesehen ist, der das Stellglied (6) bei Ausfall der elektrischen Versorgung in eine Position überführt, die zu einem höheren Versatz d korrespondiert.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Begrenzerring (5) in dem Gehäuse (2) an einem Drehpunkt (27) angelenkt ist.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellglied (6) dazu ausgebildet ist, bei Beaufschlagung mit der Spannung U , und/oder mit dem Strom I , seine Länge L zu ändern.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellglied (6) mindestens einen Kondensator (61) mit zwei Elektroden (62a, 62b) und einem zwischen den Elektro-

den (62a, 62b) angeordneten elastischen Dielektrikum (63) umfasst.

- Flügelpumpe (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dielektrikum (63) ein Elastomer ist.
- Flügelpumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kondensator (61) als dielektrisches elektro-aktives Polymer, DEAP, ausgebildet ist, in dem das Dielektrikum (63) fest an zwei mit dem Dielektrikum (63) dehbare Elektroden (62a, 62b) gekoppelt ist.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Dielektrikum (63) eine Dielektrizitätskonstante ϵ von 2 oder mehr, bevorzugt von 3 oder mehr, aufweist.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellglied (6) eine Stapelung mehrerer Kondensatoren (61) aufweist, wobei in jedem Kondensator (61) das Dielektrikum (63) im entladenen Zustand des Kondensators eine Dicke von $100 \mu\text{m}$ oder weniger aufweist.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stellglied (6) einen elektrisch angetriebenen Motor (68) und Mittel (69) zur Übersetzung der Rotation des Motors (68) in eine Linearbewegung aufweist.
- Flügelpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, ausgebildet als Ölpumpe für die Schmierstoffversorgung eines Verbrennungsmotors in einem Kraftfahrzeug.

८

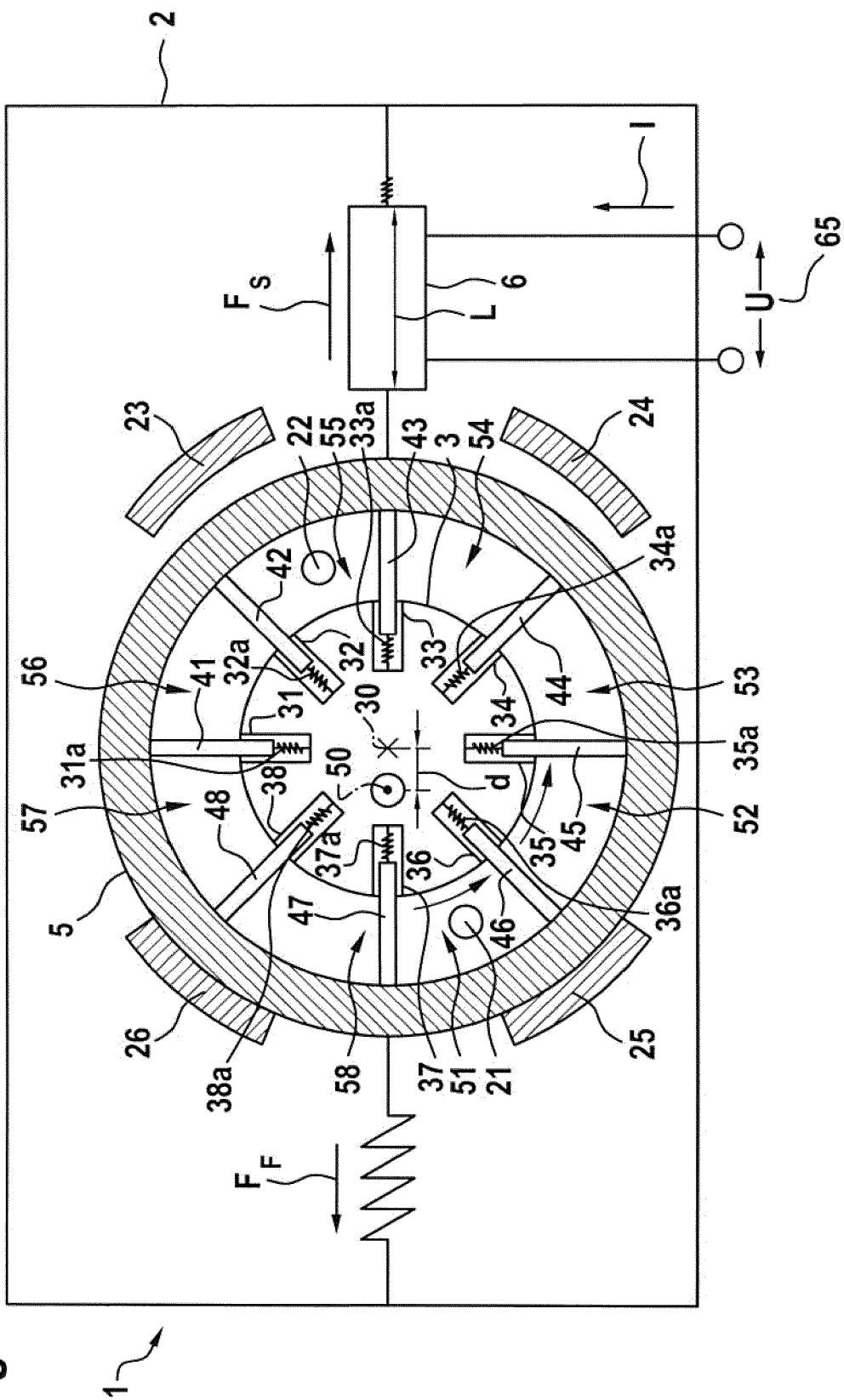


Fig. 2a

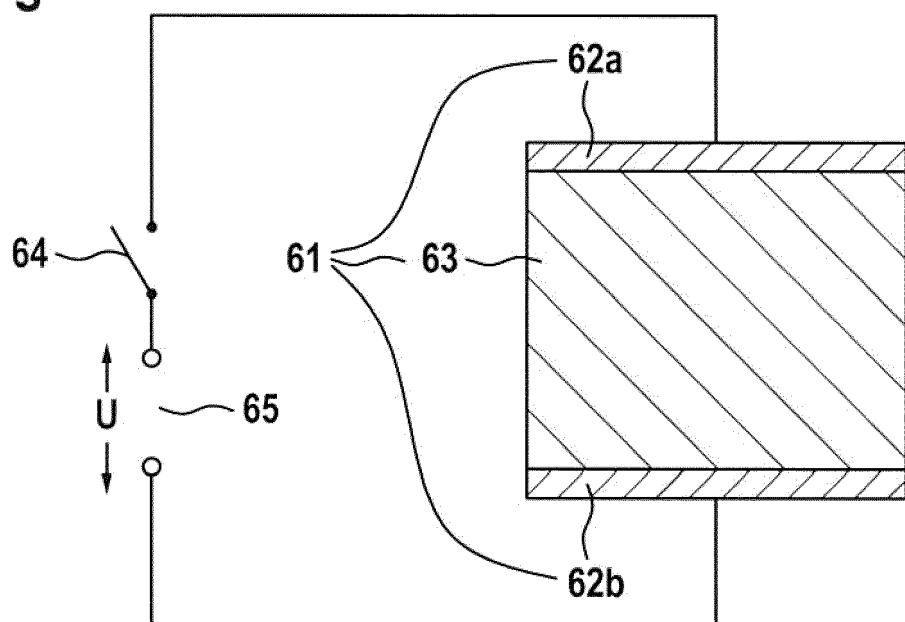


Fig. 2b

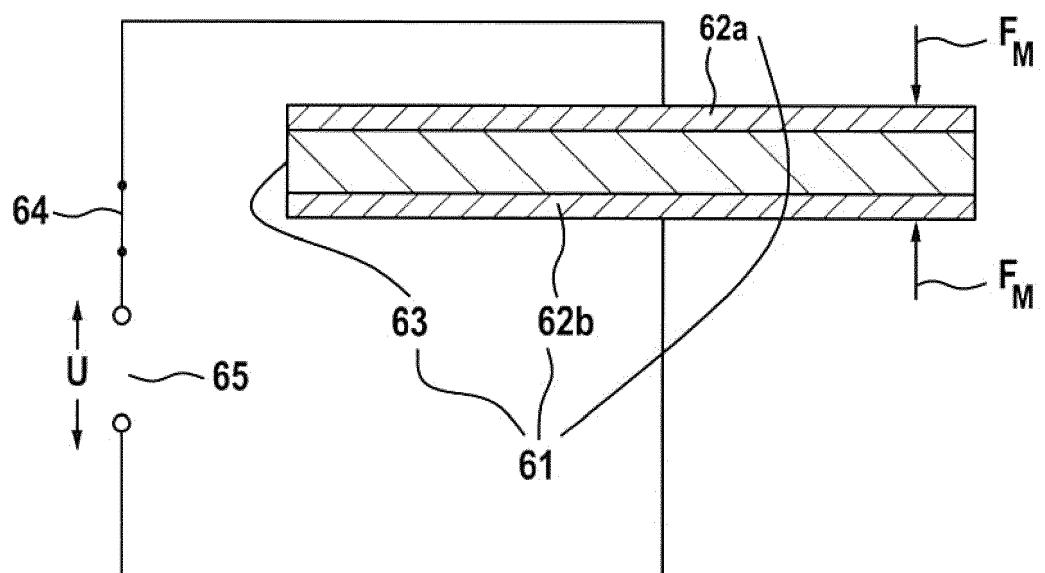
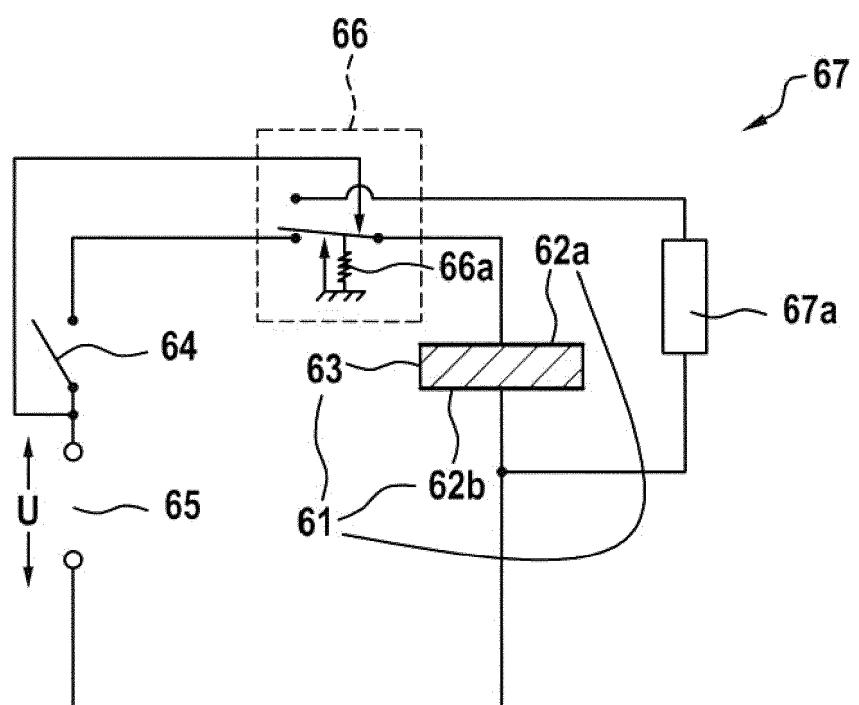


Fig. 2c



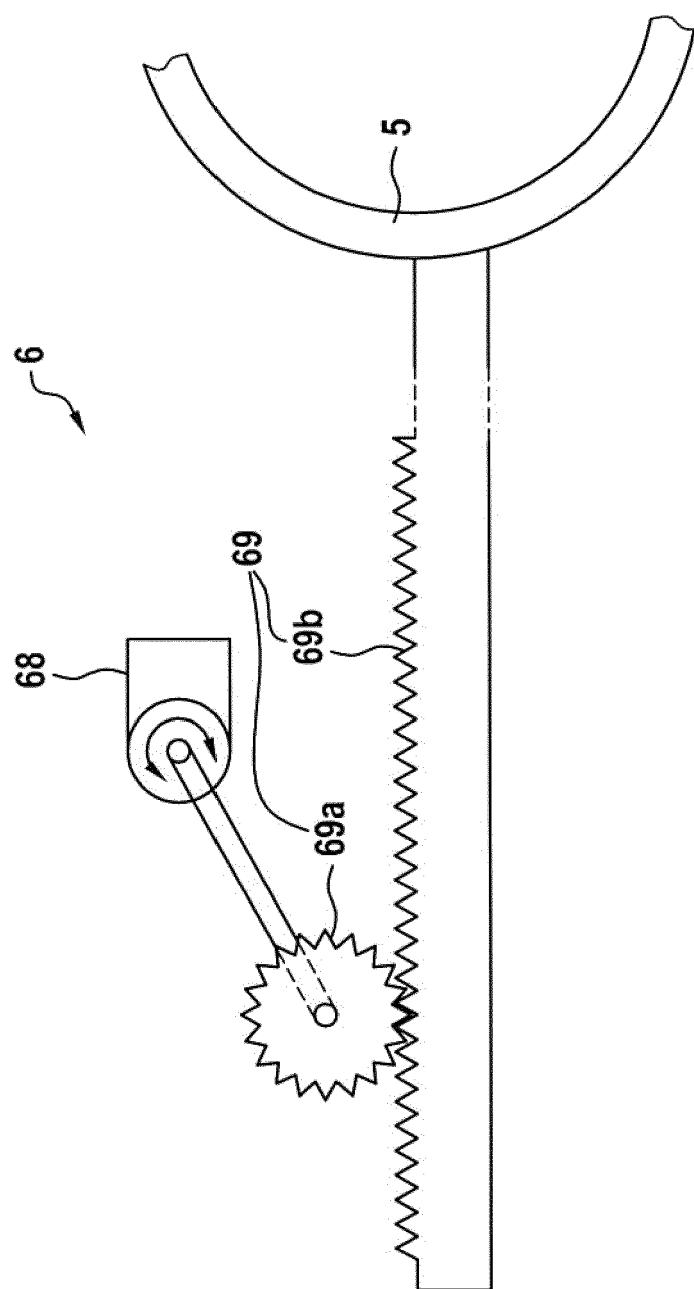
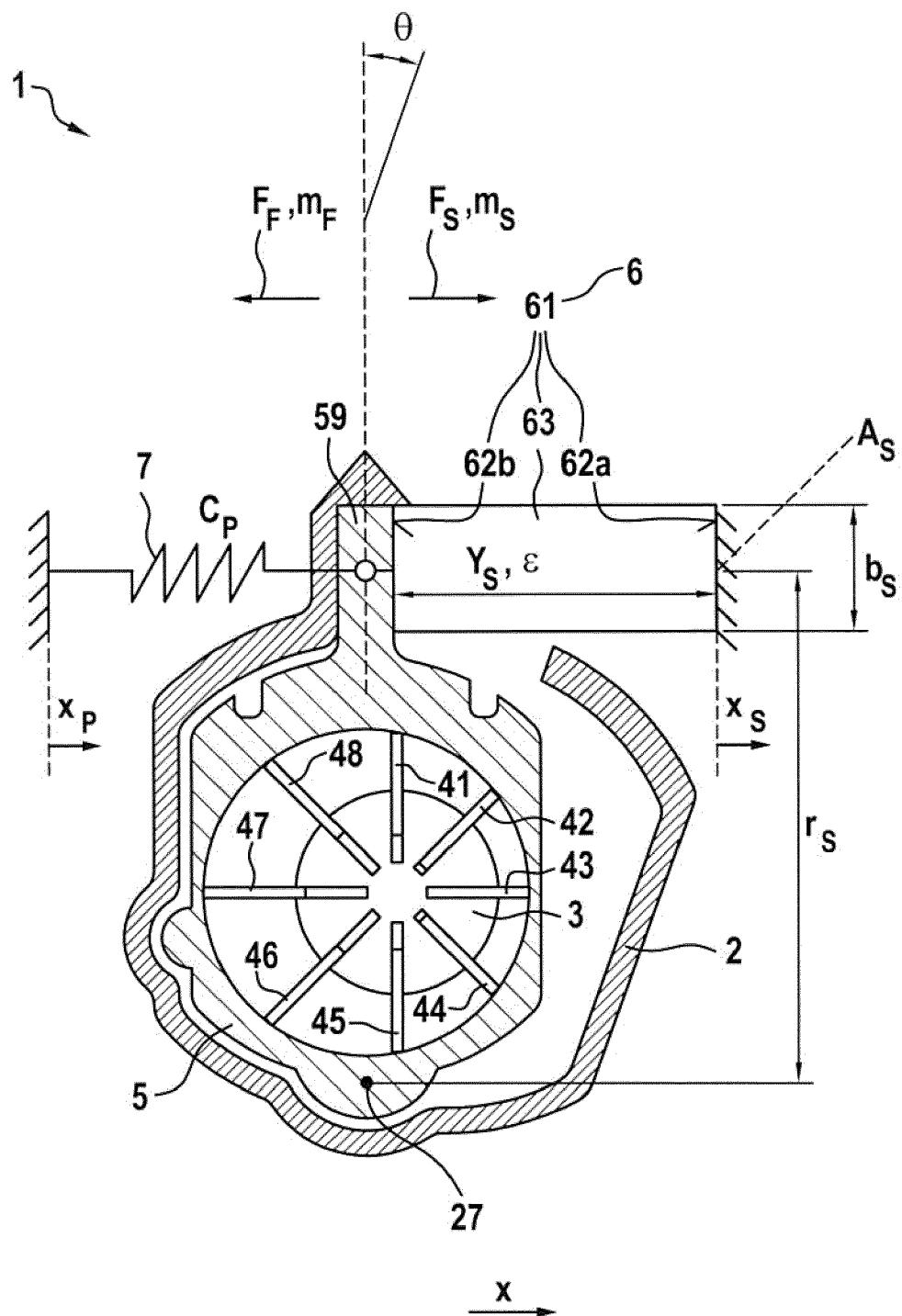


Fig. 3

Fig. 4



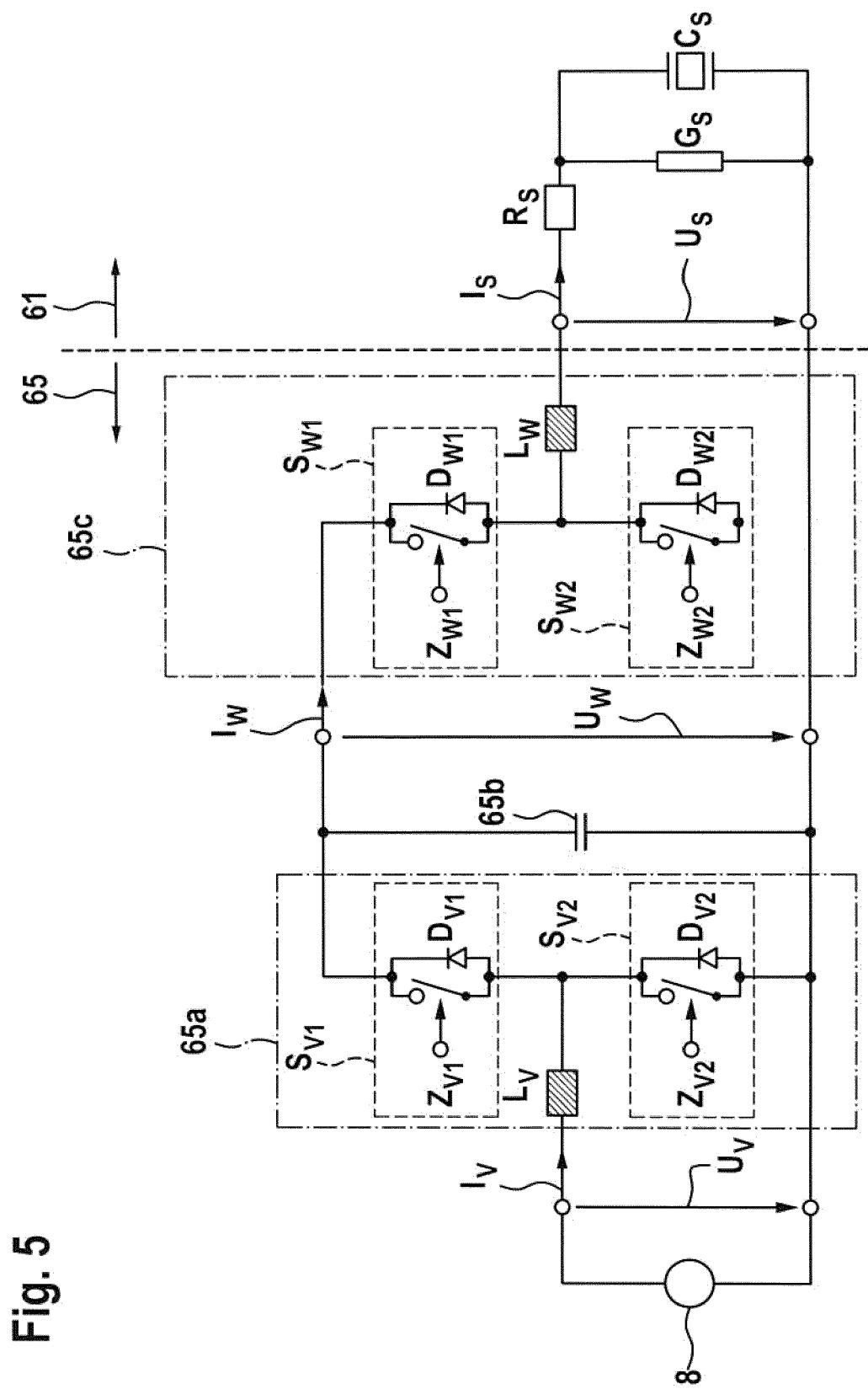


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 16 1130

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betritt Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	EP 2 138 718 A2 (HAMILTON SUNDSTRAND CORP [US]) 30. Dezember 2009 (2009-12-30) * das ganze Dokument *	1-5,11	INV. F01M1/02
15 Y	----- WO 2007/003048 A1 (VICTHOM HUMAN BIONICS INC [CA]; BEDARD STEPHANE [CA]; CREVIER MARIE-CH) 11. Januar 2007 (2007-01-11) * das ganze Dokument *	6-10	F01M1/16 F04C2/344 F04C14/18
20 X	----- DE 10 2005 034712 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 16. Februar 2006 (2006-02-16) * Zusammenfassung * * Seite 3, Absatz 20 - Absatz 23; Abbildung 1 *	1-3,5, 11,12	
25 X	----- DE 10 2014 221447 A1 (ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN [DE]) 28. April 2016 (2016-04-28) * das ganze Dokument *	1,2,4,5, 11	
30 X	----- US 2012/093672 A1 (STRATULAT FLORIN [CA] ET AL) 19. April 2012 (2012-04-19) * das ganze Dokument *	1,5,11, 12	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35 A	----- DE 10 2009 039776 A1 (AUDI AG [DE]) 3. März 2011 (2011-03-03) * das ganze Dokument *	1,4,5,12	F01M F04C H02N F04B
40			
45			
50 2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 20. August 2018	Prüfer Van Zoest, Peter
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 18 16 1130

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

20-08-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 2138718 A2	30-12-2009	EP US	2138718 A2 2009324438 A1	30-12-2009 31-12-2009
15	WO 2007003048 A1	11-01-2007	CA EP WO	2613532 A1 1902515 A1 2007003048 A1	11-01-2007 26-03-2008 11-01-2007
20	DE 102005034712 A1	16-02-2006	KEINE		
25	DE 102014221447 A1	28-04-2016	KEINE		
	US 2012093672 A1	19-04-2012	BR CA CN EP JP KR US WO	PI1010521 A2 2753511 A1 102333956 A 2404062 A1 2012519253 A 20120006977 A 2012093672 A1 2010099599 A1	15-03-2016 10-09-2010 25-01-2012 11-01-2012 23-08-2012 19-01-2012 19-04-2012 10-09-2010
30	DE 102009039776 A1	03-03-2011	KEINE		
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 9410514 B2 **[0004]**
- US 2015285246 A1 **[0004]**