



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 004 429.0**

(51) Int Cl.: **F01B 29/02 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **31.08.2021**

(43) Offenlegungstag: **31.03.2022**

(66) Innere Priorität

10 2020 005 998.8 **30.09.2020**

10 2021 001 710.2 **01.04.2021**

(72) Erfinder:

gleich Anmelder

(71) Anmelder:

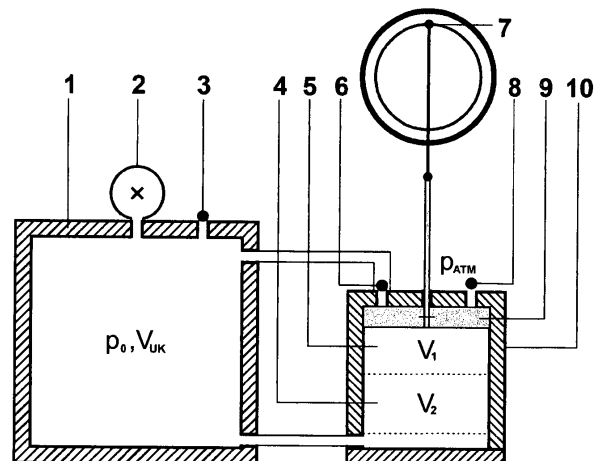
Koken, Claus, Dipl.-Ing., 19246 Lüttow-Valluhn, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Pneumatikmotor**

(57) Zusammenfassung: Der erfindungsgemäße „Pneumatikmotor“ nutzt für seinen Antrieb atmosphärische Umgebungsluft gegenüber Unterdruckluft, die in einer Unterdruckluftkammer durch eine Vakuumpumpe erzeugt worden ist und als Energiesenke wirkt. Die motorische Antriebsleistung ist proportional vom Druck der atmosphärischen Umgebungsluft abhängig, von der ebenfalls proportional der Soll-druck in der Grobvakuummkammer abhängt und jenem gegenüber vorzugsweise ca. 31 % beträgt. Infolgedessen steht der Einsatz des Motors bei großem und zumindest annähernd konstantem atmosphärischem Druck, also insbesondere stationärer Einsatz annähernd auf Höhe des Meeresspiegels und der Einsatz auf Wasserfahrzeugen, im Vordergrund. Nach eingeleitetem Motorbetrieb benötigt der Pneumatikmotor keine weitere Energiezufuhr und verhält sich somit energieautark. Der Pneumatikmotor ist hierbei absolut emissionsfrei, emittiert also keine für Umwelt und Klima schädlichen Stoffe. Neben oder anstelle der Anwendung als mechanischer Antriebsmotor kann der Pneumatikmotor auch als energieautarkes Kühlaggregat eingesetzt werden. Diese Eigenschaft beruht darauf, daß die im Motorbetrieb abgekühlte Restluft in der Unterdruckluftkammer der Umgebung Wärme entzieht.



Beschreibung

A Grundbestandteile des Pneumatikmotors

[0001] Fig. 1 auf Seite 9/9, ist die schematische Darstellung der systemspezifischen Hauptkomponenten des Pneumatikmotors, nämlich

1. Unterdruckluftkammer mit Innenvolumen V_{UK} für p_o -Unterdruckluft bei beliebiger Gestaltung; p_o -Sollwert ist $p_o \cong 0,31 \cdot p_{ATM}$ für jeweiligen Druck p_{ATM} der atmosphärischen Umgebungsluft
2. Vakuumpumpe
3. p_o -Unterdruckventil
4. Sektion 2 des Hubraums mit Volumen V_2
5. Sektion 1 des Hubraums mit Volumen V_1
6. Ventil 1 für p_o -Unterdruckluft
7. Kurbelwelle mit Schwungrad
8. Ventil 2 für atmosphärische Umgebungsluft mit dem Druck p_{ATM}
9. Kolben mit Kolben- und Pleuelstange bzw. Pleuelsubstitut
10. (Kolben)zylinder

[0002] Anmerkung :

- Weitere und im Schema nicht angedeutete Komponenten des Pneumatikmotors sind insbesondere Startergenerator, Elektroakkumulator und Druckregler für Vakuumpumpe (2) und p_o -Unterdruckventil (3) zur Aufrechterhaltung von p_o als mittleren Druck in der Unterdruckluftkammer (1) während des Motorbetriebs.
- In den folgenden Ausführungen wird bei an und für sich beliebiger räumlicher Lage des Pneumatikmotors so getan, als ob sich räumliches Oben und **Fig. 1**-Oben entsprechen.

B Funktionsbeschreibung

[0003] Vor dem Motorbetrieb ist die Evakuierung der Unterdruckluftkammer (1) auf Unterdruck p_o durch die Vakuumpumpe (2) erforderlich. Bei Normaldruck der atmosphärischen Umgebungsluft auf Höhe des Meeresspiegels gilt $p_o = 314\text{mbar}$.

[0004] Fig. 1, Fig. 2 und Fig. 3 auf Seite 9/9 veranschaulichen Hauptetappen der Arbeitsschritte des Motors während einer Umdrehung von Kurbelwelle und Schwungrad (7), nämlich:

Fig. 1 : Der Kolben (9) befindet sich in der höchsten Position. Der Luftdruck oberhalb des Kolbens ist p_{ATM} , bedingt durch das geöffnete Ventil 2 (8) bei geschlossenem Ventil 1 (6). Der ständige Luftdruck unterhalb des Kolbens ist p_o .

Fig. 2 : Der Kolben hat sich infolge der anliegenden Luftdruckdifferenz nach unten bewegt und oberhalb die Hubraum-Sektion (5) mit dem Volumen V_1 freigegeben. Hierbei ist der größere Teil der beim gesamten Kolbenabwärtshub umgesetzten Nutzenergie als Rotationsenergie auf Kurbelwelle und Schwungrad übertragen worden.

Fig. 3 : Vollendung des Kolben.Abwärtshubs bei geschlossenem Ventil 2. Hierbei ist der Luftdruck oberhalb des Kolbens infolge der adiabatischen Luftexpansion auf p_o gesunken und der Rest der gesamten Nutzenergieausbeute umgesetzt worden. Danach ist Ventil 1 geöffnet worden, so dass beidseitig des Kolbens gleicher Luftdruck p_o resultiert und der anschliessende Aufwärtshub des Kolbens durch das Schwungrad nahezu widerstandslos erfolgt. Nach Schliessung von Ventil 1 sind dann ein Zyklus der Kolbenbewegungen, der Kurbelwellenumdrehung und der Ventilsteuerungen abgeschlossen.

[0005] Bei der Energiebilanz pro Zyklus spielt neben grundsätzlichen Verlusten durch Reibung, Strömungsverlusten und Luftleckagen die adiabatische Erhöhung des Drucks in der Unterdruckluftkammer infolge der Kolbenabsenkung gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** eine Rolle, da sich das der p_o -Luft zunächst zugewiesene Volumen $V_{UK}+V_H$ - mit dem Kolbenhubraum $V_H=V_1+V_2$ - um V_H verringert hat. Durch $V_{UK} \gg V_H$ kann der Energie-

aufwand für den Druckausgleich durch die Vakuumpumpe jedoch beliebig gering gehalten werden. Insgesamt können auch die anderen Verluste gegenüber der Nutzenergieausbeute bei der Kolbenabsenkung gemäß **Fig. 2** und **Fig. 3** so gering gehalten werden, dass insgesamt eine erhebliche Nutzenergieausbeute verbleibt. Da der Pneumatikmotor somit keine weitere Energiezufuhr neben der durch die atmosphärische Umgebungsluft benötigt, verhält er sich energieautark. Im Leerlauf kann er somit in einem permanenten „Standby“-Betriebszustand belassen werden, so daß motorische Antriebsleistung und Kühlfunktion - letztere gemäß folgendem Absatz - ständig zur Verfügung stehen.

[0006] Beim Kolbenhub um V_2 und der adiabatisch expandierenden Luft in V_1 auf V_H fällt deren Temperatur erheblich gegenüber dem jeweiligen Wert der Umgebungsluft. Durch die zyklische Vermengung mit der Restluft in der Unterdruckluftkammer fällt deren Temperatur asymptotisch auf einen jeweiligen Endwert. Nach außen verhält sich der Pneumatikmotor somit wie ein energieautarkes Kühlaggregat, das der Umgebung über die Unterdruckluftkammer Wärme entzieht. Für eine große Kühlwirkung ist die Wand der Unterdruckluftkammer metallisch und innen sowie außen mit metallischen Wärmeleitrippen versehen.

C Stand der Technik

[0007] Pneumatisch-mechanische Motoren, die für ihren Antrieb mit Druckluft alias Pressluft arbeiten. Bekannt sind jedoch auch auf Unterdruckbasis arbeitende sogenannte Vakuummotoren, beispielsweise der „Feuerschlucker“. Energieautarke pneumatisch-mechanische Motoren, die wie der erfindungsgemäße Pneumatikmotor atmosphärische Umgebungsluft für Ihren Antrieb benutzen, sind jedoch unbekannt.

D Primäre Nutzenergie des Pneumatikmotors

[0008] Als Parameter für die Berechnung wird

$$q = V_H / V_1 \quad \text{Gl.(1)}$$

mit dem Hubraumvolumen $V_H = V_1 + V_2$ eingeführt. Die Zustandsänderungen der Luftpinschlüsse im Motorbetrieb oberhalb des Kolbens werden als so rasch vorausgesetzt, daß bei diesen jeweils kein nennenswerter Wärmeaustausch mit ihren Einschlussflächen zustande kommt, so daß die Zustandsänderungen nahezu perfekt adiabatisch verlaufen. Es resultiert als durch den Kolbenabwärtshub pro Zyklus umgesetzte primäre Nutzenergie,

$$E_{\text{NUTZ}} = E_1 + E_2 \quad \text{Gl.(2)}$$

mit

$$E_1 / (\text{kp}\cdot\text{m}) \cong 10 / q \cdot p_{\text{ATM}} / \text{bar} \cdot V_H / \text{ltr} \cdot (1 - q^{-1,4}) \quad \text{Gl.(3)}$$

für $V_{\text{UK}} \gg V_H$ und den Teilhub um V_1 und

$$E_2 / (\text{kp}\cdot\text{m}) \cong 10 \cdot (q - 1) / q \cdot p_{\text{ATM}} / \text{bar} \cdot V_H / \text{ltr} \cdot \left[2,5 \cdot (1 - q^{-1,4}) / (q - 1) - q^{-1,4} \right] \quad \text{Gl.(4)}$$

für $V_{\text{UK}} \gg V_H$ und den Teilhub um V_2 mit

$$p_0 = p_{\text{ATM}} \cdot q^{-1,4} \cong 0,31 \cdot p_{\text{ATM}} \quad \text{für } q = 2,31. \quad \text{Gl.(5)}$$

p_0 gemäß Gl.(5) ist der Solldruck in der Unterdruckluftkammer. Der Energieaufwand für die Einhaltung dieses Solldrucks kann insbesondere durch $V_{\text{UK}} \gg V_H$ so gering gehalten werden, dass die gesamte Nutzenergieausbeute nur unwesentlich gegenüber Gl.(2) verringert ist.

[0009] Das flache Maximum von Gl.(2) ergibt sich mit $E_{\text{NUTZ}} \cong 4,368 \text{kp}\cdot\text{m}$ für $p_{\text{ATM}} = 1,013 \text{bar}$, $V_H = 1 \text{ltr}$ bei dem Präferenzwert $q = 2,31$. Durch Einsetzen von $q = 2,31$ in Gl.(3) und (4) resultiert

$$E_{\text{NUTZ}} / (\text{kp}\cdot\text{m}) \cong 4,37 \cdot p_{\text{ATM}} / \text{bar} \cdot V_H / \text{ltr}. \quad \text{Gl.(6)}$$

E Maximale Antriebsleistung P des Pneumatikmotors

[0010] Es werden folgende Parameter eingeführt :

n = Anzahl der Zylinder; η = Gesamtwirkungsgrad der Leistungsumsetzung auf die Kurbelwelle; U = Umdrehungen der Kurbelwelle pro Sekunde. Es gilt

$$P/W \cong n \cdot \eta \cdot 9,80665 \cdot E_{\text{NUTZ}} / (kp \cdot m) \cdot U / (1/s) \quad \text{Gl.(7)}$$

[0011] Rechenbeispiel :

$p_{\text{ATM}}=1,013\text{bar}$, $V_H=1\text{ltr}$, $p_0 \cong 313,7\text{mbar}$ gemäß Gl.(5), $n=4$, $\eta=80\%$, $U=10/\text{s}$. Es resultiert mit Gl.(2) bis (7) $E_1 \cong 3,03 \text{ kp}\cdot\text{m}$, $E_2 = 1,34 \text{ kp}\cdot\text{m}$, $E_{\text{NUTZ}} = 4,37 \text{ kp}\cdot\text{m}$, $P = 1371\text{W}$.

Anmerkungen :

- Für $n>1$ wie im Rechenbeispiel wird lediglich eine einzige Unterdruckluftkammer und eine einzige Vakuumpumpe, sowie eine gemeinsame Kurbelwelle mit Schwungrad für alle Kolbenstangen und Pleuel benötigt.
- P hängt proportional von p_{ATM} ab. In einer Position von z.B. 5400m über Meeresspiegel bei $p_{\text{ATM}} \cong 0,5\text{bar}$ ergeben sich somit etwa die halben P -Werte gegenüber den Werten bei Betrieb auf Höhe des Meeresspiegels.
- Neben der beschriebenen Art kommt der Pneumatikmotor auch ohne Pleuel und Kurbelwelle in Betracht. Dieser führt anstelle der Drehbewegungen der Abtriebswelle lediglich die linearen hin- und her-Bewegungen eines Abtriebsesementes in Verlängerung der Kolbenstange aus. Anwendung z.B. als Schlaghammer.

F Einsatzbereiche des Pneumatikmotors

[0012] Bezüglich Einsatz und Anwendung stehen folgende prinzipielle Nachteile (N) und Vorteile (V) gegenüber konventionellen Motoren, nämlich insbesondere Verbrennungsmotoren und Elektromotoren, als Entscheidungskriterien im Vordergrund :

(N1) : Die maximale Antriebsleistung ist proportional vom atmosphärischen Druck p_{ATM} der Umgebungsluft abhängig.

(N2) : Wesentlich grösseres Volumen für gleiche Antriebsleistung

(V1) : Kostenfreier energieautarker Motorbetrieb, d.h., es werden keine kostenintensive fossile Treibstoffe oder andere kostenintensive Energieträger benötigt

(V2): Anwendung als energieautarkes Kühlaggregat neben oder anstelle der Anwendung als motorischer Antrieb.

(V3) : Keine Emittierung schädlicher Stoffe für Umwelt und Klima im Motorbetrieb.

[0013] Wegen (N1) sind stationärer Einsatz und Einsatz auf Wasserfahrzeugen Einsatzschwerpunkte des Pneumatikmotors, da bei diesen Anwendungen ein näherungsweise gleichbleibender Druck der Umgebungsluft vorliegt, der somit eine fast konstante Antriebsleistung gewährleistet. (Extremwerte der jemals festgestellten temporären relativen Druckabweichung bezogen auf Meereshöhe gegenüber dem Normaldruck 1,013bar sind beispielsweise in Deutschland ca. -5,8% und +4,6%.) Bei landgestützten stationären Anwendungen kommen sowohl größere Energieerzeugungsanlagen mit vielen großvolumigen Pneumatikmotoren als auch Pneumatikmotoren - insbesondere wohl im 4ltr- bis 10ltr-Gesamthubraumbereich - für die private elektrische Energieerzeugung in Betracht. Ein landgestützter mobiler Einsatz als Antriebsmotor für Fahrzeuge ist wegen (N1) und (N2) eine schwächere Option. Allerdings kann der energieautarke Pneumatikmotor in vorteilhafter Weise wegen (V1) z.B. zur Aufladung der Akkumulatoren von Elektrofahrzeugen oder Erzeugung von Wasserstoff für Wasserstofffahrzeuge genutzt werden. Insbesondere für den Hausgebrauch bietet sich mit (V2) der Pneumatikmotor auch als energieautarkes Kühlaggregat an. Generell spielt zukünftig (V3) vermutlich eine wichtige Rolle zugunsten des vielfältigen Einsatzes des Pneumatikmotors.

Patentansprüche

1. „Pneumatikmotor“ beliebiger Lage im Raum, der für seinen Antrieb atmosphärische Umgebungsluft mit dem Druck p_{ATM} gegenüber p_0 -Unterdruckluft als Energiesenke nutzt und sich im Motorbetrieb energieautark verhält, **gekennzeichnet durch** folgende Hauptkomponenten gemäß Schema **Fig. 1** :

- eine beliebig gestaltete und angeordnete metallische Unterdruckluftkammer (1) mit Innenvolumen V_{UK} für p_0 -Unterdruckluft, die durch eine Vakuumpumpe (2) vor dem Motorbetrieb erzeugt wurde,
- ein (Kolben)zylinder (10),
- ein Kolben mit Kolbenstange und Pleuelstange bzw. Pleuelsubstitut (9) plus Kurbelwelle mit Schwungrad (7),
- ein Kolbenhubraum mit Volumen $V_{\text{H}} \ll V_{\text{UK}}$, unterteilt in zwei Sektionen (5) und (4) mit den Volumina V_1 und V_2 ,
- ein p_0 -Ventil 1 (6) für die Verbindung bzw. Absperrung der p_0 -Unterdruckluft zwischen der Unterdruckluftkammer und dem Kolben,
- ein Ventil 2 (8) für die Zuführung bzw. -Absperrung von p_{ATM} -Umgebungsluft auf die gleiche Kolbenseite, wobei der anderen permanent p_0 -Luft zugeführt wird,
- ein p_0 -Unterdruckventil (3) für die Unterdruckluftkammer, das im Motorbetrieb zusammen mit der Vakuumpumpe den mittleren Druck in der Unterdruckluftkammer auf den für den jeweiligen Druck p_{ATM} geltenden Sollwert von p_0 , der bei der Präferenzdimensionierung $V_{\text{H}}/V_1 \approx 2,31$ $p_0 \approx 0,31 p_{\text{ATM}}$ ist, einregelt, und **gekennzeichnet durch** folgende Arbeitsschritte des Pneumatikmotors , nämlich
- Nutzenergie erzeugender Kolbenteilhub um V_1 bei geschlossenem Ventil 1 und geöffnetem Ventil 2, das danach geschlossen wird,
- Nutzenergie erzeugender Resthub des Kolbens um $V_2 = V_{\text{H}} - V_1$ bei geschlossenem Ventil 2, wobei der ventiltseitige Luftdruck am Kolben infolge der adiabatischen Luftexpansion durch die Volumenerhöhung von V_1 auf V_{H} auf p_0 gesunken ist,
- Rückhub des Kolbens bei geringem Widerstand, da Ventil 1 vorher geöffnet wurde, das nach Ende des Rückhubs wieder schließt, so dass ein Bewegungszyklus des Kolbens, eine Umdrehung der Kurbelwelle und ein Zyklus der Ventilsteuerungen vollendet sind, und **gekennzeichnet durch** den Sachverhalt, dass bei dem Nutzenergie erzeugenden Kolbenhub die Temperatur der Luft in V_{H} infolge ihrer adiabatischen Expansion von V_1 aus abgesunken ist und sich bei dem Kolbenrückhub über Ventil 1 der Luft in der Unterdruckluftkammer mitteilt, so dass diese im Motorbetrieb der Umgebung Wärme entzieht und der Pneumatikmotor auch als energieautarkes Kühlaggregat fungiert, und **gekennzeichnet durch** einen Startergenerator mit Elektroakkumulator, zuständig für die Einleitung des Motorbetriebs und Nachladungen des Elektroakkumulators.

2. Pneumatikmotor, **gekennzeichnet durch** Zusammenfassung von mehreren Pneumatikmotoren gemäß Anspruch 1, jedoch mit gemeinsamer Unterdruckluftkammer, gemeinsamer Kurbelwelle mit Schwungrad und gemeinsamem Startergenerator mit Elektroakkumulator.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

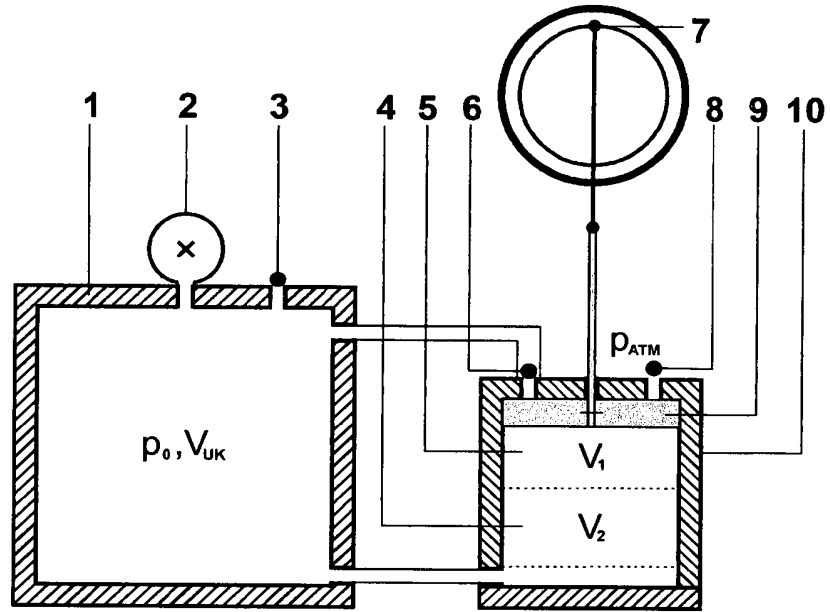


FIG.2

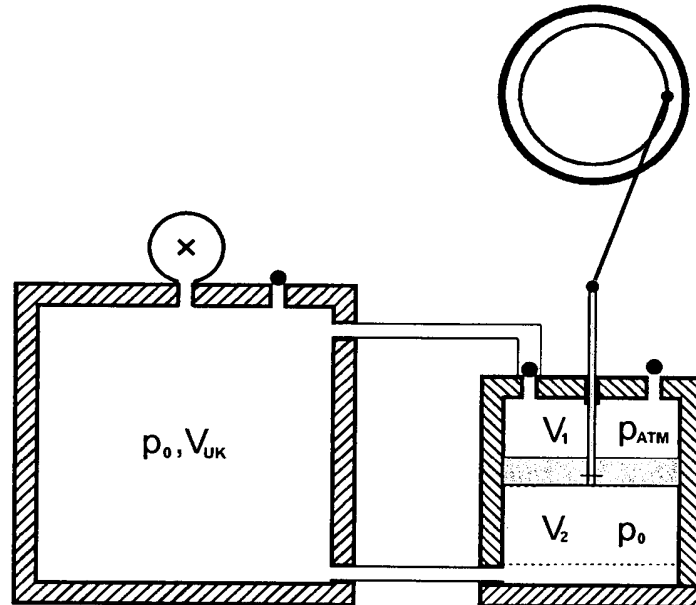


FIG.3

