



REPUBLIK  
ÖSTERREICH  
Patentamt

(10) Nummer: **AT 412 806 B**

(12)

## PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 335/2003  
(22) Anmeldetag: 06.03.2003  
(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.2004  
(45) Ausgabetag: 25.07.2005

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **F02G 1/044**

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 3023363A1 US 4241580A

(73) Patentinhaber:  
STANZEL KARL WOLFGANG DIPL.ING.  
DR.TECHN.  
A-8010 GRAZ, STEIERMARK (AT).  
PTAK GEORG DIPL.ING.  
A-8750 OBERWEG/JUDENBURG,  
STEIERMARK (AT).

(54) STIRLINGMOTOR SOWIE BIOMASSEFEUERUNGSANLAGE

(57) Stirlingmotor (1) mit vier jeweils um 90° zueinander verdreht angeordneten Arbeitskolben (3), mit einem Planetengetriebe (4) zur Umsetzung der Linearbewegung der Arbeitskolben (3) in eine Rotationsbewegung einer gemeinsamen Abtriebswelle (5), wobei die Schwerpunkte der Arbeitskolben (3) in einer Ebene senkrecht zur Drehachse der Abtriebswelle (5) angeordnet sind, und die Arbeitskolben (3) zur Geradeführung an einer als Planetenrad ausgebildeten außenverzahnten Kurbel (11) drehbar gelagert sind, die in zumindest einem innenverzahnten Hohlrad (13, 13') umläuft, und zum vollständigen Ausgleich freier Massenkräfte und -momente lediglich der gemeinsamen Abtriebswelle (5) zumindest zwei Ausgleichsmassen (14, 14') derart zugeordnet sind, dass die Arbeitskolben (3) und die mit den Arbeitskolben (3) mitbewegten Getriebeteile einen gemeinsamen, in der Achse der Abtriebswelle (5) liegenden Schwerpunkt aufweisen; sowie Biomassefeuerungsanlage (20) mit einer Brennkammer (19), wobei in der Brennkammer (19) ein erfindungsgemäßer Stirlingmotor (1) vorgesehen ist.

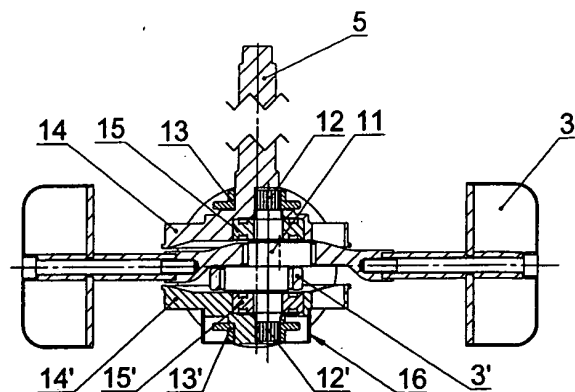


Fig. 4

AT 412 806 B

Die Erfindung betrifft einen Stirlingmotor mit vier jeweils um 90° zueinander verdreht angeordneten Arbeitskolben, mit einem Planetengetriebe zur Umsetzung der Linearbewegung der Arbeitskolben in eine Rotationsbewegung einer gemeinsamen Abtriebswelle, wobei die Schwerpunkte der Arbeitskolben in einer Ebene senkrecht zur Drehachse der Abtriebswelle angeordnet sind, und die Arbeitskolben zur Geradeführung an einer als Planetenrad ausgebildeten außenverzahnten Kurbel drehbar gelagert sind, die in zumindest einem innenverzahnten Hohlrad umläuft. Weiters betrifft die Erfindung eine Biomassefeuerungsanlage mit einer Brennkammer.

Bei Stirling- bzw. Heißgasmotoren wird Arbeitsgas - meist unter erhöhtem Druck - eingeschlossen und in einem geschlossenen Kreisprozess abwechselnd einer kalten und einer heißen Umgebung ausgesetzt, wodurch im Arbeitsgasdruck Schwankungen entstehen, die von den Kolben in mechanische Energie umgewandelt werden. Zur Umsetzung der Linearbewegung der Arbeitskolben in eine Rotationsbewegung einer Abtriebswelle sind aus dem Stand der Technik verschiedene Getriebearten, beispielsweise Schubkurbel- oder Planetengetriebe, bekannt.

Aus der DE 43 36 976 A1 ist ein Stirlingmotor bekannt, bei dem ein Planetengetriebe zur Umsetzung der Linearbewegung der Arbeitskolben in eine Rotationsbewegung einer Abtriebswelle vorgesehen ist, wobei die Kolbenstangen über eine äußere Kurbel an einer inneren Kurbel angeleitet sind. Die innere Kurbel bildet zugleich den Steg für ein außenverzahntes Planetenrad, das in einem innenverzahnten Hohlrad umläuft. Um einen vollständigen Massenausgleich zu erzielen, ist es bei einem derartigen Planetengetriebe jedoch erforderlich, dass sowohl die innere Kurbel als auch die äußere Kurbel mit zumindest einem Gegengewicht als Ausgleichsmasse versehen sind. Somit ergibt sich ein vergleichsweise aufwendiger Aufbau des Planetengetriebes mit relativ großen bewegten Massen zum Ausgleich freier Massenkräfte und -momente.

Weiters ist aus der DE 30 23 363 A1 ein Motor mit vier jeweils um 90° zueinander verdreht angeordneten Hubkolben bekannt, wobei es sich hierbei um einen herkömmlichen 2- oder 4-Takt Verbrennungsmotor handelt. Die beiden Schwerpunkte der beiden Arbeitskolbenpaare sind seitlich zueinander versetzt, so dass hier freie Massenkräfte und -momente auftreten.

Aus der US 4 241 580 A ist ein Stirlingmotor mit doppelt wirkenden Arbeitskolben geoffenbart, wobei hierin eine Regelung des Stirlingmotors mittels variabler Räume geoffenbart ist.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist nun einen Stirlingmotor der eingangs angeführten Art mit einem vergleichsweise einfach aufgebauten Getriebe zu schaffen, bei dem zuverlässig ein vollständiger Ausgleich freier Massenkräfte und -momente erzielt wird, so dass ein Selbstanlaufen des Motors lediglich durch Wärmezufuhr sowie ein möglichst vibrationsfreier Betrieb ermöglicht wird. Hierdurch soll insbesondere auch die Verwendung im Zusammenhang mit einer Biomassefeuerungsanlage ermöglicht werden.

Dies wird bei einem Stirlingmotor der eingangs angeführten Art dadurch erzielt, dass zum vollständigen Ausgleich freier Massenkräfte und -momente lediglich der gemeinsamen Abtriebswelle zumindest zwei Ausgleichsmassen derart zugeordnet sind, dass die Arbeitskolben und die mit den Arbeitskolben mitbewegten Getriebeteile einen gemeinsamen, in der Achse der Abtriebswelle liegenden Schwerpunkt aufweisen.

Zur Erzielung eines vollständigen Ausgleichs freier Massenkräfte und -momente ist es bei dem Stirlingmotor mit jeweils um 90° zueinander verdreht angeordneten Arbeitskolben ausreichend, dass der Gesamtschwerpunkt des Getriebes auf der Drehachse der Abtriebswelle liegt, und dass beide Zylinderachsen in einer Ebene liegen, wobei hiezu die außenverzahnte Kurbel keine - wie bei der aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtung - Ausgleichsmassen aufweisen muss, sondern hinsichtlich einer konstruktiv einfachen Ausgestaltung des Getriebes es ausreichend ist, wenn der inneren Kurbel, d.h. der gemeinsamen Abtriebswelle, zumindest zwei Ausgleichsmassen zugeordnet sind.

Für eine konstruktiv einfache Ausgestaltung des Stirlingmotors ist es günstig, wenn doppelt wirkende Arbeitskolben vorgesehen sind.

Weiters ist es für eine konstruktiv einfache Ausgestaltung des Stirlingmotors von Vorteil, wenn eine Ausgleichsmasse mit der Abtriebswelle einstückig ausgebildet ist.

Für eine zuverlässige Schmierung der Getriebeteile ist es günstig, wenn durch die Verzahnung zwischen der außenverzahnten Kurbel und dem innenverzahnten Hohlrad Öl gefördert wird. Somit kann auf eine gesonderte Ölpumpe zur Umwälzung von Schmieröl verzichtet werden.

Wenn die Kurbel in beiden Endabschnitten eine Außenverzahnung zum Eingriff in zwei endsei-

tig angeordneten innenverzahnten Hohlrädern aufweist, ergibt sich eine ausgewogene Lagerung der Kurbel. Selbstverständlich könnte jedoch auch ein einziges Zahnradpaar die gewünschte Übertragung von Kräften als auch die Geradeführungsfunktion der Kolben übernehmen, wobei dann ein zusätzliches Lager zur Vermeidung einer Verkantung der Kurbel vorzusehen wäre.

5 Um zuverlässig ein Verkanten der Kurbel zu vermeiden, ist es von Vorteil, wenn die Kurbel zwischen den beiden Hohlrädern in den Ausgleichsmassen, vorzugsweise mittels Nadel- oder Rolllagern, exzentrisch zu der Abtriebswelle gelagert ist.

Hinsichtlich einer statisch einwandfreien Lagerung der Abtriebswelle ist es günstig, wenn die Ausgleichsmassen innenseitig zur Kurbel und außenseitig zu einem drehfest angeordneten Gehäuse gelagert sind, wobei ein Lager ein Loslager und ein Lager ein Festlager ist.

10 Die erfindungsgemäße Biomassefeuerungsanlage der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, dass in der Brennkammer ein Stirlingmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7 vorgesehen ist.

Da bei dem erfindungsgemäßen Stirlingmotor - wie vorstehend beschrieben - keine freien Massenkräfte bzw. -momente auftreten, kann dieser ohne zusätzliche Hilfsmittel selbstanlaufend in einer Biomassefeuerungsanlage integriert werden, so dass er bei Wärmezufuhr aus der Brennkammer der Biomassefeuerungsanlage selbsttätig anläuft. Somit wird alleine über die Intensität der Wärmezufuhr die Leistung des Stirlingmotors bestimmt, wobei diese beispielsweise zum Antrieb eines Elektrogenerators herangezogen werden kann.

20 Für eine effiziente Wärmeübertragung an das Arbeitsgas ist es günstig, wenn an die Arbeitszylinder des Stirlingmotors zur Erhitzung des Arbeitsgases vom Arbeitsgas durchströmte Erhitzerrohre anschließen. Hierdurch können die Flammen aus der Brennkammer ihre Wärme einerseits durch Flammstrahlung und andererseits durch Konvektion beim Durchströmen an die Erhitzerrohre abgeben, so dass eine Ausnutzung der Strahlungswärme und ein widerstandsarmer Durchtritt der heißen Rauchgase ermöglicht wird. Die geringfügig abgekühlten Verbrennungsgase der Biomassefeuerungsanlage können zudem nach der Wärmeübertragung an die Erhitzerrohre den bei konventionellen Biomassefeuerungsanlagen üblichen Weg zur Erzeugung von Wärme fortsetzen.

25 Um Biomassefeuerungsanlagen auch nachträglich mit dem erfindungsgemäßen Stirlingmotor ausstatten zu können bzw. je nach Wunsch dem Stirlingmotor beim Betrieb der Biomassefeuerungsanlage zuschalten zu können, ist es günstig, wenn der Stirlingmotor modular in der Brennkammer der Biomassefeuerungsanlage integrierbar ist.

30 Die Erfindung wird nachstehend anhand von einem in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispiel, auf das sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter erläutert. Im Einzelnen zeigen in der Zeichnung: Fig. 1 eine teilweise aufgebrochene Ansicht eines Stirlingmotors mit einem Planetengetriebe; Fig. 2 eine perspektivische Ansicht des Stirlingmotors gemäß Fig. 1; Fig. 3 eine Draufsicht auf das Planetengetriebe samt Arbeitskolben; Fig. 4 einen Schnitt gemäß der Linie IV-IV in Fig. 3; Fig. 5 eine teilweise aufgebrochene perspektivische Ansicht des Planetengetriebes des Stirlingmotors samt Arbeitskolben; und Fig. 6 schematisch eine perspektivische teilweise aufgebrochene Ansicht einer Biomassefeuerungsanlage mit einem integrierten Stirlingmotor.

40 In den Figuren 1 und 2 ist ein Stirlingmotor 1 gezeigt, bei dem vier Arbeitszylinder 2 mit darin verschiebbar gelagerten Arbeitskolben 3 jeweils um 90° zueinander verdreht angeordnet sind, so dass sich bei einer Draufsicht auf den Stirlingmotor 1 eine sog. X-Anordnung der Arbeitszylinder bzw. Kolben ergibt.

45 Die vier Kolben 3, die an zwei doppelten Kolbenstangen 3' befestigt sind, sind über ein Planetengetriebe 4 (vgl. insbesondere Fig. 4) miteinander gekoppelt, wodurch die Linearbewegung der Arbeitskolben 3 in eine Rotationsbewegung einer Abtriebswelle 5 umgesetzt wird, und zugleich auch die für den Stirlingmotor erforderliche phasenverschobene Bewegung zwischen den Kolbenpaaren sowie eine exakte Geradeführung der Arbeitskolben 3 in den Arbeitszylindern 2 erzielt wird.

50 An die Zylinder 2 schließen jeweils außenliegende Erhitzerrohre 6 an, in welchen das darin befindliche Arbeitsgas erhitzt wird und in einen heißen Arbeitsraum 2' des Arbeitszylinders 2 strömt. Die Erhitzerrohre 6 münden jeweils in einem Regenerator 7, über den bei jedem Kolbenhub im Arbeitszylinder 2 durch Überströmen des Gases vom heißen Bereich 2' in den kalten Bereich 2" (und umgekehrt) ein Teil der Wärme ausgetauscht wird.

55 Der Regenerator 7 ist - ähnlich einem Hohlzylinder - jeweils etwa in der Mitte des Arbeitszylinders 2 aufgesteckt. Jeder Regenerator 7 ist mit den Erhitzerrohren 6 und einem Wärmetauscher

bzw. Kühler 8 verbunden und mit Metallsieben gefüllt. Somit wird - je nach Richtung, in der das Arbeitsgas strömt - das aus den Erhitzerrohren 6 strömende Arbeitsgas gekühlt bzw. aus dem Kühler 8 strömende Arbeitsgas erwärmt. Die Kühler 8 sind jeweils ringförmig um den inneren, getriebe-nahen Teil eines Arbeitszylinders 2 zwischen dem Regenerator 7 und einem Getriebegehäuse 9 angeordnet und kühlt diesen Bereich des Arbeitszylinders 2. Die Kühler 8 bestehen arbeitsgasseitig aus einem Rohr, das den Regenerator 7 mit der Unterseite des Kolbens 3 des nächsten Zylinders 2 verbindet. Damit wird - je nach Richtung, in der das Arbeitsgas strömt - das aus dem Regenerator 7 strömende Arbeitsgas gekühlt bzw. das aus dem kalten Bereich 2" des nächsten Zylinders 2 strömende Arbeitsgas erwärmt.

Als Kühlmedium kann Wasser vorgesehen sein, das mit dem Heizwasserkreislauf z.B. einer Biomassefeuerungsanlage 20 (vgl. Fig. 6) verbunden ist und so die Nutzung der Abwärme des Motors zu Heizzwecken ermöglicht.

Das Getriebegehäuse 9 ist wassergekühlt, druckdicht gekapselt, und enthält neben dem Getriebe 4 Schmieröl, eine Schmierölpumpe und eventuell eine Vorrichtung, um den Gasdruck zu regulieren.

An das Getriebegehäuse sind die vier Arbeitszylinder 2 mit Kühler 8, Regenerator 7 und Erhitzerrohre 6 sowie ein Adapter für die Einbindung in eine Biomassefeuerungsanlage 20 (vgl. Fig. 7) und ein Stromgenerator 10 angeflanscht.

Wenn der angeflanschte Generator 10 ebenfalls gas- und druckdicht ausgeführt ist, dann stellen die Kolbenstangen 3' die einzige, dynamisch abzudichtende Verbindung dar, welche aber nicht den vollen Arbeitsdruck abdichten müssen, sondern nur die Druckdifferenz zum Getriebegehäuse 9, welche relativ niedrig ist.

Der Druck im Getriebegehäuse 9 und im Generator 10 ist annähernd gleich hoch wie der mittlere Druck der vier Arbeitsgasvolumina, wobei dieser Druck vorteilhafterweise nur sehr wenig schwankt.

Der Stromgenerator 10 wird vorteilhafterweise netzgekoppelt betrieben, wobei die Leistungsabgabe an das Stromnetz entsprechend der Wärmezufuhr der Feuerungsanlage an das Arbeitsgas erfolgt.

Um einen auch nach längerem Stillstand selbstanlaufenden Stirlingmotor zu erzielen, dessen Leistung lediglich durch die Intensität der Wärmezufuhr und den Gasdruck bestimmt wird, wobei der Motor ohne freie Massenkräfte und -momente betrieben werden kann, sind die Arbeitskolben 3 über das in den Figuren 3 bis 5 im Detail dargestellte Planetengetriebe 4 miteinander gekoppelt.

Das Planetengetriebe 4 weist eine Kurbel 11 auf, an welcher die beiden Kolbenstangen 3' drehbar gelagert sind. Die Kurbel 11 weist in ihren beiden Endbereichen jeweils eine Außenverzahnung 12, 12' auf, wobei anstelle der unteren Verzahnung auch lediglich eine Lagerung, beispielsweise mittels Kugellagern, zur Kraftaufnahme und zur Verhinderung einer Verkantung vorgesehen sein kann.

Die Kurbel 11 greift mit ihren endseitigen Verzahnungen 12, 12' in einem oberen und einem unteren Hohlrad 13, 13' kämmend ein, so dass die Kurbel 11 in den Hohlradern 13, 13' in der Art eines Planetenrades umläuft. Hierbei nimmt die Kurbel 11 zwei Ausgleichsmassen 14, 14' mit, so dass der gemeinsame Schwerpunkt aller bewegten Teile sich auf der Drehachse der Abtriebswelle 5 befindet. Da sich zudem die Schwerpunkte der beiden Doppelkolben 3 in einer Ebene senkrecht zur Drehachse befinden, wird ein vollständiger Ausgleich der freien Massenkräfte und -momente erzielt.

Die Kurbel 11 ist in den Ausgleichsmassen 14, 14' mittels Kugellagern 15, 15' gelagert, wobei die Ausgleichsmassen 14, 14' radial außen wiederum für eine statisch einwandfreie Lagerung an dem drehfest angeordneten Getriebegehäuse 9 gelagert sind.

Das untere Hohlrad 13' ist zudem von einem Ansaugrohr 16 umgeben, über welches Öl in das Innere des Getriebegehäuses 9 mittels der Verzahnung zwischen der Kurbel 11 und dem Hohlrad 13' gefördert wird. Das Öl wird somit im Inneren des Getriebegehäuses 9 verstäubt, so dass das Vorsehen einer gesonderten Ölpumpe nicht erforderlich ist.

In Fig. 5 ist zudem noch ersichtlich, dass die Ausgleichsmassen 14, 14' zusätzlich zu ihrer innenseitigen Lagerung mittels Lagern 15, 15' auch radial außen im Getriebegehäuse 9 mittels Lagern 16, 16' gelagert sind. Als Lager 15, 15' bzw. 16, 16' können insbesondere Kugel- oder Nadellager vorgesehen sein, wobei für eine statisch einwandfreie Lagerung entweder die Lager 15,

15' als Loslager und die Lager 16, 16' als Festlager (oder umgekehrt) angeordnet sind.

In Fig. 6 ist der Stirlingmotor 1 in einer Brennkammer 19 einer Biomassefeuerungsanlage 20 angeordnet, so dass die Flammen aus der Brennkammer 19 ihre Wärme einerseits durch Flammstrahlung und andererseits durch Konvektion beim Durchströmen an die Erhitzerrohre 6 des Stirlingmotors 1 abgeben. Durch diese Anordnung wird sowohl eine Ausnutzung der Strahlungswärme als auch ein widerstandsarmer Durchtritt des heißen Rauchgases ermöglicht, das nach der Wärmeübertragung an die Erhitzerrohre den bei konventionellen Biomassefeuerungsanlagen üblichen Weg zur Erzeugung von Wärme fortsetzt.

#### PATENTANSPRÜCHE:

1. Stirlingmotor (1) mit vier jeweils um 90° zueinander verdreht angeordneten Arbeitskolben (3), mit einem Planetengetriebe (4) zur Umsetzung der Linearbewegung der Arbeitskolben (3) in eine Rotationsbewegung einer gemeinsamen Abtriebswelle (5), wobei die Schwerpunkte der Arbeitskolben (3) in einer Ebene senkrecht zur Drehachse der Abtriebswelle (5) angeordnet sind, und die Arbeitskolben (3) zur Geradeführung an einer als Planetenrad ausgebildeten außenverzahnten Kurbel (11) drehbar gelagert sind, die in zumindest einem innenverzahnten Hohlrad (13, 13') umläuft, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum vollständigen Ausgleich freier Massenkräfte und -momente lediglich der gemeinsamen Abtriebswelle (5) zumindest zwei Ausgleichsmassen (14, 14') derart zugeordnet sind, dass die Arbeitskolben (3) und die mit den Arbeitskolben (3) mitbewegten Getriebeteile einen gemeinsamen, in der Achse der Abtriebswelle (5) liegenden Schwerpunkt aufweisen.
2. Stirlingmotor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass doppelt wirkende Arbeitskolben (3) vorgesehen sind.
3. Stirlingmotor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Ausgleichsmasse (14) mit der Abtriebswelle (5) einstückig ausgebildet ist.
4. Stirlingmotor nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch die Verzahnung zwischen der außenverzahnten Kurbel (11) und dem innenverzahnten Hohlrad (13') Öl gefördert wird.
5. Stirlingmotor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurbel (11) in beiden Endabschnitten eine Außenverzahnung (12, 12') zum Eingriff in zwei endseitig angeordneten innenverzahnten Hohlrädern (13, 13') aufweist.
6. Stirlingmotor nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kurbel (11) zwischen den beiden Hohlrädern (13, 13') in den Ausgleichsmassen (14, 14'), vorzugsweise mittels Nadel- oder Rolllagern (16, 16'), exzentrisch zu der Abtriebswelle (5) gelagert ist.
7. Stirlingmotor nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgleichsmassen (14, 14') innenseitig zur Kurbel (11) und außenseitig zu einem drehfest angeordneten Gehäuse (9) gelagert sind, wobei ein Lager (15, 15'; 16, 16') ein Loslager und ein Lager (15, 15'; 16, 16') ein Festlager ist.
8. Biomassefeuerungsanlage (20) mit einer Brennkammer (19), **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Brennkammer (19) ein Stirlingmotor (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 vorgesehen ist.
9. Biomassefeuerungsanlage nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Arbeitszylinder (2) des Stirlingmotors (1) zur Erhitzung des Arbeitsgases vom Arbeitsgas durchströmte Erhitzerrohre (6) anschließen.
10. Biomassefeuerungsanlage nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stirlingmotor (1) modular in der Brennkammer (19) der Biomassefeuerungsanlage (20) integrierbar ist.

HIEZU 5 BLATT ZEICHNUNGEN

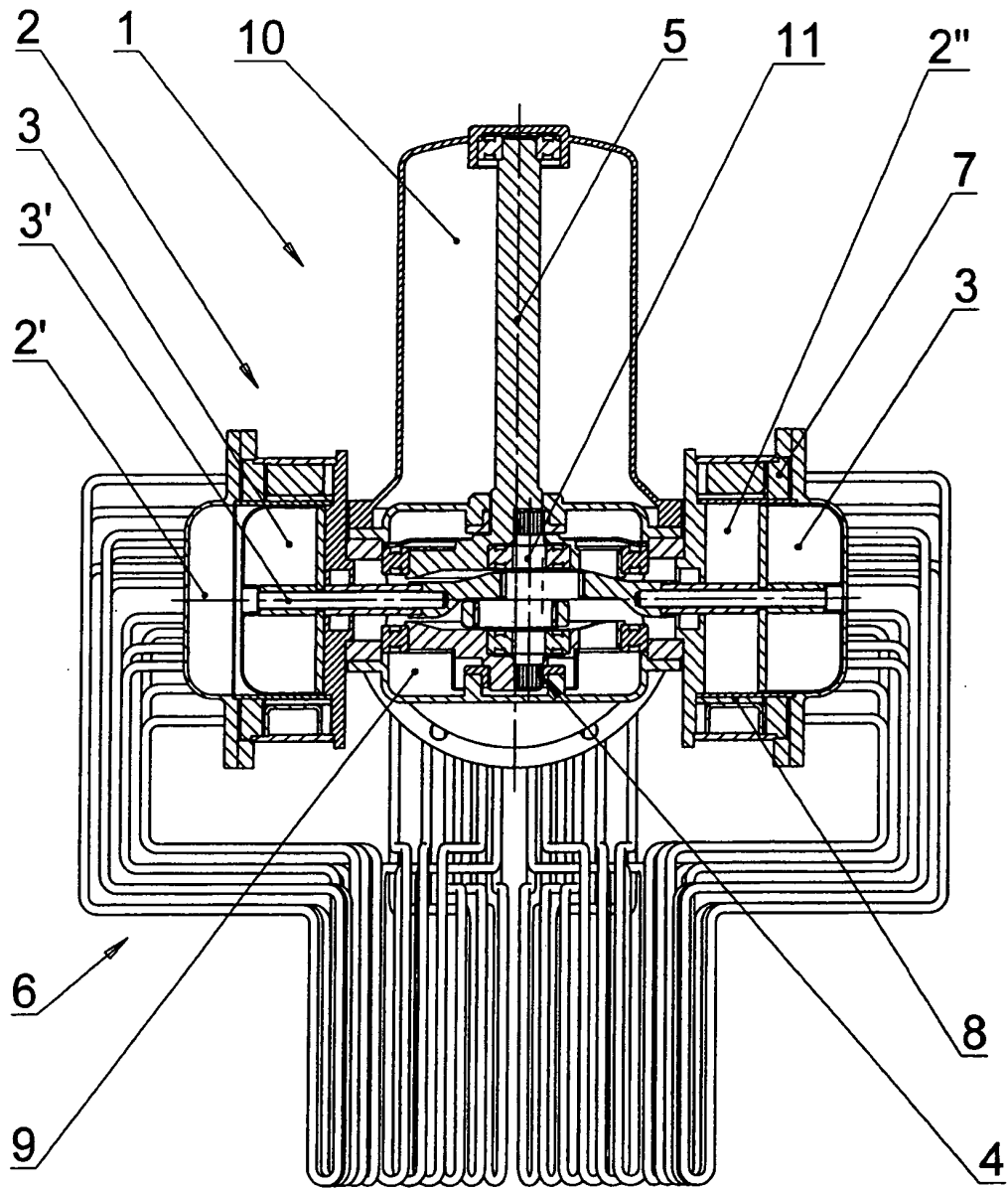


Fig. 1

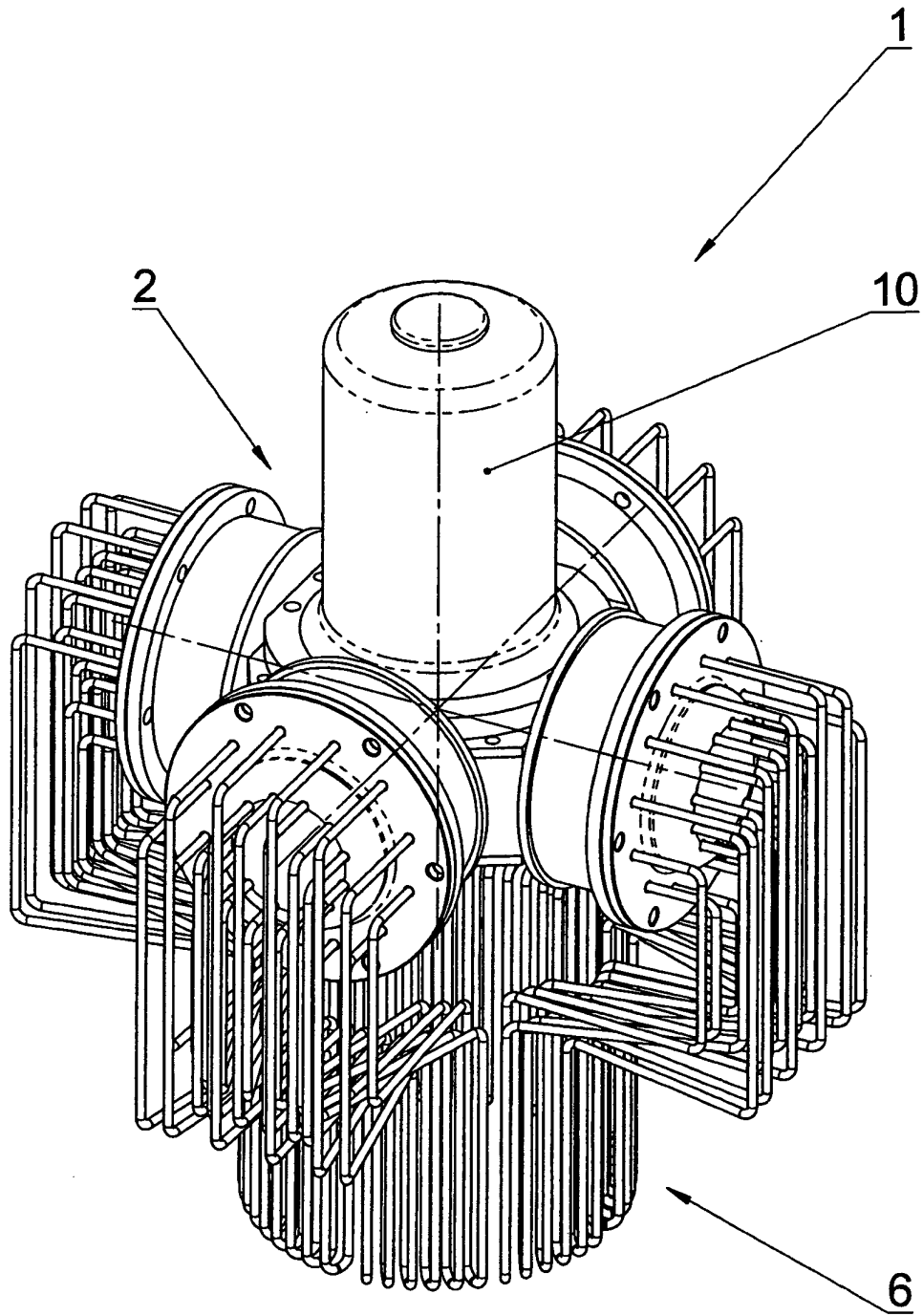


Fig. 2

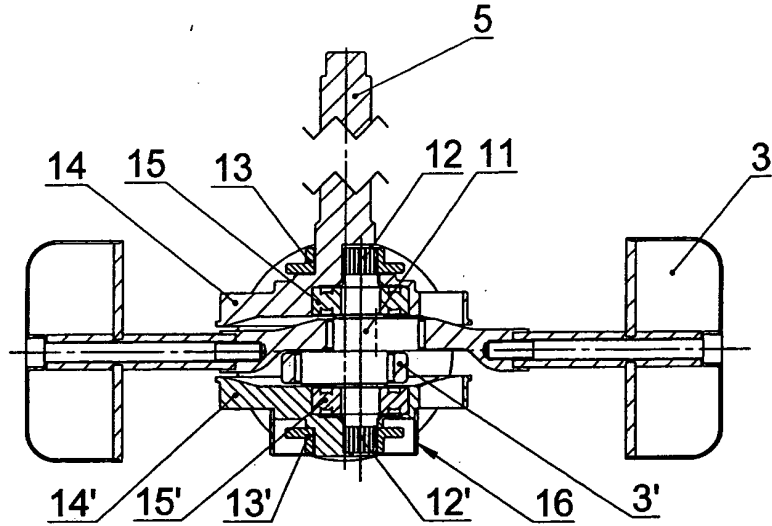


Fig. 4

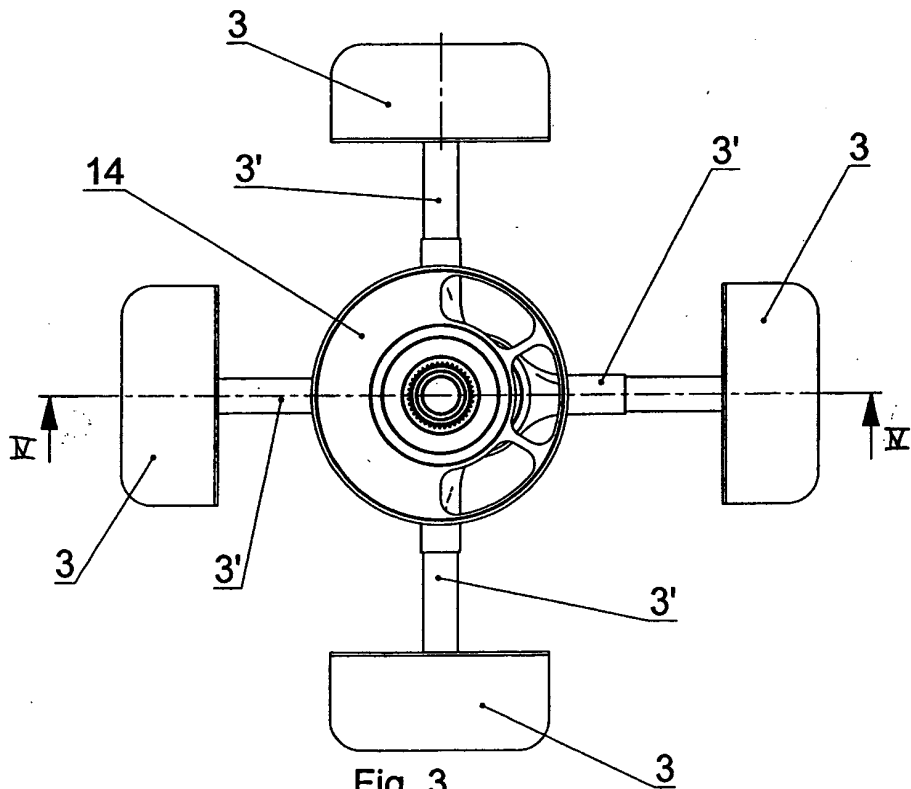


Fig. 3

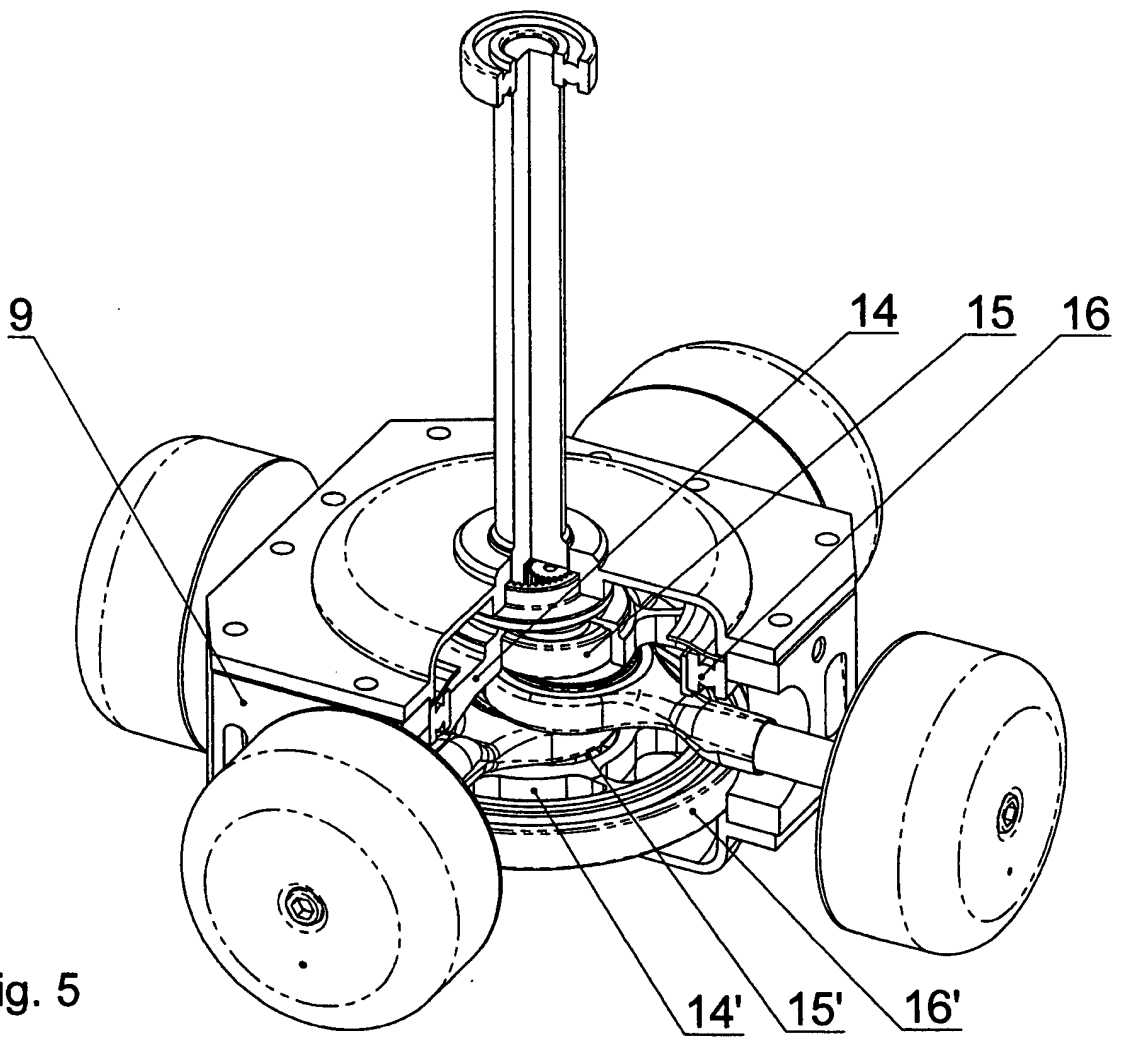


Fig. 5

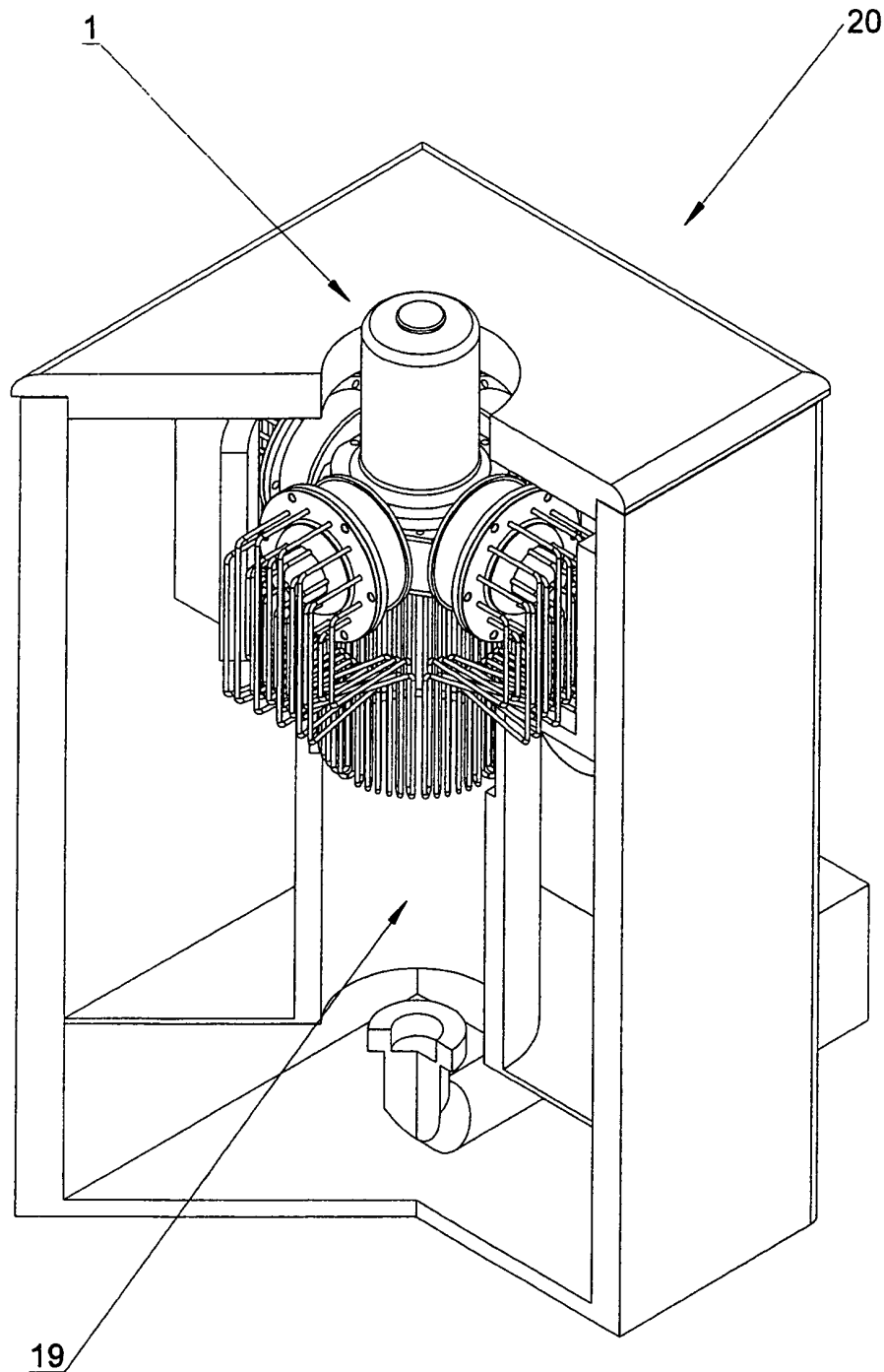


Fig. 6