



(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 389/2000
(22) Anmeldetag: 09.03.2000
(42) Beginn der Patentdauer: 15.09.2001
(45) Ausgabetag: 27.05.2002

(51) Int. Cl.⁷: **F01L 1/352**

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0903471A GB 649221A DE 3536919A
DE 4133408A EP 0396280A DE 19737623A
EP 0143368A US 4305352A DE 4110195A

(73) Patentinhaber:
TCG UNITECH AKTIENGESELLSCHAFT
A-4560 KIRCHDORF/KREMS, OBERÖSTERREICH
(AT).

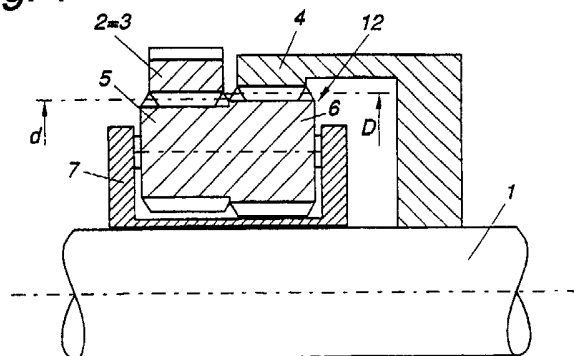
(72) Erfinder:
HEER SIEGFRIED ING.
KIRCHDORF/KREMS, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) VORRICHTUNG ZUR VERSTELLUNG EINER NOCKENWELLE

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verstellung einer Nockenwelle (1) einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung mit mindestens einem Elektromotor (8), der über ein Planetengetriebe die Verstellung der Nockenwelle (1) gegenüber einem Antriebsrad (2) bewirkt, wobei das Planetengetriebe ein erstes Hohlrad (3) und ein zweites Hohlrad (4) aufweist, sowie mindestens ein erstes Planetenrad (5), das mit dem ersten Hohlrad (3) in Eingriff steht und mindestens ein zweites Planetenrad (6), das mit dem zweiten Hohlrad (4) in Eingriff steht und das fest mit dem ersten Planetenrad (5) verbunden ist. Eine effiziente Stellung mit geringen Verstellmomenten wird dadurch erreicht, dass mehrere Planetensätze (12) vorgesehen sind, die jeweils aus einem ersten Planetenrad (5) und einem zweiten Planetenrad (6) bestehen, dass das Antriebsrad (2) mit dem ersten Hohlrad (3) fest verbunden ist, dass die Nockenwelle (1) mit dem zweiten Hohlrad (4) fest verbunden ist, dass das erste Planetenrad (5) und das zweite Planetenrad (6) einen geringfügig unterschiedlichen Durchmesser aufweisen und dass das erste Planetenrad (5) und das zweite Planetenrad (6) auf einem Planeten-

träger (7) gelagert sind, der konzentrisch zur Achse der Nockenwelle (1) und des Antriebsrades (2) gelagert ist.

Fig. 1



AT 409 030 B

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Verstellung einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung mit mindestens einem Elektromotor, der über ein Planetengetriebe die Verstellung der Nockenwelle gegenüber einem Antriebsrad bewirkt, wobei das Planetengetriebe ein erstes Hohlrad und ein zweites Hohlrad aufweist, sowie mindestens ein
 5 erstes Planetenrad, das mit dem ersten Hohlrad in Eingriff steht und mindestens ein zweites Planetenrad, das mit dem zweiten Hohlrad in Eingriff steht und das fest mit dem ersten Planetenrad verbunden ist.

Aus der EP-A 0 903 471 A ist eine Vorrichtung zur Verstellung der Nockenwelle einer Brennkraftmaschine bekannt, die ein Planetengetriebe umfasst. Das Übersetzungsverhältnis des Planetengetriebes ist jedoch bei dieser Vorrichtung beschränkt, sodass ein relativ großer Elektromotor eingesetzt werden muss, um das erforderliche Verstellmoment aufzubringen. Außerdem wirkt sich das Zahnflankenspiel des Planetengetriebes nachteilig auf das Betriebsgeräusch und die Lebensdauer der Vorrichtung aus.

Die DE 41 33 408 A zeigt eine Nockenwellenverstelleinrichtung mit einem Planetengetriebe, das zwei fest miteinander verbundene Hohlräder besitzt, die einen geringfügig unterschiedlichen Durchmesser aufweisen. Jedes der Hohlräder steht mit einem Planetenrad in Eingriff, wobei eines der Planetenräder mit der Nockenwelle und ein anderes mit dem Antriebsrad verbunden ist. Die beiden Hohlräder sind exzentrisch zur Achse der Nockenwelle und den Antriebsrädern in einer Hülse gelagert, die ihrerseits um die Nockenwellenachse drehbar gelagert ist. Wenn sich die Hülse mit der Drehzahl der Nockenwelle dreht, erfolgt keine Verstellung in Bezug auf das Antriebsrad.
 20 Durch Bremsen bzw. Beschleunigen der Hülse kann eine entsprechende Relativbewegung der Nockenwelle gegenüber dem Antriebsrad bewirkt werden. Bei einer solchen Vorrichtung ist es schwierig, die auftretenden Massenkkräfte zu beherrschen und es werden die Verzahnungen vergleichsweise stark beansprucht.

Des weiteren zeigt die EP 0 143 368 A ein Wellenkopplungssystem, das eine Relativverstellung zwischen einer Antriebswelle und einer Nockenwelle ermöglicht. Dabei sind zwei Planetengetriebe hintereinander geschaltet, indem die Planetenträger miteinander verbunden sind. Die Relativverstellung kann dadurch bewerkstelligt werden, dass die beiden konzentrisch zueinander abgeordneten Hohlräder gegeneinander verdreht werden. Bei dieser Vorrichtung sind jedoch auch im stationären Betrieb die Planetenräder in Bewegung, was entsprechende Verluste und Geräuschentwicklung zur Folge hat. Ähnliches gilt für ein Getriebe, wie es in der GB 649 221 A offenbart ist.

Die EP 396 280 A zeigt eine Nockenwellenverstelleinrichtung bei der ein Kettenrad fest mit einem Planetenträger verbunden ist. Auf dem Planetenträger sind Planetenräder mit zwei Zahnrädern unterschiedlichen Durchmessers gelagert von denen ein Zahnrad mit einem Zahnrad der Nockenwelle in Eingriff steht, während das andere Zahnrad mit einer Antriebswelle in Verbindung steht, die über einen Hebel oder dergleichen schwenkbar ist. Bei einem so aufgebauten Mechanismus ist das Planetengetriebe auch dann vollständig in Bewegung, wenn der Phasenwinkel der Nockenwelle nicht verändert wird. Dies hat eine entsprechende Abnutzung und Geräuschentwicklung zur Folge. Weiters sind die Reibungsverluste zufolge der mehrfachen Getriebeeingriffe relativ hoch.
 40

Eine ähnliche Lösung ist aus der US 4,305 352 A bekannt, bei der der Planetenträger eines Planetengetriebes motorisch verschwenkt werden kann. Die Nachteile einer solchen Lösung entsprechen den oben beschriebenen. Auch die DE 35 36 919 A zeigt ein Planetengetriebe, das im unverstellten Betrieb permanent arbeitet.

Eine weitere Lösung ist aus der DE 197 37 623 A bekannt. Dabei wird die Nockenwelle selektiv vom Kettenrad abgekoppelt, um eine Verstellung zu ermöglichen. Eine Betriebssicherheit ist bei einem solchen System schwer zu erreichen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und eine Vorrichtung der oben beschriebenen Art so weiterzubilden, dass eine sichere Verstellung mit geringen Verlusten erreicht wird, wobei das erforderliche Drehmoment möglichst gering sein soll.
 50

Erfindungsgemäß werden diese Aufgaben dadurch gelöst, dass mehrere Planetensätze vorgesehen sind, die jeweils aus einem ersten Planetenrad und einem zweiten Planetenrad bestehen, dass das Antriebsrad mit dem ersten Hohlrad fest verbunden ist, dass die Nockenwelle mit dem zweiten Hohlrad fest verbunden ist, dass ein erstes Übersetzungsverhältnis zwischen dem ersten Planetenrad und dem ersten Hohlrad und ein zweites Übersetzungsverhältnis zwischen dem
 55

zweiten Planetenrad dem zweiten Hohlrad geringfügig unterschiedlich voneinander sind und dass das erste Planetenrad und das zweite Planetenrad auf einem Planetenträger gelagert sind, der konzentrisch zur Achse der Nockenwelle und des Antriebsrades gelagert ist. Ein wesentliches Merkmal der vorliegenden Erfindung ist, dass im stationären Betrieb, das heißt dann, wenn keine
 5 Verstellung der Nockenwelle stattfindet, kein Abwälzen der Planetenräder in den Hohlrädern erfolgt. Auf diese Weise können die Verluste gering gehalten werden und auch die Geräuschentwicklung ist gering. Durch den erfindungsgemäßen Aufbau kann ein hohes Übersetzungsverhältnis erreicht werden, so dass ein Elektromotor mit relativ geringem Drehmoment verwendet werden kann. Das Übersetzungsverhältnis wird dabei umso größer, je geringer der Unterschied des wirk-
 10 samen Durchmessers der beiden Hohlräder ist. Der Elektromotor kann grundsätzlich als mitlaufender Elektromotor ausgebildet sein, wie dies in der EP 0 903 471 A beschrieben ist oder auch als feststehender Elektromotor, wie dies in der DE 41 10 195 A gezeigt ist. Indem mehrere Planetenräder in gleichmäßigen Winkelabständen um den Mittelpunkt angeordnet sind, ist es bei der erfindungsgemäßen Ausbildung ohne besondere Maßnahmen möglich, eine Drehung ohne auftretende freie Massen oder Momente zu bewirken.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass das Gehäuse des Elektromotors fest mit der Nockenwelle oder der Antriebswelle verbunden ist und dass der Elektromotor über Schleifringe mit Strom versorgt wird. Bei einer solchen Ausführungsvariante bedeutet ein Stillstand des Elektromotors, dass keine Verstellung der Nockenwelle gegenüber dem
 20 Antriebsrad bewirkt wird. Ein stationärer Betrieb ist damit auf einfache Weise möglich.

Alternativ dazu kann auch vorgesehen sein, dass der Stator des Elektromotors gehäusefest angeordnet ist. Bei einer solchen Ausführungsvariante muss der Elektromotor mit einer Drehzahl laufen, die proportional der Nockenwellendrehzahl ist. Eine Verstellung erfolgt dabei durch Beschleunigung oder Verzögerung des Elektromotors.

Das Zahnflankenspiel kann auf einfache Weise dadurch verringert oder völlig vermieden werden, dass die Planetensätze in Radialrichtung beweglich angeordnet sind. Auf diese Weise kann die Geräuschentwicklung weiter verringert werden. Besonders bevorzugt ist es in diesem Zusammen-
 25 hang, wenn die Planetensätze durch eine Feder an die Hohlräder andrückbar ausgebildet sind.

Eine konstruktiv besonders begünstigte Ausführungsvariante der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse des Elektromotors am Planetenträger befestigt ist. Bei dieser
 30 Ausführungsvariante läuft der Elektromotor als Ganzes um die Nockenwellenachse um, wobei vorzugsweise die Achsen der Planetenräder mit der Achse des Elektromotors zusammenfallen. Eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass der Elektromotor ein Ritzel trägt, das mit dem ersten Planetenrad oder dem zweiten Planetenrad in Eingriff steht. Auf diese Weise kann
 35 begünstigt ein feststehender Elektromotor verwendet werden, der ohne die Verwendung von Schleifringen angesteuert werden kann.

In einer besonderen Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass das erste Planetenrad und das zweite Planetenrad einstückig und mit der gleichen Verzahnung ausgebildet sind und dass mindestens ein Hohlrad eine Profilverschiebung aufweist. Dadurch können das erste
 40 Planetenrad und das zweite Planetenrad praktisch ununterscheidbar als einziges Zahnrad ausgebildet sein. Auf diese Weise kann das Ritzel des Elektromotors in beide Planetenräder eingreifen, wodurch eine festigkeitsmäßig besonders günstige Ausbildung erreicht wird. Durch die unterschiedliche Profilverschiebung der Hohlräder ergibt sich ein unterschiedlicher virtueller Abrolldurchmesser. Besonders vorteilhaft ist es in diesem Zusammenhang, wenn die Zähnezahlen des ersten
 45 Planetenrades und des zweiten Planetenrades gleich sind und dass die Zähnezahlen des ersten Hohlrades und des zweiten Hohlrades geringfügig unterschiedlich sind, wobei der Unterschied vorzugsweise genau so viele Zähne ausmacht wie Planetensätze vorgesehen sind. Sind beispielsweise zwei Planetensätze vorgesehen, so können die Hohlräder 100 bzw. 102 Zähne aufweisen, wodurch sich die Übersetzungsverhältnisse zwischen Planetenrad und erstem bzw. zweitem Hohl-
 50 rad nur wenig unterscheiden. Auf diese Weise kann das Übersetzungsverhältnis zwischen Elektromotor und Verstellbewegung sehr groß gemacht werden.

In der Folge wird die vorliegende Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen schematisch die

Fig. 1 eine allgemeine Darstellung der wesentlichen Teile einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die
 55

Fig. 2 und 3 Verzahnungsdiagramme unterschiedlicher Ausführungsvarianten der Erfindung und die

Fig. 4 eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung im Längsschnitt.

In der Fig. 1 ist schematisch eine allgemeine Situation dargestellt, die im wesentlichen für alle Ausführungsvarianten der Erfindung gilt. Eine Nockenwelle 1 wird durch ein Antriebsrad 2 angetrieben, das als Zahnriemenscheibe oder als Kettenrad ausgebildet sein kann. Das Antriebsrad 2 ist einstückig mit einem ersten Hohlrad 3 verbunden, während die Nockenwelle 1 mit einem zweiten Hohlrad 4 verdrehfest verbunden ist. Die Durchmesser d , D der Hohlräder 3, 4 sind geringfügig unterschiedlich, wobei beispielsweise der Durchmesser d des ersten Hohlrades 3 zwischen 96% und 98% des Durchmessers D des zweiten Hohlrades 4 betragen kann. Mit dem ersten Hohlrad 3 steht ein erstes Planetenrad 5 in Eingriff, das einstückig mit einem zweiten Planetenrad 6 ausgebildet ist, das mit dem zweiten Hohlrad 4 in Eingriff steht. Der aus dem ersten Planetenrad 5 und dem zweiten Planetenrad 6 gebildete Planetensatz 12 ist in einem Planetenträger 7 drehbar gelagert, der seinerseits auf der Nockenwelle 1 drehbar gelagert ist. Der Elektromotor zur Verstellung der Nockenwelle 1 ist in der Fig. 1 nicht dargestellt. Für die Anordnung des Elektromotors bestehen unter anderem folgende Ausführungsvarianten:

- a) Das Gehäuse des Elektromotors ist auf der Nockenwelle gelagert und der Elektromotor 8 verdreht den Planetenträger 7 in Bezug auf die Nockenwelle 1.
- b) Der Elektromotor ist feststehend angeordnet und treibt den Planetenträger 7 an. Eine Verstellbewegung findet dann statt, wenn der Elektromotor 8 schneller oder langsamer läuft als die Nockenwelle 1.
- c) Der Elektromotor 8 ist im Planetenträger 7 gelagert und treibt die Planetenräder 5 und 6 an.
- d) Der Elektromotor 8 ist mit der Nockenwelle 1 verbunden und steht mit einem Planetenrad 5, 6 in Eingriff.
- e) Der Elektromotor 8 ist feststehend und steht mit einem Planetenrad 5, 6 in Eingriff.

In dem Verzahnungsdiagramm von Fig. 2 ist die Variante c) dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Elektromotor 8 am Planetenträger befestigt ist und die Planetenräder 5, 6 direkt antreibt. Je nach den vorliegenden Kraftverhältnissen können zwischen drei und sieben Elektromotoren 8 und damit verbundene Planetensätze 12 vorgesehen sein, die aus Planetenrädern 5, 6 aufgebaut sind. Um das Zahnflankenspiel zu minimieren, könne im Planetenträger 7 Federn 9 vorgesehen sein, die die Planetensätze 12 an die Hohlräder 3, 4 andrücken. Die Versorgung der Elektromotoren 8 erfolgt bei dieser Lösung über nicht dargestellte Schleifringe.

Bei der schematisch in Fig. 3 dargestellten Ausführungsvariante treibt ein stillstehender Elektromotor 8 den Planetenträger 7 direkt an. Eine Nockenwellenverstellung erfolgt durch ein Beschleunigen bzw. Verzögern der Bewegung des Elektromotors 8 gegenüber der Nockenwelle 1.

Bei der Ausführungsvariante von Fig. 4 treibt der Elektromotor 8, der sowohl feststehend ausgeführt sein kann, als auch mit der Nockenwelle 1 verbunden sein kann über ein Ritzel 11 das zweite Planetenrad 6 an. Der Planetenträger ist in dieser Figur zur Vereinfachung der Darstellung nicht abgebildet. Da das Ritzel 11 einen geringen Durchmesser aufweist, wird ein großes Übersetzungsverhältnis erreicht.

Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, die Verstellung einer Nockenwelle in Bezug auf ein Antriebsrad auf einfache Weise mit relativ geringen Verstellmomenten zu erreichen. Die Reibungsverluste sind gering und die Geräuschentwicklung begrenzt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Vorrichtung zur Verstellung einer Nockenwelle (1) einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung mit mindestens einem Elektromotor (8), der über ein Planetengetriebe die Verstellung der Nockenwelle (1) gegenüber einem Antriebsrad (2) bewirkt, wobei das Planetengetriebe ein erstes Hohlrad (3) und ein zweites Hohlrad (4) aufweist, sowie mindestens ein erstes Planetenrad (5), das mit dem ersten Hohlrad (3) in Eingriff steht und mindestens ein zweites Planetenrad (6), das mit dem zweiten Hohlrad (4) in Eingriff steht und das fest mit dem ersten Planetenrad (5) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass

- mehrere Planetensätze (12) vorgesehen sind, die jeweils aus einem ersten Planetenrad (5) und einem zweiten Planetenrad (6) bestehen, dass das Antriebsrad (2) mit dem ersten Hohlrad (3) fest verbunden ist, dass die Nockenwelle (1) mit dem zweiten Hohlrad (4) fest verbunden ist, dass ein erstes Übersetzungsverhältnis zwischen dem ersten Planetenrad (5) und dem ersten Hohlrad (3) und ein zweites Übersetzungsverhältnis zwischen dem zweiten Planetenrad (6) dem zweiten Hohlrad (4) geringfügig unterschiedlich voneinander sind und dass das erste Planetenrad (5) und das zweite Planetenrad (6) auf einem Planetenträger (7) gelagert sind, der konzentrisch zur Achse der Nockenwelle (1) und des Antriebsrades (2) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse des Elektromotors (8) fest mit der Nockenwelle (1) oder der Antriebswelle verbunden ist und dass der Elektromotor (8) über Schleifringe mit Strom versorgt wird.
 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Stator des Elektromotors (8) gehäusefest angeordnet ist.
 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Planetensätze (12) in Radialrichtung beweglich angeordnet sind.
 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Planetensätze (12) durch Federn (9) an die Hohlräder (3, 4) andrückbar ausgebildet sind.
 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse des Elektromotors (8) am Planetenträger (7) befestigt ist.
 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Elektromotor (8) ein Ritzel (11) trägt, das mit dem ersten Planetenrad (5) oder dem zweiten Planetenrad (6) in Eingriff steht.
 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Planetenrad (5) und das zweite Planetenrad (6) einstückig und mit der gleichen Verzahnung ausgebildet sind und dass mindestens ein Hohlrad (3, 4) eine Profilverschiebung aufweist.
 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zähnezahlen des ersten Planetenrades (5) und des zweiten Planetenrades (6) gleich sind und dass die Zähnezahlen des ersten Hohlrades (3) und des zweiten Hohlrades (4) geringfügig unterschiedlich sind, wobei der Unterschied vorzugsweise genau so viele Zähne ausmacht wie Planetensätze (12) vorgesehen sind.
 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen drei und sieben Planetensätze (12) vorgesehen sind, die jeweils aus einem ersten Planetenrad (5) und einem zweiten Planetenrad (6) bestehen, die einen geringfügig unterschiedlichen Durchmesser aufweisen.

HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN

Fig. 1

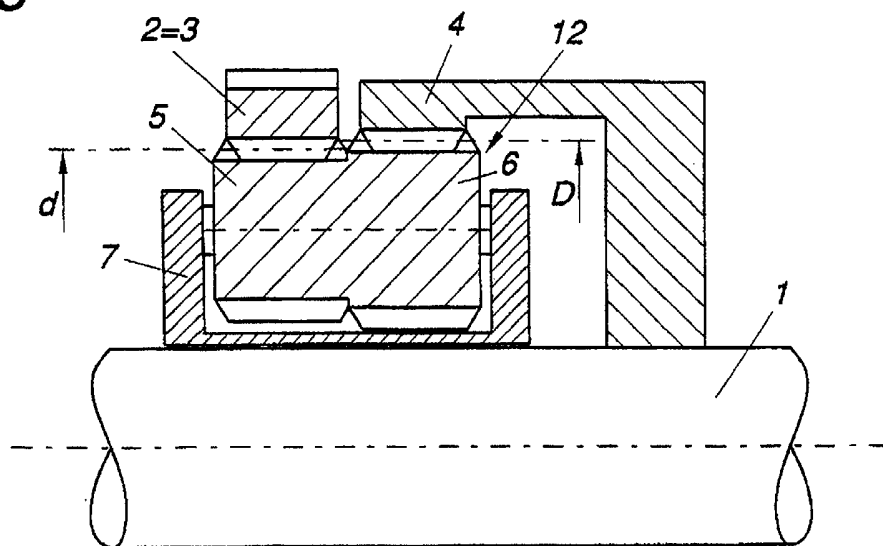


Fig. 4

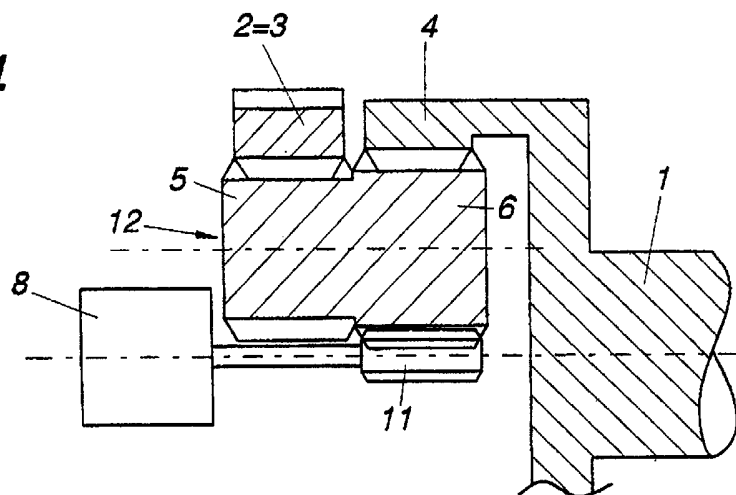


Fig. 2

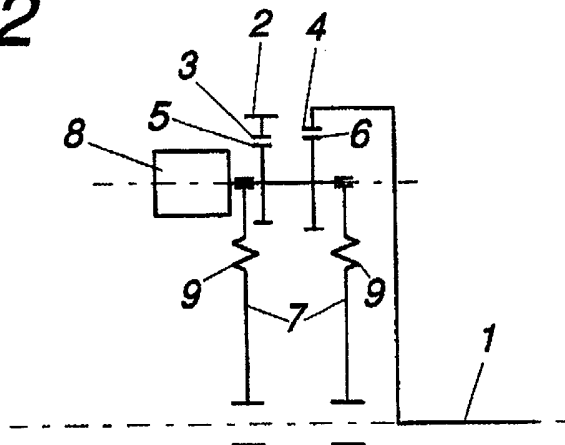


Fig. 3

