



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.08.2001 Patentblatt 2001/35

(51) Int Cl.7: **F01L 13/00, F01L 1/34**

(21) Anmeldenummer: **01102431.2**

(22) Anmeldetag: **03.02.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Breidenbach, Paul, Dipl.-Ing.**
55234 Bechenheim (DE)

(74) Vertreter: **Daniel, Ulrich W.P. et al**
Adam Opel AG
Patentwesen 80-34
65423 Rüsselsheim (DE)

(30) Priorität: **12.02.2000 DE 10006365**

(71) Anmelder: **ADAM OPEL AG**
65423 Rüsselsheim (DE)

(54) **Variable Ventilsteuerung für Hubkolben-Brennkraftmaschinen**

(57) Für eine variable Ventilsteuerung mit Betätigung der Einlassventile über eine Öffnungsnockenwelle (5) und eine Schließnockenwelle (6) wird ein Verstellgetriebe (12) vorgeschlagen, welches besonders geringe

Raumerfordernisse hat, beliebig weite Verstellwege zulässt und Vorteile im Geräuschverhalten aufweist. Das Verstellgetriebe (12) wird von Umlaufrädergetrieben gebildet, deren Elemente im Wesentlichen axial auf den Nockenwellen (5, 6) konzentriert sind.

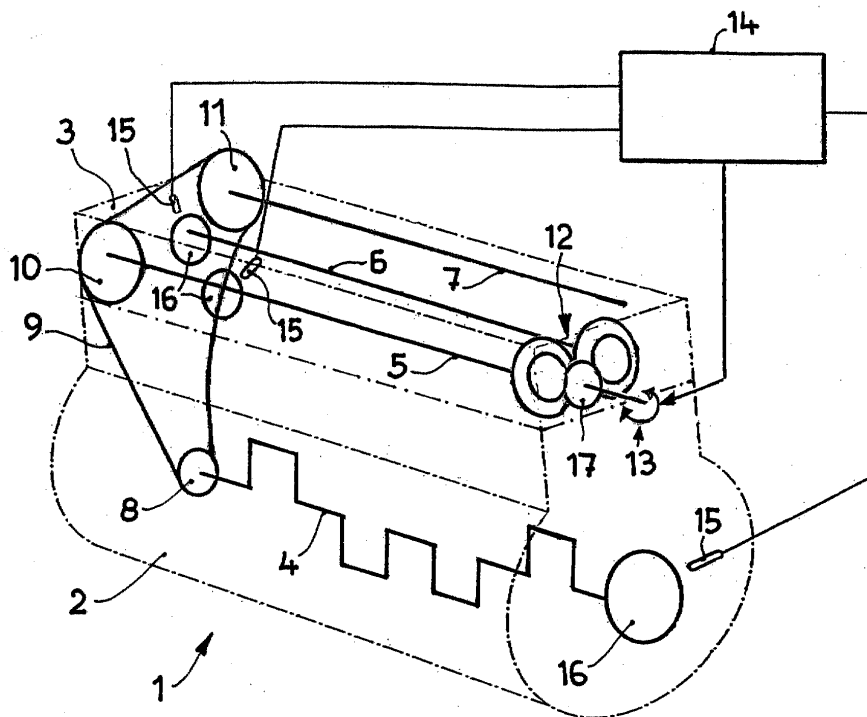


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine variable Ventilsteuerung für Hubkolbenbrennkraftmaschinen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Variable Ventilsteuerungen dieser Art sind zum Beispiel aus DE 42 44 550 A1 bekannt. Sie sind insbesondere auf eine drosselfreie Laststeuerung von Ottomotoren durch Verändern des Hubes und/oder der Öffnungsdauer der Einlassventile ausgerichtet. Dazu sind zur Betätigung der Einlassventile eine Öffnungsnockenwelle und eine Schließnockenwelle vorgesehen, die gegensinnig zu einander drehen und über Nocken und Hebel auf das Ventil einwirken. Durch Verdrehen der Nockenwellen gegeneinander kann der Hub und die Öffnungsdauer während des Betriebs der Brennkraftmaschine in weiten Bereichen verändert werden.

[0003] Zur Verdrehung der beiden die Einlassventile steuernden Nockenwellen gegeneinander ist bei diesen bekannten Ventilsteuerungen ein vierrädriges Koppelgetriebe vorgesehen, dessen Antriebsrad mit der von der Kurbelwelle angetriebenen ersten Nockenwelle und dessen Abtriebsrad mit der relativ zur ersten Nockenwelle zu verdrehenden zweiten Nockenwelle drehfest verbunden ist. Die Antriebsverbindung zwischen Antriebs- und Abtriebsrad ist über zwei Zwischenräder hergestellt, die über Koppeln miteinander und mit Antriebs- und Abtriebsrad in Eingriff gehalten sind. Durch Verschwenken der Koppeln um die beiden Achsen der Nockenwellen wird die relative Verdrehung der Nockenwellen gegeneinander erreicht. Das Verschwenken der Koppeln erfolgt durch ein Stellglied, das von einem Stellmotor beaufschlagt ist.

[0004] Ein derartiges Koppelgetriebe erfordert im Bereich der einen Stirnseite des Zylinderkopfes der Brennkraftmaschine erheblichen Bauraum, da die Koppeln selbst, das auf sie wirkende Stellglied und dessen Antrieb sowie die an den Koppeln befestigten Zwischenräder außerhalb der Achsen der Nockenwellen angeordnet sein müssen.

[0005] Mit DE 197 47 011 A1 sowie mit DE 197 47 031 A1 werden zwar Vorschläge gemacht, wie der Bauraum für ein solches Verstellgetriebe zu reduzieren ist, in dem als Stellglied ein axial zum Verstellgetriebe versetztes Stellrad vorgesehen wird bzw. dass das Stellrad als unabhängig von den Nockenwellen parallel und versetzt zu diesen gelagertes Stellrad mit Exzenter ausgebildet ist, welches über ein Pleuel mit dem Verstellgetriebe verbunden ist. Der damit erzielbare Raumgewinn ist jedoch gering.

[0006] Trotz des erheblichen Raumbedarfs für das Koppelgetriebe ist dessen Verstellbereich begrenzt, da die Koppeln nur einen begrenzten Schwenkwinkel auslenkbar sind.

[0007] Da bei dem bekannten Ventiltrieb das Koppelgetriebe mit außen verzahnten Stirnrädern gebildet ist, die darüber hinaus nicht beliebig groß ausgebildet werden können, ergeben sich durch den relativ geringen

realisierbaren Überdeckungsgrad der Verzahnung erhebliche Zahnspiele, welche das Verstellverhalten des Ventiltriebes negativ beeinflussen und zu Geräuschen führen. Es wird daher in der genannten Druckschrift DE 42 44 550 A1 vorgeschlagen, die Räder des Koppelgetriebes mit Schrägverzahnung zu versehen, sie axial zu teilen und die Teilträder gegeneinander zu verspannen.

[0008] Als eine weitere Maßnahme ist vorgeschlagen, den Koppelrädern Reibräder zuzuordnen, die mit geringer Drehzahldifferenz vor- oder nacheilen und so die Verzahnungen unter Vorspannung halten.

[0009] Diese zusätzlich erforderlichen Maßnahmen erhöhen den Bauraumbedarf für diese bekannten Ventilsteuerungen weiter. Sie führen darüber hinaus zu einem hohen Bauaufwand, der die Ventilsteuerung nicht unwesentlich verteuert.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine variable Ventilsteuerung der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 dargestellten Art so zu verbessern, dass der Bauraum für das Verstellgetriebe zwischen der Öffnungs- und Schließnockenwelle der Einlassventile reduziert werden kann, die Funktionssicherheit hinsichtlich des Zahnspiels im Verstellgetriebe erhöht wird, der Bauaufwand und damit die Kosten für das Verstellgetriebe reduziert werden und darüber hinaus ein größerer Verstellbereich ermöglicht wird.

[0011] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

[0012] Die Unteransprüche haben besonders vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung zum Gegenstand.

[0013] Durch die im Wesentlichen koaxiale Anordnung eines Hohlrades und eines darin eingreifenden Stellrades zur Bildung eines Verstellgetriebes zum Verstellen der gegeneinander zu verstellenden Nockenwellen liegt an den in Eingriff befindlichen Verzahnungen eine sehr viel größere Überdeckung vor, als dies mit nur außen verzahnten Rädern möglich ist. Durch den hohen Überdeckungsgrad kann das Zahnspiel vorteilhaft klein gehalten werden. Die im Wesentlichen koaxiale Anordnung aller für die Verstellung erforderlichen Getriebeteile auf den Achsen der gegeneinander zu verstellenden Nockenwellen - lediglich die exzentrische Lagerung des Stellrades weicht geringfügig von dieser koaxialen Anordnung ab - macht eine sehr kompakte Bauweise des Verstellgetriebes möglich, da keine außerachsigen Koppelglieder erforderlich sind.

[0014] Die auf die Hohlräder und damit auf die Winkellage der Nockenwellen wirkenden Stellräder können von außen her durch ein Verstellrad beliebig verdreht werden. Damit ist auch eine beliebig große Winkelverstellung der Nockenwellen gegeneinander möglich.

[0015] In besonders vorteilhafter Weise kann jeweils das mit dem fest auf den Nockenwellen verbundenen Hohlrad kämmende Stellrad mit einer zweiten Verzahnung versehen sein. Diese zweiten Verzahnungen beider Stellräder an den Nockenwellen stehen miteinander

in Eingriff, so dass ein zusätzliches Bauteil für die Koppelung der beiden Nockenwellen nicht erforderlich ist.

[0016] Durch die Anordnung einer an sich bekannten Stellvorrichtung zur Drehwinkelverstellung von Wellen, wie eine solche zum Beispiel in DE 36 19 956 dargestellt ist, am kurbelwellenseitigen Antrieb der die Einlassventile steuernden Nockenwelle und/oder am Antrieb der Auslassnockenwelle kann über die Verstellbarkeit von Hub und Öffnungsdauer der Einlassventile hinaus auch der Öffnungs- und Schließpunkt der Einlass- und/oder der Auslassventile verändert werden. Somit bestehen weitgehende Eingriffsmöglichkeiten auf den motorischen Prozess mit Beeinflussung von Leistung, Drehmoment, Abgasverhalten usw.

[0017] Weitere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lösungen zusammen mit ihren Wirkungen werden in der Darlegung eines Ausführungsbeispiels erläutert.

[0018] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand einer Zeichnung dargelegt. Es zeigen

Fig. 1 die schematische Darstellung einer Hubkolben-Brennkraftmaschine mit einer variablen Ventilsteuerung;

Fig. 2 einen Schnitt durch ein Verstellgetriebe für eine variable Ventilsteuerung;

Fig. 3 eine schematisierte Darstellung einer Ausgangsposition des Verstellgetriebes nach Figur 2;

Fig. 4 eine schematisierte Darstellung einer gegenüber der Ausgangsposition nach Figur 3 verstellten Position des Verstellgetriebes nach Figur 2.

[0019] Eine Hubkolbenbrennkraftmaschine 1 weist ein Zylinderkurbelgehäuse 2 und einen Zylinderkopf 3 auf. Im Zylinderkurbelgehäuse 2 befindet sich eine Kurbelwelle 4. Im Zylinderkopf 3 sind zur Betätigung von Einlassventilen eine Öffnungsnockenwelle 5 und eine Schließnockenwelle 6 sowie zur Betätigung der Auslassventile eine Auslassnockenwelle 7 gelagert. Auf der Kurbelwelle 4 befindet sich ein Antriebsrad 8, welches über eine Kette 9 mit dem Nockenwellenantriebsrad 10 auf der Öffnungsnockenwelle 5 sowie mit dem Nockenwellenantriebsrad 11 auf der Auslassnockenwelle 7 verbunden ist.

[0020] Die Öffnungsnockenwelle 5 und die Schließnockenwelle 6 sind über ein Verstellgetriebe 12 miteinander verbunden. Die Art dieser Verbindung wird im Folgenden bei der Darstellung des Verstellgetriebes 12 näher beschrieben.

[0021] Auf das Verstellgetriebe 12 wirkt ein Stellmotor 13 ein, der von einem Steuergerät 14 angesteuert wird. Das Steuergerät 14 verarbeitet dazu unter anderem Si-

gnale von Sensoren 15, welche an Phasenrädern 16, die an der Kurbelwelle 4 der Öffnungsnockenwelle 5 und der Schließnockenwelle 6 befestigt sind und deren Winkelstellung erkennen.

[0022] Das Steuergerät 14 kann damit in an sich bekannter Weise in Abhängigkeit vom Fahrerwunsch und den sonstigen Fahrzeug- und Motorparametern die optimalen Öffnungsparameter (Öffnungsbeginn, Öffnungsdauer, Öffnungshub) der Einlassventile bestimmen und einen entsprechenden Stellbefehl an den Stellmotor 13 geben.

[0023] Mit dem Stellmotor 13 wird ein Verstellrad 17 des Verstellgetriebes 12 so verstellt, dass damit die Öffnungsnockenwelle 5 und die Schließnockenwelle 6 in eine Winkelposition zueinander gelangen, bei der die optimalen Öffnungsparameter der Einlassventile realisiert sind. Dieses Verstellen mittels des Verstellgetriebes 12 erfolgt ständig während des motorischen Betriebs der Brennkraftmaschine 1.

[0024] Dazu ist an den an der abtriebsseitigen Stirnseite befindlichen Enden der Öffnungsnockenwelle 5 und der Schließnockenwelle 6 jeweils ein Hohlrad 18 des Verstellgetriebes 12, welches eine Innenverzahnung 19 aufweist, drehfest befestigt. Konzentrisch zu diesem Hohlrad 18 ist auf jeder der beiden Nockenwellen 5, 6 ein Exzenterstück 20 drehbar gelagert. Jedes dieser Exzenterstücke 20 bildet zur jeweiligen Achse 21 der Nockenwellen 5, 6 eine um das Maß e exzentrische Lagerfläche 22 um die Exzenterachse 23. Auf dieser Lagerfläche 22 ist jeweils ein Stellrad 24 drehbar gelagert. Die Stellräder 24 sind jeweils mit einer ersten Verzahnung 25 kleineren Durchmessers und mit einer zweiten Verzahnung 26 größeren Durchmessers versehen. Die Verzahnung 25 mit dem kleineren Durchmesser steht in Eingriff mit der Innenverzahnung 19 des jeweiligen Hohlrades 18. Die größeren Verzahnungen 26 beider Stellräder 24 sind in gegenseitigem Eingriff.

[0025] Jedes der beiden Exzenterstücke 20 hat eine konzentrisch zu den Achsen 21 der Nockenwellen 5, 6 verlaufende Verstellverzahnung 27, die als Außenverzahnung ausgeführt ist und im Durchmesser kleiner als die Verzahnung 26 der Stellräder 24 ist. In die Verstellverzahnungen 27 beider Exzenterstücke 20 greift eine Verzahnung 28 des Verstellrades 17 ein.

[0026] Über die beiden Stellräder 24 sind die beiden die Einlassventile betätigenden Nockenwellen 5, 6 drehverbunden. Das von der Öffnungsnockenwelle 5 kommende Drehmoment gelangt von der Innenverzahnung 19 des Hohlrades 18 dieser Welle 5 auf die erste Verzahnung 25 des an der Öffnungsnockenwelle 5 befindlichen Stellrades 24 und wird über die zweiten Verzahnungen 26 auf das an der Schließnockenwelle 6 befindliche Stellrad 24 übertragen, dessen erstere Verzahnung 25 mit der Innenverzahnung 19 des Hohlrades 18 der Schließnockenwelle 6 in Eingriff steht.

[0027] Da die Zähnezahlen der gleichbenannten Verzahnungen 19, 25, 26 an beiden Nockenwellenseiten gleich sind, besteht zwischen den beiden Nockenwellen

5, 6 eine Übersetzung von 1:1, das heißt, beide Nockenwellen 5, 6 laufen mit gleicher Drehzahl um.

[0028] Die beiden Exzenter Teile 20 laufen dabei nicht mit um. Sie können jedoch mittels des Verstellrades 17 über die Verstellverzahnungen 27 gleichsinnig um die jeweilige Achse 21 der Nockenwellen 5, 6 gedreht werden. Dabei bewegt sich jeweils die Exzenterachse 23 auf einer Bahn 29 um die Achse 21 der entsprechenden Nockenwelle 5, 6 (Figur 3 und Figur 4).

[0029] Die Figuren 3 und 4, in denen die Teilkreise der Innenverzahnungen 19 der Hohlräder 18 sowie der Verzahnungen 25, 26 der Stellräder 24 dargestellt sind, verdeutlichen den Verstellvorgang der einen Nockenwelle 6 gegenüber der anderen Nockenwelle 5.

[0030] In Figur 3 ist eine Ausgangs-Position dargestellt, bei der die Position von Stellrädern 24 und Hohlrädern 18 mit den Marken 30, 31, 32, 33 und 34 in einer Linie markiert ist. Unter der Annahme, dass die Öffnungsnockenwelle 5 festgehalten ist, wird durch gleichsinniges Verdrehen der beiden Exzenter Teile 20 um einen bestimmten Drehwinkel eine Position nach Figur 4 eintreten, bei der die Exzenterachsen 23 auf der Bahn 29 um 90° gewandert sind. Dabei hat sich auf der Seite der Öffnungsnockenwelle 5 die Verzahnung 25 des Stellrades 24 an der Innenverzahnung 19 des Hohlrades 18 so abgewälzt, dass die Markierung 30 um einen bestimmten Winkel aus der Geraden ausgelenkt ist. In gleichem Maße ist auf dem größeren Durchmesser der zweiten Verzahnung 26 die Markierung 31 ausgelenkt. Dieser Auslenkung entsprechend ist auch die an der Verzahnung 26 des Stellrades 24 auf der Seite der Schließnockenwelle 6 befindliche Marke 32 ausgelenkt. Um den gleichen Winkelbetrag wie die Marke 32 ist somit auch die Marke 34 ausgelenkt. Durch das dadurch bedingte Abwälzen der Verzahnung 25 an der Innenverzahnung 19 auf der Seite der Schließnockenwelle 6 wird die Marke 33 und damit die Schließnockenwelle 6, gegenüber der Öffnungsnockenwelle 5, um einen bestimmten Winkel verdreht.

[0031] Dieser Verstellvorgang ist auch bei rotierenden Nockenwellen 5, 6 in beiden Richtungen in beliebig großem Verstellbereich möglich. Durch die im Wesentlichen auf den Achsen 21 der beiden zueinander verstellbaren Nockenwellen 5, 6 angeordneten Elemente des Verstellgetriebes 12 wird gegenüber bekannten Lösungen wenig Bauraum beansprucht. Durch den infolge des Eingriffs der Stellräder 24 in die Innenverzahnungen 19 der Hohlräder 18 gewährleisteten hohen Überdeckungsgrad der Verzahnungen wird eine hohe Funktionssicherheit auch hinsichtlich des Geräuschverhaltens erzielt.

Patentansprüche

1. Variable Ventilsteuerung für Hubkolben-Brennkraftmaschinen mit einer Öffnungsnockenwelle und einer Schließnockenwelle zum Betätigen von Ein-

lassventilen und zumindest einer weiteren Nockenwelle zum Betätigen von Auslassventilen, wobei die Öffnungsnockenwelle und die Schließnockenwelle in ihrer Drehlage zueinander mittels eines Verstellgetriebes, welches durch einen von einem Steuergerät in Abhängigkeit von Motor- und/oder Fahrzeugparametern angesteuerten Stellmotor beaufschlagt ist, veränderbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verstellgetriebe (12) aus Umlaufrädergetrieben mit jeweils zumindest einem Hohlrad (18) und einem darin eingreifenden exzentrisch zum Hohlrad (18) gelagerten Stellrad (24) gebildet ist, wobei die Elemente der Umlaufrädergetriebe jeweils an den an einer gemeinsamen Stirnseite der Brennkraftmaschine (1) befindlichen Enden der beiden die Einlassventile betätigenden Nockenwellen (5, 6) im Wesentlichen coaxial zu diesen Nockenwellen (5, 6) angeordnet sind und die Stellräder (24) von einem gemeinsamen mit dem Stellmotor (13) verbundenen Verstellrad (17) beaufschlagt sind.

2. Variable Ventilsteuerung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das aus Umlaufrädern gebildete Verstellgetriebe (12) besteht aus jeweils einem an der Öffnungsnockenwelle (5) und einem an der Schließnockenwelle (6) drehfest verbundenen Hohlrad (18) mit einer Innenverzahnung (19), jeweils einem auf jeder dieser Nockenwellen (5, 6) coaxial und drehbar gelagerten Exzenter Teil (20) mit einer exzentrisch zur jeweiligen Achse (21) der Nockenwelle (5, 6) verlaufenden Lagerfläche (22) sowie jeweils einer zentrisch zur Achse (21) liegenden Verstellverzahnung (27), jeweils einem auf jeder der Lagerflächen (22) der Exzenter Teile (20) drehbar gelagerten Stellrad (24), wobei jedes der Stellräder (24) mit einer ersten in Eingriff mit der Innenverzahnung (19) des zugehörigen Hohlrades (18) stehenden Verzahnung (25) sowie einer zweiten Verzahnung (26) versehen ist, die zweiten Verzahnungen (26) der beiden Stellräder (24) miteinander in Eingriff stehen und wobei die beiden Exzenter Teile (20) von dem gemeinsamen Verstellrad (17) des Stellmotors (13) gleichsinnig verdrehbar sind.

3. Variable Ventilsteuerung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Antrieb der Öffnungs- (5) bzw. Schließnockenwelle (6) für die Einlassventile und/oder der Nockenwelle (7) für die Auslassventile von der Kurbelwelle (4) der Brennkraftmaschine (1) weitere an sich bekannte Verstellvorrichtungen zur Drehwinkelverstellung vorgesehen sind.

4. Variable Ventilsteuerung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest an der Öffnungsnockenwelle (5),

an der Schließnockenwelle (6) und an der Kurbelwelle (4) der Brennkraftmaschine (1) Phasengeberäder (16) und darauf gerichtete Sensoren (15) vorgesehen sind, wobei die Winkellage der Phasengeberäder (16) von einem Steuergerät (14) in Verbindung mit weiteren Motor- und Fahrzeugparametern zur Ansteuerung des Stellmotors (13) ausgewertet werden.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

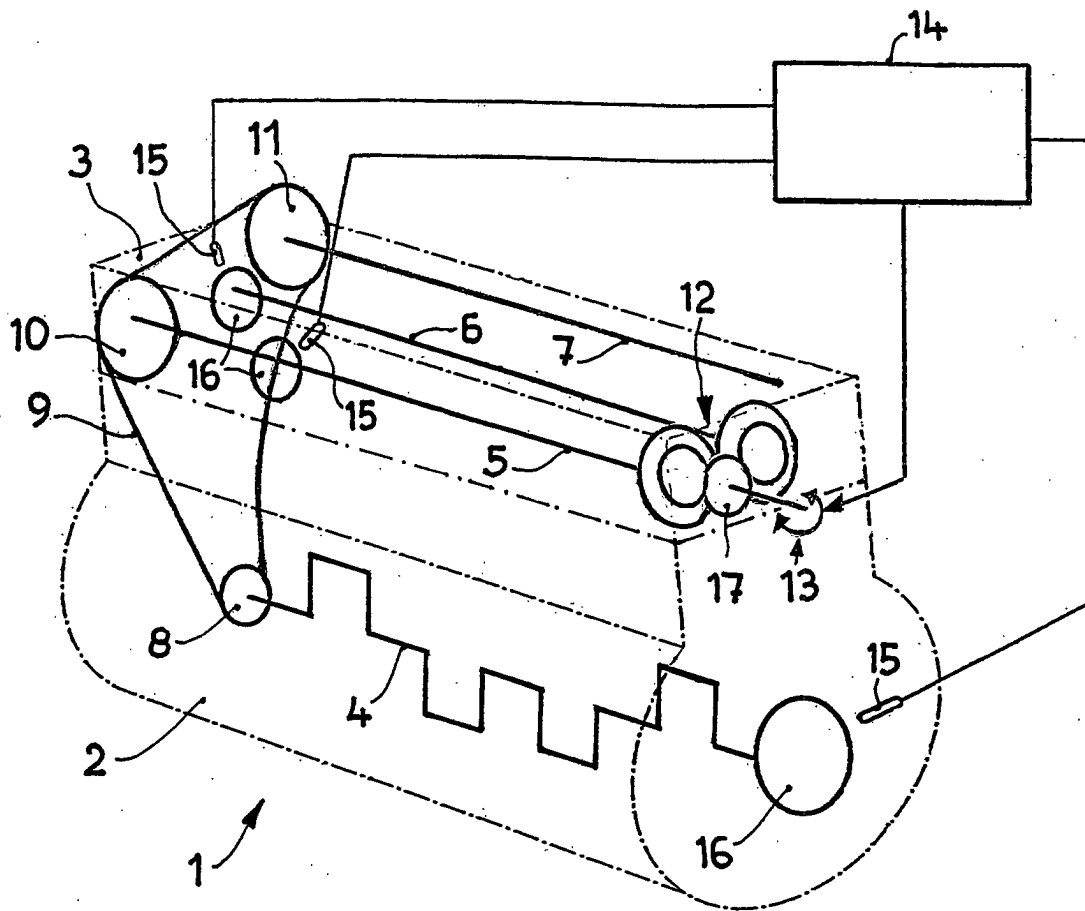


Fig. 1

