



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 874 135 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.08.2004 Patentblatt 2004/34

(51) Int Cl.7: **F01D 13/00**, F02D 13/04

(21) Anmeldenummer: **98105362.2**

(22) Anmeldetag: **25.03.1998**

(54) **Brennkraftmaschine und Betriebsverfahren**

Internal combustion engine and method of operation

Moteur à combustion interne et procédé de fonctionnement

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **23.04.1997 DE 19717068**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.10.1998 Patentblatt 1998/44

(73) Patentinhaber: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Ballmann, Rainer**
54655 Malbergweich (DE)

- **Enderle, Christian**
73666 Baltmannsweiler (DE)
- **Maute, Kurt**
71067 Sindelfingen (DE)
- **Vent, Guido**
67346 Speyer (DE)
- **Willand, Jürgen**
70329 Stuttgart (DE)
- **Wunderlich, Klaus**
71334 Waiblingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 814 484 DE-A- 19 614 923
US-A- 5 088 460 US-A- 5 379 737

EP 0 874 135 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine und eine Brennkraftmaschine zum Durchführen des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Im Schubbetrieb können zwei grundsätzlich entgegengesetzte Aufgaben unterschieden werden, und zwar ein möglichst kleines Motorbremsmoment zu erreichen, um beispielsweise verbrauchsoptimal den Schwung des Fahrzeugs auszunutzen, und ein angemessenes Motorbremsmoment, um beispielsweise im Gefälle die übrigen Bremsfunktionen zu unterstützen.

[0003] Diese Aufgaben werden durch eine aus der DE 3428627 A1 bekannten Brennkraftmaschine gelöst. Das Motorbremsmoment ist durch eine die Abgase stauende Drosselklappe auf der Auslaßseite regelbar. Ferner ist jedem Gasauslaßventil eine Begrenzungseinrichtung zugeordnet, die verhindert, daß die Gasauslaßventile vollständig schließen. Die Gasauslaßventile werden nur soweit geschlossen, daß eine Bremswirkung erzielt wird. Die Begrenzungseinrichtung und die Drosselklappe sind durch ein bremspedalwegabhängiges verstellbares Wegeventil betätigbar.

[0004] Abweichend davon ist aus der DE 42 36 009 A1 ein Verfahren bekannt, bei dem der Luftdurchsatz durch die Brennkraftmaschine abhängig von einem ermittelten Fahrzustand und unabhängig von einem Kraftstoffdurchsatz steuerbar ist, um das Motorbremsmoment einzustellen. Im Schubbetrieb wird mit dem Verfahren bei Schubabschaltung ein sehr geringes Motorbremsmoment mit einer offenen Drosselklappe auf der Einlassseite erreicht. Ist ein großes Motorbremsmoment gewünscht, wird die Drosselklappe und eventuell ein Leerlaufbypass vollständig geschlossen.

[0005] Ferner kann mit dem Verfahren bei einer Brennkraftmaschine mit frei wählbaren Ventilsteuerzeiten, beispielsweise mit hydraulisch oder elektromagnetisch angesteuerten Gaswechselventilen, ein sehr geringes Motorbremsmoment erzielt werden, wenn alle Gaswechselventile dauernd geschlossen sind. Wird ein hohes Motorbremsmoment gewünscht, werden bei jeder Saugbewegung des Kolbens alle Gaswechselventile geschlossen gehalten, im unteren Totpunkt werden alle Gaswechselventile kurz geöffnet, um die Verbrennungskammer mit Gas zu füllen, nachfolgend werden sofort alle Gaswechselventile des Zylinders wieder geschlossen, um das angesaugte Gas zum oberen Totpunkt hin zu komprimieren. Im oberen Totpunkt werden alle Gaswechselventile kurz geöffnet, damit der Kolben schon bei der nächsten Bewegung vom oberen Totpunkt wieder Expansionsarbeit verrichten muss.

[0006] Schließlich ist aus der US 5 088 460 A ein Bremssystem für eine Brennkraftmaschine bekannt, bei dem im Bremsbetrieb im Ansaugverteilerrohr ein Ventil geöffnet und die Steuerung der Auslassventile abgeschaltet wird, indem die Steuermittel in Längsrichtung verschoben werden, so dass die Betätigungsstößel au-

ßer Eingriff gelangen und die Auslassventile geschlossen bleiben.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art, die Emissionswerte zu verbessern und die Gefahr zu reduzieren, dass ein vorhandener Katalysator auskühlt und mit schädlichem Sauerstoff beladen wird.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst, während vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung den Unteransprüchen entnommen werden können.

[0009] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass Kraftstoff auf Wandungen der Einlassseite gelangt und dort einen Wandfilm bildet. Dieser baut sich mit einem Luftdurchsatz ab, wenn im Schubbetrieb die Kraftstoffzufuhr unterbrochen wird und gelangt mit dem Luftdurchsatz durch die Brennkraftmaschine in das Abgasystem. Dies führt zu einer erhöhten Konzentration an unverbranntem Kohlenwasserstoff, der die Umwelt belastet.

[0010] Dadurch, daß gemäß der Erfindung im gesamten Schubbetrieb ein Luftdurchsatz durch die Brennkraftmaschine vermieden wird, indem stets zumindest die Gaseinlaß- oder die Gasauslaßventile geschlossen sind, gelangt kein erhöhter Anteil an unverbrannten Kohlenwasserstoffen in die Umwelt. Ferner gelangt keine Frischluft in den Katalysator, die diesen auskühlen und mit einer schädlichen Sauerstoffmenge beladen könnte.

[0011] Weitere Einzelheiten der Erfindung sowie die daraus resultierenden Vorteile sind der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels zu entnehmen.

[0012] In der Beschreibung und in den Ansprüchen sind zahlreiche Merkmale im Zusammenhang dargestellt und beschrieben. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu weiteren sinnvollen Kombinationen zusammenfassen.

[0013] Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung einer Motorsteuerung,

Fig. 2 einen Zylinderdruckverlauf synchron zu zwei Steuerzeitverläufen von Gaseinlaß- und Gasauslaßventilen.

[0014] Fig. 1 zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit vier Zylindern 8, die aus einem Luftsammelrohr 17 über Ansaugstutzen 18 und über Gaseinlaßventile 2 ein Kraftstoffluftgemisch ansaugen und über Gasauslaßventile 3 und über Abgasrohre 19 Abgase ausschieben. Es sind mehrere Zylinder 8 mit jeweils mehreren Gaseinlaß- 2 und Gasauslaßventilen 3 denkbar. Die Gaseinlaß- 2 und Gasauslaßventile 3 eines Zylinders 8 sind gemeinsam oder vorzugsweise einzeln von einem Steuergerät 11 ansteuerbar.

[0015] In Fig. 2 ist ein Zylinderdruckverlauf 14 eines Zylinders 8 und synchron dazu ein Steuerzeitverlauf 7

der Gaseinlaßventile 2 und ein Steuerzeitverlauf 6 der Gasauslaßventile 3 über vier Betriebsphasen dargestellt, wobei die Phase IV im wesentlichen der Phase I entspricht. Die Phase I betrifft den normalen Fahrbetrieb mit einer aktivierten Kraftstoffeinspritzung und Zündung und besitzt Zünddruckspitzen 15 im Zylinder 8.

[0016] Wird in der Phase I von einem Fahrer 12 oberhalb einer durch einen Drehzahlgeber 13 erfaßten Grenzdrehzahl, welche im Bereich des Motorleerlaufs liegt, die Lastanforderung an die Brennkraftmaschine 1 über ein Gaspedal 10 in den Bereich von Leergas zurückgenommen, erkennt das Steuergerät 11 eine Schubabschaltung. Vorteilhaft wird die Schubabschaltung vom Steuergerät 11 in Abhängigkeit der Motortemperatur der Brennkraftmaschine 1 durch einen Temperaturfühler 16 gemessen und aktiviert.

[0017] Dabei werden die Gaseinlaß- 2 und die Gasauslaßventile 3 aller Zylinder 8 sofort bzw. nach Abschluß eines gerade noch laufenden Ansaug- bzw. Verbrennungsvorgangs mit dem Ende des Ausschiebevorgangs in der geschlossenen Stellung gehalten. Gleichzeitig wird mit der Stilllegung der Gaseinlaßventile 2 die Kraftstoffeinspritzung und die Zündung unterbrochen. Dies ist in Fig. 2 im Übergang von Phase I nach Phase II zu erkennen.

[0018] Sind alle Gaswechselventile 2, 3 geschlossen, findet kein Luftdurchsatz durch die Zylinder 8 statt. Es wird nur noch das eingeschlossene Zylindervolumen komprimiert und expandiert, wodurch die Volumenänderungsarbeit bis auf thermische Verluste erhalten bleibt. Der Zünddruck 15 ist aufgrund fehlender Zündung auf einen Kompressionsdruck 4 am oberen Totpunkt abgefallen. Das Motorbremsmoment wird hauptsächlich durch mechanische Reibung von Kurbeltrieb und Nebenaggregaten bestimmt. Die kinetische Energie der Fahrzeugmasse wird unwesentlich durch ein Motorbremsmoment verringert, ohne daß der Antriebsstrang durch eine Kupplung, z.B. durch einen Freilauf, aufgetrennt wird.

[0019] Ein erhöhtes Motorbremsmoment und damit ein wirksamer Motorbremsbetrieb kann abhängig von verschiedenen Fahrzeugparametern eingeleitet und geregelt werden, beispielsweise abhängig von Drehzahl, Geschwindigkeit, Neigung des Fahrzeugs usw.. Erfindungsgemäß wird zudem ein Lastrücknahmegradi- ent und/oder ein Bremssignal 9 erfaßt. Der Lastrücknahmegradi- ent kann am Gaspedal 10, an einer Einspritzanlage oder sonst einer günstigen Stelle an der Brennkraftmaschine 1 abgegriffen werden. Das Bremssignal 9 kann binär, weg- oder druckproportional am Bremspedal oder an einer günstigen Stelle im Brems- system erfaßt werden, beispielsweise auch am Brems- licht. Der Lastrücknahmegradi- ent und Signale 9 aus dem Bremssystem liefern frühzeitig exakte Werte zur Regelung des Motorbremsmoments. Die beschriebenen Parameter können einzeln oder in Kombination genutzt werden, das Motorbremsmoment einzuleiten und zu regeln.

[0020] Das Motorbremsmoment wird erfindungsgemäß erhöht, indem die Kompressions- und/oder die Expansionsarbeit der Brennkraftmaschine 1 mit den Gaswechselventilen 2, 3 in Wärme umgewandelt werden.

[0021] Wird ein Motorbremsbetrieb eingeleitet, wie dies in Fig. 2 im Übergang von Phase II zu Phase III gezeigt ist, werden entweder die Gaseinlaß- 2 oder vorzugsweise die Gasauslaßventile 3 wieder aktiviert, während die andere Gattung der Gaswechselventile 2, 3 geschlossen bleibt. Dabei wird der Öffnungsvorgang der Gasauslaßventile 3 des jeweiligen Zylinders 8 im Bereich des oberen Totpunktes eingeleitet. Vorzugsweise wird der Öffnungsvorgang kurz vor Erreichen des oberen Totpunktes eingeleitet, damit das Gasauslaßventil 3 nach einer gewissen Verzögerung im Bereich des maximalen Kompressionsdrucks 4 öffnet. Um das Motorbremsmoment einzustellen, kann der Öffnungsvorgang auch zeitlich im Bereich des oberen Totpunktes verschoben werden.

[0022] Der Schließvorgang wird vorzugsweise kurz vor Erreichen des unteren Totpunktes eingeleitet, der sich durch einen unteren Kompressionsdruck 5 auszeichnet. Dadurch ist gewährleistet, daß das komplette Zylinderhubvolumen im unteren Totpunkt mit Abgas aus dem Abgastrakt befüllt wird bevor die Verdichtungsphase beginnt. Im Bereich des oberen Totpunktes öffnet das Gasauslaßventil 3 und der Kompressionsdruck 4 baut sich schlagartig ab, so daß die Kompressionsarbeit in Wärme umgewandelt wird und sich die Motorbremsleistung erhöht. Im Ausführungsbeispiel läuft dieser Vorgang alle 360° Kurbelwinkel, d.h. bei jeder Kurbelwellenumdrehung, einmal ab.

[0023] Denkbar ist auch, daß im Bereich jedes oberen und jedes unteren Totpunktes kurz geöffnet und anschließend sofort wieder geschlossen wird, um die Kompressions- und die Expansionsarbeit in Wärme umzuwandeln und damit ein noch größeres Motorbremsmoment zu erhalten.

[0024] Das Motorbremsmoment kann erfindungsgemäß verändert werden, indem die Gaseinlaß- 2 oder die Gasauslaßventile 3 während einzelner oder mehrerer Kurbelwellenumdrehungen der Brennkraftmaschine 1 und/oder bei einem oder bei mehreren Zylindern 8 alle Gaswechselventile 2, 3 geschlossen bleiben.

[0025] Erfast das Steuergerät 11 Signale, die für das Ende eines Motorbremsbetriebs sprechen, wie beispielsweise eine Unterbrechung des Bremssignals 9, eine Unterschreitung der Grenzdrehzahl oder eine Lastanforderung, werden die Gasauslaßventile 3 nicht mehr im unteren Totpunkt geschlossen, sondern erst im oberen Totpunkt, um schädliches Restgas im Zylinder 8 für eine nachfolgende Verbrennungseinleitung auszuschieben. Anschließend können dann zylinderselektiv die Gaseinlaßventile 2 mit der Einspritzung und Zündung aktiviert werden, um den Verbrennungsbetrieb fortzusetzen (Fig. 2 Phase III nach IV).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine (1) für Fahrzeuge, die mit einer Schubabschaltung arbeitet und eine variable Ventilsteuerung besitzt, bei der abhängig vom Fahrzustand des Fahrzeugs im Schubbetrieb ein Motorbremsmoment über Gaseinlass- (2) und Gasauslassventile (3) von einem Steuergerät (11) eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Verbesserung der Emissionswerte sowie zur Minderung der Gefahr, dass ein vorhandener Katalysator auskühlt und mit schädlichem Sauerstoff beladen wird, im Schubbetrieb stets eine Ventilgattung, alle Gaseinlass- (2) oder alle Gasauslassventile (3), dauernd geschlossen ist, die einzeln oder gemeinsam von dem Steuergerät (11) angesteuert werden. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die andere Ventilgattung, entweder die Gaseinlass- (2) oder die Gasauslassventile (3) im Bereich eines oberen Totpunktes einer Kolbenbewegung geöffnet und im Bereich eines unteren Totpunktes wieder geschlossen werden, während die anderen Gaswechselventile (2, 3) geschlossen bleiben. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Ventilgattung im Bereich des oberen Totpunktes und im Bereich des unteren Totpunktes der Kolbenbewegung kurz geöffnet und anschließend sofort wieder geschlossen wird. 15
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Schubbetrieb bei einem oder mehreren Zylindern (8) alle Gaswechselventile (2, 3) geschlossen sind. 20
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Öffnen der Gaseinlass- (2) oder der Gasauslassventile (3) einzelne oder mehrere Umdrehungen übersprungen werden können. 25
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorbremsmoment abhängig von einem Lastrücknahmegradienten geregelt ist. 30
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorbremsmoment abhängig von einem Bremssignal (9) geregelt ist. 35
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Restgas bei einer erneuten Lastwiederaufnahme der Brennkraftmaschine (1) ausgeschoben wird. 40

9. Brennkraftmaschine (1) zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Schubabschaltung, eine variable Ventilsteuerung und ein Steuergerät (11) aufweist, das die Gaswechselventile (2, 3) einzeln oder gemeinsam in Abhängigkeit von Verschiedenen Fahrzeugparametern derart ansteuert, dass in Schubbetrieb stets zumindest alle Gaseinlassventile (2) oder alle Gasauslassventile (3) geschlossen sind. 45

Claims

1. Method for the operation of an internal combustion engine (1) for vehicles, which uses deceleration fuel cut-off and is equipped with variable valve timing, whereby an engine braking moment is set by a control unit (11) via gas inlet valves (2) and gas outlet valves (3) in dependence on the driving state of the vehicle, **characterised in that**, to improve emission values and to reduce the risk that an existing catalyst might cool down and be loaded with harmful oxygen, one valve type, i.e. all gas inlet valves (2) or all gas outlet valves (3), individually or jointly driven by the control unit (11), is permanently closed in the deceleration mode. 50
2. Method according to claim 1, **characterised in that** the other valve type, i.e. the gas inlet valves (2) or the gas outlet valves (3), is opened in the region of a top dead centre of a piston movement and closed again in the region of the bottom dead centre, while the other gas shuttle valves (2, 3) remain closed. 55
3. Method according to claim 1, **characterised in that** one valve type is opened for a short time and then immediately closed again in the region of the top dead centre and in the region of the bottom dead centre.
4. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** all gas shuttle valves (2, 3) are closed in one or more cylinders (8) in the deceleration mode.
5. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** one or more revolutions can be skipped when the gas inlet valves (2) or the gas outlet valves (3) are opened.
6. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the engine braking moment is controlled in dependence on an unloading gradient.
7. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the engine braking moment

is controlled in dependence on a braking signal (9).

8. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** residual gas is pushed out at a renewed loading of the internal combustion engine (1). 5
9. Internal combustion engine (1) suitable for the method according to any of the preceding claims, **characterised in that** it features deceleration fuel cut-off, variable valve timing and a control unit (11) which so controls the gas shuttle valves (2, 3) individually or jointly in dependence on various vehicle parameters that at least all gas inlet valves (2) or all gas outlet valves (3) are always closed in the deceleration mode. 10 15

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne (1) pour véhicules, qui fonctionne avec un arrêt de mode propulsion et possède une commande de soupapes variable, pour lequel, en fonction de l'état de marche du véhicule en mode propulsion un couple de frein moteur est réglé par un appareil de commande (11), par l'intermédiaire de soupapes d'admission de gaz (2) et de soupapes d'échappement de gaz (3), **caractérisé en ce que** pour améliorer les valeurs des émissions ainsi que pour réduire le risque d'un refroidissement d'un réacteur ou pot catalytique existant et son chargement avec de l'oxygène nocif, en mode propulsion, on ferme en permanence toujours un type de soupapes, à savoir toutes les soupapes d'admission de gaz (2) ou toutes les soupapes d'échappement de gaz (3), qui sont commandées individuellement ou en commun par l'appareil de commande (11). 20 25 30 35 40
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on ouvre l'autre type de soupapes, soit les soupapes d'admission de gaz (2), soit les soupapes d'échappement de gaz (3), dans la zone d'un point mort haut d'un mouvement de piston, et on les ferme à nouveau dans la zone d'un point mort bas, tandis que les autres soupapes de changement de gaz (2, 3) restent fermées. 45
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on ouvre brièvement un type de soupapes dans la zone du point mort haut et dans la zone du point mort bas du mouvement de piston, et on le ferme à nouveau immédiatement ensuite. 50 55
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'en** mode propulsion toutes les soupapes de changement de gaz (2, 3) sont

fermées pour un ou plusieurs cylindres (8).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lors de l'ouverture des soupapes d'admission de gaz (2) ou des soupapes d'échappement de gaz (3), il est possible de sauter un ou plusieurs tours de révolution.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le couple de frein moteur est régulé en fonction d'un gradient de retrait de charge.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le couple de frein moteur est régulé en fonction d'un signal de freinage (9).
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** du gaz résiduel, lors d'une nouvelle reprise de charge du moteur à combustion interne (1), est refoulé hors de celui-ci.
9. Moteur à combustion interne (1) pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte une commutation d'arrêt du mode propulsion, une commande de soupapes variable, et un appareil de commande (11) qui commande les soupapes de changement de gaz (2, 3) individuellement ou en commun, en fonction de différents paramètres du véhicule, de façon telle qu'en mode propulsion, toujours au moins toutes les soupapes d'admission de gaz (2) ou toutes les soupapes d'échappement de gaz (3) soient fermées.

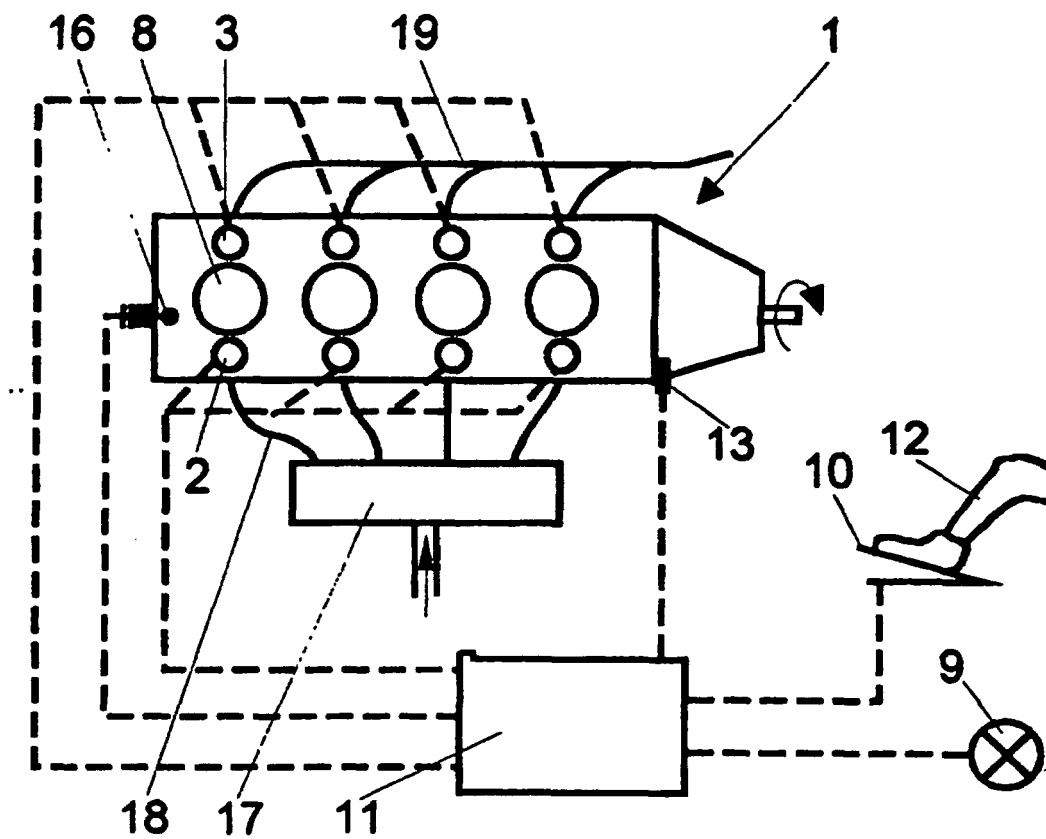


Fig. 1

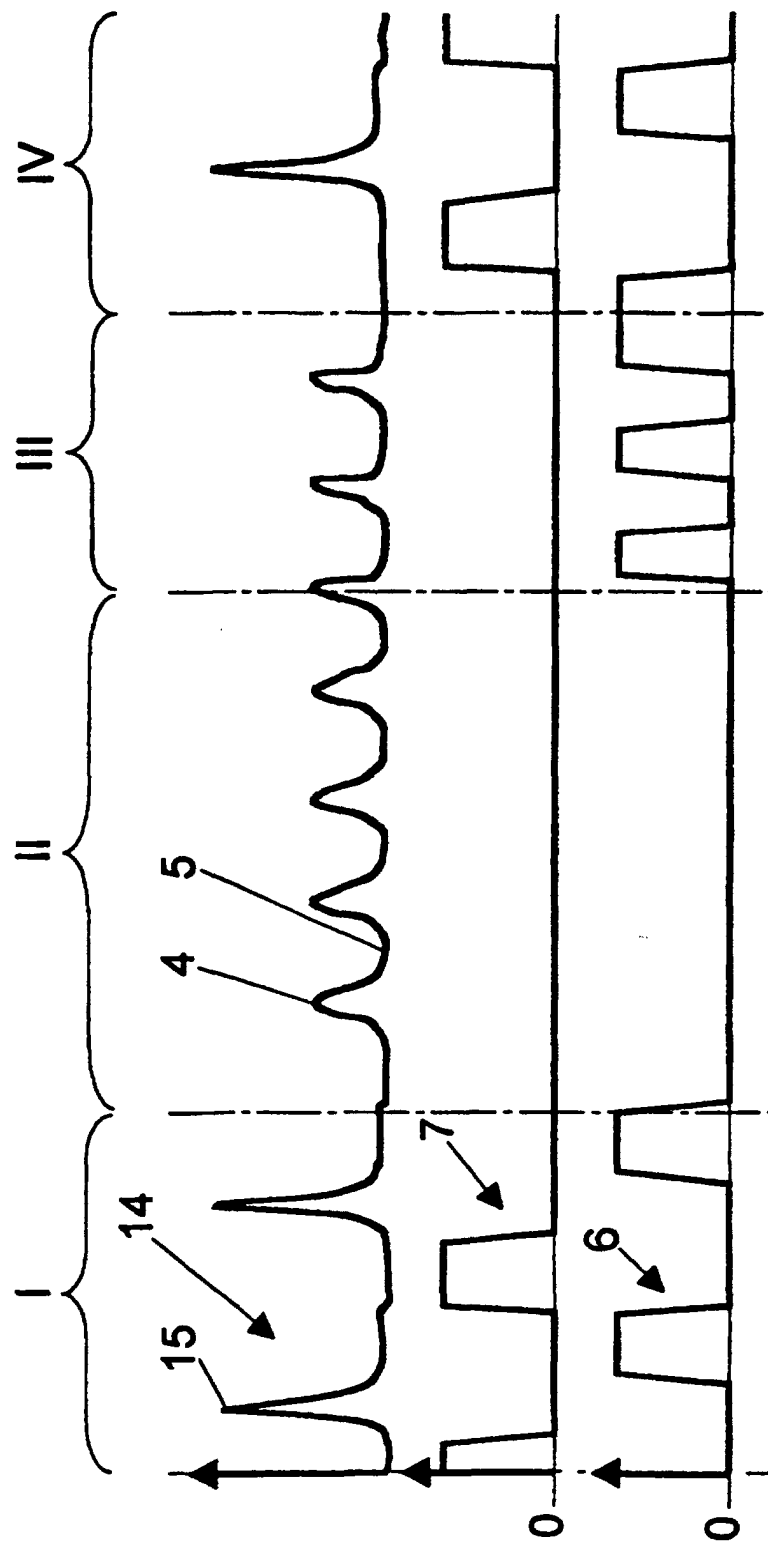


Fig. 2