

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 034 416 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2002 Patentblatt 2002/09

(51) Int Cl.7: **G01L 23/22**, G01L 23/30,
G01M 15/00

(21) Anmeldenummer: **98958153.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE98/02809

(22) Anmeldetag: **22.09.1998**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 99/15872 (01.04.1999 Gazette 1999/13)

(54) VERFAHREN ZUR AUSWERTUNG DES BRENNRAUMDRUCKVERLAUFS

METHOD FOR EVALUATING THE MARCH OF PRESSURE IN A COMBUSTION CHAMBER

PROCEDE D'EVALUATION DE LA COURBE DE LA PRESSION DANS UNE CHAMBRE DE
COMBUSTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **23.09.1997 DE 19741820**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.09.2000 Patentblatt 2000/37

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

- **WALTER, Klaus**
D-74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
- **BELLMANN, Holger**
D-71636 Ludwigsburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

CH-A5- 641 907	DE-A1- 3 721 010
US-A- 4 633 707	US-A- 4 802 454
US-A- 5 623 412	

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).

EP 1 034 416 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswertung des Brennraumdrucks bei einer Brennkraftmaschine.

Stand der Technik

[0002] Es ist bekannt, den Verlauf des Brennraumdrucks in den Zylindern einer Brennkraftmaschine mit Hilfe geeigneter Sensoren zu ermitteln und aus diesem Verlauf Betriebszustände der Brennkraftmaschine zu erkennen und Ansteuersignale zur Steuerung der Brennkraftmaschine zu gewinnen. Dabei ist üblicherweise jedem Zylinder der Brennkraftmaschine ein Brennraumdrucksensor zugeordnet. Zusätzlich wird ein Kurbelwellensensor eingesetzt, der ein Ausgangssignal liefert, das repräsentativ ist für die Kurbelwellenstellung. Beide Signale werden gemeinsam im Steuergerät der Brennkraftmaschine ausgewertet. Ein Nockenwellensensor wird dabei nicht mehr benötigt, da die Synchronisation von Kurbel- und Nockenwellenstellung insbesondere nach dem Start aus der Verknüpfung des Brennraumdruckverlaufs und des Kurbelwellensensorsignals möglich ist. Ein Verfahren, bei dem der Brennraumdruckverlauf in Abhängigkeit von der Kurbelwellenstellung ausgewertet wird, zur Zylindererkennung und zur Erzeugung von für die Zündung erforderlichen Signalen ist bekannt. Die Zylindererkennung und die Erkennung, in welcher Kurbelwellenumdrehung eines Verbrennungszyklusses sich die Brennkraftmaschine befindet, wird bei dem bekannten Verfahren durchgeführt, indem beispielsweise der Druckanstieg in einem bestimmten Zylinder ausgewertet wird und unterschieden wird, zwischen Druckanstieg im Kompressionshub und Druckanstieg bei erfolgter Verbrennung. Da diese Werte unterschiedlich sind, läßt sich feststellen, in welcher Kurbelwellenumdrehung sich die Brennkraftmaschine befindet. Ausgehend von dieser Erkenntnis können Steuersignale für die Brennkraftmaschine erzeugt werden.

[0003] Bei dem bekannten Verfahren wird eine Auswertung des Brennraumdruckverlaufs zur Erkennung der Ventilsteuerzeiten, also zur Erkennung, ob das Auslaßventil sich öffnet, ob das Auslaßventil schließt, ob das Einlaßventil öffnet oder ob das Einlaßventil sich schließt, nicht durchgeführt.

[0004] In der US-A-4633707 ist eine Ermittlung der Zeitpunkte 'Einlass schliesst' und 'Auslass öffnet' über eine Druckmessung im Kaltantrieb der Brennkraftmaschine angedeutet.

Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß eine genaue Analyse des Brennraumdruckverlaufs durchgeführt wird, so daß die Ventilsteuerzeiten in Bezug auf die Kurbelwellenstellung ermittelbar sind. Dazu werden kennzeichnende Ereignisse ausgewertet, aus denen eindeutig bestimmte Ventilsteuerzeiten erkannt werden können. Für die Ventilsteuerzeiten Auslaß öffnet, Auslaß schließt, Einlaß öffnet, Einlaß schließt, ergeben sich charakteristische Druckverläufe, die erfindungsgemäß in vorteilhafter Weise aus dem Brennraumdruckverlauf extrahiert werden.

[0006] Weitere Vorteile der Erfindung werden durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen erzielt. Dabei ist besonders vorteilhaft, daß verschiedene Ventilsteuerzeiten durch Erkennung der verschiedenen zugehörigen kennzeichnenden Ereignisse ermittelbar sind. Einige Ventilsteuerzeiten können auch durch eine gleichartige Auswertung des Brennraumdruckverlaufs erkannt werden. Ein Vergleich mit brennkraftmaschinentypischen abgespeicherten Kenngrößen ermöglicht motorspezifische Bestimmungen von Ventilsteuerzeiten.

[0007] Eine Weiterverarbeitung des Brennraumdrucksignals vor der weiteren Auswertung, also beispielsweise eine Differentiation oder eine Integration des Brennraumdruckverlaufs ermöglicht in vorteilhafter Weise weitere Ventilsteuerzeitermittlungen. Die Berücksichtigung zusätzlicher Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine wie beispielsweise die Berücksichtigung des Auftretens von klopfender Verbrennung und die daraus folgende zusätzliche Signalverarbeitung, beispielsweise eine Mittelwertbildung, lassen in vorteilhafter Weise auch dann noch Ventilsteuerzeiten ermitteln, wenn schwierige Bedingungen bzw. Betriebszustände der Brennkraftmaschine auftreten.

Zeichnung

[0008] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Figuren der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Figur 1 eine an sich schon bekannte Einrichtung zur Erfassung des Druckverlaufs in den Zylindern einer Brennkraftmaschine. In Figur 1a sind relevante Teile der Brennkraftmaschine dargestellt. Figur 2 zeigt einen charakteristischen Brennraumdruckverlauf über dem Kurbelwellenwinkel. In Figur 3 ist ein Flußdiagramm eines erfindungsgemäßen Auswerteverfahrens dargestellt und die Figuren 4, 5 und 6 zeigen verschiedene Zusammenhänge zwischen Brennraumdruck, Brennraumvolumen und Kurbelwellenwinkel.

[0009] In Figur 1 sind die wesentlichsten Bestandteile einer Einrichtung zur Erfassung des Brennraumdrucks in jedem Zylinder einer Brennkraftmaschine dargestellt. Dabei sind in den Zylindern 10, 11, 12 und 13 einer Vierzylinderbrennkraftmaschine jeweils Zylinderdrucksensoren 14, 15, 16 und 17 angeordnet, die die Druckverläufe P1, P2, P3 und P4 ermitteln. Zusätzlich ist ein Kurbelwellensensor 18 vorhanden, der ein für die Kurbelwellenstellung α charakteristisches Ausgangssignal S1 abgibt.

[0010] Sowohl die Ausgangssignale der Zylinderdrucksensoren 14, 15, 16 und 17 als auch das Ausgangssignal des Kurbelwellensensors 18 werden dem Steuergerät 19 der Brennkraftmaschine zugeführt, das diese Signale verarbeitet. Über Eingänge 20 können dem Steuergerät weitere Signale (z.B. eine Temperatur T, eine Last L usw.) zugeführt werden, die im Steuergerät ebenfalls weiterverarbeitet werden können.

[0011] Das Steuergerät 19 umfaßt einen Multiplexer 21, über den wahlweise das Ausgangssignal der Zylinderdrucksensoren zu einem Analog/Digitalwandler 22 geführt werden. Die Umschaltung des Multiplexers 21 erfolgt kurbelwellenwinkelabhängig und wird durch entsprechende Ansteuerungen vom Steuergerät 19 ausgelöst. Die eigentliche Auswertung der Signale erfolgt in einem Mikroprozessor 23 des Steuergerätes 19, der über eine Ausgabeeinheit 23a in Abhängigkeit von den ermittelten Größen Steuersignale S2 und S3 an verschiedene Komponenten der Brennkraftmaschine, beispielsweise Zünd-/ oder Einspritzsignale abgeben kann.

[0012] Im Mikroprozessor 23 des Steuergerätes 19 erfolgt die Signalverarbeitung, anhand derer auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen werden kann, bzw. anhand derer die Ventilsteuerzeiten ermittelt werden.

[0013] In Figur 3 ist ein Auswerteschema dargestellt, bei dem jeweils im Schritt SCH1 der Druck aus dem Sensorsignal berechnet wird. Im Schritt SCH2 wird der Kurbelwellenwinkel α eingelesen, sodaß im Schritt SCH3 der Bezug $P(\alpha)$ vorliegt. Im Schritt SCH4 wird der Druckverlauf ausgewertet, eventuell unter Berücksichtigung abgespeicherter Daten und im Schritt SCH5 wird auf die betreffende Ventilsteuereinheit geschlossen.

[0014] Dem Zylinder einer Brennkraftmaschine, beispielsweise dem Zylinder 10 (Fig. 1a) wird das Kraftstoff Luftgemisch durch Öffnen des Einlaßventils 24 zugeführt. Dabei wird bekanntermaßen der Kraftstoff vom Einspritzventil 25 vor das Einlaßventil 24 in das Saugrohr 26 eingespritzt und über die Zündkerze 27 gezündet. Über ein Auslaßventil 28 kann das im Zylinder erzeugte Gas ausgelassen werden. Die Ansteuerung des Einlaßventils und des Auslaßventils erfolgt in bekannter Weise mit Hilfe der nicht dargestellten Nockenwelle bzw. der Nockenwellen. Die Nockenwelle bzw. die Nockenwellen werden von der Kurbelwelle in bekannter Weise angetrieben. Die Lage der Nockenwelle bzw. der Nockenwellen bezogen auf die Kurbelwelle kann durch entsprechende Ansteuersignale S3 vom Steuergerät 19 drehzahlabhängig verändert werden. Durch die erfindungsgemäße Erfassung der Ventilsteuerzeiten in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel kann die Zuordnung zwischen Nockenwellenlage und Kurbelwellenlage bestimmt werden.

[0015] In Figur 2 ist der Verlauf des Brennraumdruckes P1 des Zylinders 10 über dem Kurbelwellenwinkel α aufgetragen. Der Zylinderdruck erreicht zwei Maximalwerte, die ein Arbeitsspiel oder 720°KW auseinander liegen. Das Maximum des Brennraumdrucks ist in

dem Bereich, in dem eine Verbrennung stattfindet, höher als in dem Bereich, in dem ausschließlich eine Kompression auftritt. Eine Verbrennung findet im Beispiel nach Figur 2 in der Phase Ve statt. In der Phase Ko tritt lediglich eine Kompression auf.

[0016] Der in Figur 2 schematisch dargestellte Brennraumdruckverlauf wird erfindungsgemäß nach verschiedenen Kriterien ausgewertet, um daraus auf Ereignisse zu schließen, die kennzeichnend für die Nockenwellenlage in Bezug auf die Kurbelwellenlage und damit für die Ventilsitzsteuerzeiten sind. Ein solches Ereignis kann beispielsweise die Kurbelwellenlage, bei der das Einlaßventil schließt, sein. Andere Ventilsteuerzeiten sind die Steuerzeiten Auslaß öffnet. Einlaß öffnet, Auslaß schließt. Für jede Ventilsteuerzeit gibt es im Druckverlauf charakteristische bzw. kennzeichnende Merkmale, deren Auswertung im folgenden näher beschrieben wird.

[0017] Zur Detektierung der Ventilsteuerzeit "Auslaß öffnet" kann die Expansionslinie des Brennraumdruckverlaufs ausgewertet werden. Solange das Auslaßventil geschlossen ist, handelt es sich bei den Vorgängen im Zylinder um ein thermodynamisch geschlossenes System, so daß die Vorgänge nach thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten berechnet werden können. Bei zunehmendem Volumen tritt eine Druckabnahme auf, die sich ähnlich einer polytropen Expansion einstellt. Charakteristisch dafür ist, daß der Betrag des Druckgradienten mit zunehmendem Volumen abnimmt. Wird das Auslaßventil geöffnet, so strömt bedingt durch den gegenüber der Umgebung noch erhöhten Druck Gas aus dem Zylinder aus.

[0018] Dadurch nimmt der Betrag des Druckgradienten zu. Als Kennzeichen bzw. charakteristisches Verhalten des Druckverlaufs kann somit die Auswertung des Druckgradienten für die erfolgte Auslaßöffnung herangezogen werden. Weist der Druckgradient ein Verhalten auf, das sich auszeichnet durch eine geringer werdende Abnahme und eine plötzliche Vergrößerung des Betrages des Druckgradienten, kann auf die erfolgte Auslaßöffnung geschlossen werden. Mathematisch kann die Auswertung erfolgen, indem beispielsweise ein Vorzeichenwechsel in der zweiten Ableitung des Drucks nach dem Volumen abgeprüft wird. Tritt ein solcher Vorzeichenwechsel in der zweiten Ableitung des Drucks nach dem Kurbelwinkel auf, kann auf eine erfolgte Auslaßöffnung geschlossen werden. In Figur 4, die den Zusammenhang zwischen Druck P und Volumen V zwischen dem oberen Totpunkt OT und dem unteren Totpunkt UT wiedergibt, würde der Punkt A1 die erfolgte Auslaßöffnung bezeichnen. An dieser Stelle gilt, daß die zweite Ableitung des Drucks nach dem Volumen $\frac{d^2P}{dV^2}$ einen Vorzeichenwechsel aufweist. Dies gilt auch für den Zusammenhang $\frac{d^2P}{d\alpha^2}$.

[0019] Zur Detektierung der Ventilsteuerzeit "Einlaß schließt" wird das Volumen bzw. der Kurbelwinkel detektiert, an dem die Kompressionslinie ein bekanntes, festes Niveau durchläuft. Im einfachsten Fall wird die-

ses Vergleichsniveau aus dem Druckverlauf während des Ausschlebens gewonnen. Die Lage des Schnittpunktes A2 zwischen Kompressionsdruckverlauf und Druckverlauf während des Ausschlebens im Kurbelwinkelmuster bzw. im Volumenverlauf läßt sich Figur 5 entnehmen. Sie ist zwar kein direktes Maß für die Ventilsteuerzeit "Einlaß schließt", verschiebt sich jedoch bei einer Änderung des Schließens des Einlaßventils. Somit kann ein Sollwert für die Lage des Punktes A2 in Abhängigkeit von Last und Drehzahl motorabhängig appliziert werden. Zur Diagnose wird dann die Abweichung des Istwertes des Punktes A2 vom Sollwert herangezogen. Die Aufnahme der motorspezifischen Daten kann vor einer Inbetriebnahme beispielsweise in einem Prüfstand erfolgen. Die dabei gewonnenen Daten werden in Speichern beispielsweise des Steuergerätes abgelegt, das jederzeit auf diese Daten zurückgreifen kann.

[0020] Die Auswertung des Brennraumdruckverlaufs ist nicht nur auf den Druck-Volumen-Zusammenhang beschränkt, sondern es ist auch eine Auswertung anhand des Druck-Kurbelwinkel-Zusammenhangs möglich. Durch Auswertung der Lage der Punkte A3 und A4 nach Figur 6 lassen sich entsprechende Rückschlüsse ziehen. In Figur 6 ist im übrigen der Brennraumdruck P über dem Kurbelwellenwinkel α aufgetragen. Zusätzlich sind die Lastwechsel OT-Punkte LWOT, ein Zünd-OT-Punkt ZOT, untere Totpunkte UT sowie Winkeln α_3 , β_3 sowie α_4 , β_4 eingetragen, wobei der Winkel α_3 bzw. α_4 jeweils den Abstand zwischen dem unteren Totpunkt UT und dem Punkt A3 bzw. A4 definiert, der Winkel β_3 den Abstand zwischen A3 und ZOT und der Winkel β_4 den Abstand zwischen A4 und LWOT definiert. Wenn der Druck an der Stelle A3 gleich dem Druck an der Stelle A4 ist, gilt für die Winkel $\alpha_3 = \alpha_4$ und $\beta_3 = \beta_4$.

[0021] Falls eine Auswertung des Brennraumdruckverlaufs während des Ausschlebens der im Zylinder befindlichen Verbrennungsgase nicht möglich ist, beispielsweise wenn der Brennraumdrucksensor infolge der hohen Verbrennungstemperatur durch thermoschockbedingte Kurzzeitdrift nur ungenaue Signale liefert, kann die Auswertung des Brennraumdruckverlaufs auch ersatzweise durch Vergleich mit dem Umgebungsdruck durchgeführt werden. Beispielsweise kann zur Erkennung der Ventilsteuerzeit "Einlaßventil schließt Einlaßventil" das Volumen bzw. der Kurbelwellenwinkel detektiert werden, bei dem der Kompressionsdruck gleich dem Umgebungsdruck ist. In diesem Fall wird der Punkt A3 als Schnittpunkt des Kompressionsdruckverlaufs mit dem Umgebungsdruck definiert. Damit wird jedoch eine Nullniveaukorrektur des Druckverlaufs notwendig, dies erhöht den Rechenaufwand und kann unter Umständen zu Fehlmessungen führen.

[0022] Falls Meßwerte des Umgebungsdrucks nicht zur Verfügung stehen oder falls es keinen Schnittpunkt zwischen dem Umgebungsdruck und der Kompressionslinie gibt, beispielsweise ist dies bei aufgeladenen Motoren der Fall, kann eine Auswertung des Brenn-

raumdruckverlaufs auch noch anhand eines Druckfestwertes erfolgen. In diesem Fall sind jedoch spezielle Diagnosestrategien erforderlich, die eine Fehldiagnose bedingt durch eine starke Änderung des Umgebungsdrucks, beispielsweise bei einer Höhenfahrt verhindert. Falls vom Steuergerät eine solche Höhenfahrt, beispielsweise im Zusammenhang mit anderen Auswertungen zur Regelung der Brennkraftmaschine erkannt wird, kann eine Erkennung von Ventilsteuerzeiten zumindest zeitweise unterbunden werden.

[0023] Werden Ventilsteuerzeiten verändert, beispielsweise durch entsprechende Veränderung der Nockenwellenstellungen, führt dies auch zu einer Änderung des Brennraumdruckverlaufs während der Kompressionsphase, während der Verbrennungsphase und während der Expansionsphase. Beispielsweise werden durch Veränderung der Nockenwellenstellung die Ventilsteuerzeiten so verändert, daß sich der Restgasgehalt der Zylinderladung in charakteristische Weise ändert. Ein höherer Restgasgehalt, der beispielsweise durch spätes Schließen des Auslaßventils oder frühes Öffnen des Einlaßventils, jeweils bezogen auf den Kurbelwellenwinkel, bedingt sein kann, erhöht sowohl den Absolutdruck als auch den Druckgradienten während der Kompressionsphase bei angenommener gleicher Frischluftmassenzufuhr. Bei angenommenem gleichen Zündzeitpunkt wird die Verbrennung verspätet beginnen, mit den entsprechenden Auswirkungen auf die die Verbrennung und die Expansion beschreibenden Kennwerte. Sind verschiedene motorspezifische Kennwerte bzw. Kennfelder in Speichern des Steuergerätes abgelegt, kann jederzeit auf diese Kennwerte bzw. Kennfelder zurückgegriffen werden. Ein Vergleich mit dem gemessenen Zylinderdruckverlauf ergibt bei Kenntnis der motorspezifisch vorhandenen Zusammenhänge, beispielsweise auch mit ermittelten mathematischen Zusammenhängen, ein Rückschließen, welche der Ventilsteuerzeiten vorliegen. Während des Motorbetriebs können Kennwerte adaptiert werden. Aus den adaptierten Kennwerten läßt sich ebenfalls auf die aktuellen Ventilsteuerzeiten rückschließen. Auch die Streuung der die Verbrennung kennzeichnenden Größen von Zyklus zu Zyklus bei fremdgezündeten Motoren mit steigendem Restgasgehalt zunimmt, läßt sich eine weitere Auswertemöglichkeit für den Verbrennungsdruckverlauf darstellen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, aus der Streuung der Kennwerte über motorspezifisch ermittelte Kennfelder bzw. Kennlinien, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder während des Motorbetriebs adaptierte Kennwerte auf die Ventilsteuerzeiten rückzuschließen.

[0024] Eine Kombination der vorstehend erwähnten Auswertemöglichkeiten ist jederzeit möglich. Weiterhin ist es möglich, sowohl bei der Auswertung der Druckgradienten als auch bei der Auswertung des Druckmaximums, der Lage des Druckmaximums sowie generell bei der Auswertung einzelner Druckverläufe zunächst eine Mittelwertbildung, beispielsweise über mehrere

Motorzyklen durchzuführen und die Mittelwerte des Brennraumdruckverlaufs auf bestimmte Ventilsteuerzeiten kennzeichnende Größen zu untersuchen. Dabei sind wiederum jeweils motorspezifisch ermittelte und als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Zusammenhänge oder mathematische Zusammenhänge zu berücksichtigen. Zur Detektierung wenigstens einer der Ventilsteuerzeiten "Auslaß öffnet", "Auslaß schließt", "Einlaß schließt" oder "Einlaß öffnet" kann auch zunächst ein definiertes Brennraumdruckintegral oder ein Differenzbrennraumdruckintegral gebildet werden, wobei die Integrationsgrenzen geeignet zu wählen sind und insbesondere so gelegt werden, daß ventilsteuerzeittypische Phasen zusammengefaßt werden.

[0025] Eine weitere Möglichkeit zur Detektierung der Ventilsteuerzeiten besteht darin, aus dem Auftreten von Schwingungen im Brennraumdruckverlauf in Folge klopfender Verbrennung oder aus der Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen zur Vermeidung klopfender Verbrennung, welche wiederum aufgrund von Druckschwingungen im Brennraumdruckverlauf ergriffen werden, kennzeichnende Größen für bestimmte Ventilsteuerzeiten abzuleiten. Dabei kann wiederum eine zusätzliche Mittelwertbildung durchgeführt werden.

[0026] Die Erfindung läßt sich bei Brennkraftmaschinen mit beliebiger Zylinderzahl einsetzen, wobei die Zahl der Zylinderdrucksensoren beispielsweise der Zahl der Zylinder oder der halben Zahl entspricht. In einer vereinfachten Version kann wenigstens ein Sensor eingesetzt werden. Als Sensoren können auch Klopfensensoren eingesetzt werden bzw. beliebige Verbrennungsablaufsensoren, aus deren Ausgangssignal für Ventilsteuerzeiten charakteristische Merkmale gewonnen werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Auswertung des Brennraumdrucks bei einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Zylinderdrucksensor der den Zylinderdruck mißt und einem Kurbelwellenwinkelsensor, der ein für die Kurbelwellenstellung repräsentatives Signal abgibt und einer, wenigstens einen Mikroprozessor umfassenden Auswerteeinrichtung, der die Signale der Sensoren zugeführt werden, wobei der Mikroprozessor aus dem Brennraumdruckverlauf in Abhängigkeit von der Kurbelwellenwinkelstellung auf das Auftreten wenigstens einer der Ventilsteuerzeiten "Auslaß öffnet", "Auslaß schließt", "Einlaß öffnet", "Einlaß schließt", in Bezug auf die Kurbelwellenwinkelstellung schließt, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Messungen während des normalen Betriebs der Brennkraftmaschine erfolgen und dabei auftretende Brennraumdruckverläufe oder Ereignisse, die vom Brennraumdruckverlauf abhängen und die Ventilsteuerzeiten kennzeichnen, ausgewertet werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** auf die Ventilsteuerzeit "Auslaß öffnet" geschlossen wird, wenn die Expansionslinie des Brennraumdruckverlaufs sich so ändert, daß die Änderung des Druckgradienten mit zunehmendem Volumen oder mit zunehmendem Kurbelwellenwinkel das Vorzeichen wechselt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erkennung "Einlaß schließt" das Volumen bzw. der Kurbelwellenwinkel detektiert wird, bei dem der Kompressionsdruck gleich dem Druck ist, der während des Ausschlebens bei gleichem Abstand vom oberen Totpunkt vorlag.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Ermittlung der Ventilsteuerzeit "Einlaß schließt" das Volumen bzw. der Kurbelwellenwinkel detektiert wird, bei dem Kompressionsdruck gleich dem Umgebungsdruck ist.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erkennung der Ventilsteuerzeit "Einlaß schließt" das Volumen bzw. der Kurbelwellenwinkel detektiert wird, bei dem der Kompressionsdruck gleich einem vorgebbaren festgelegten Druck ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Bestimmung der Ventilsteuerzeiten "Auslaß schließt", "Einlaß schließt" oder "Einlaß öffnet" das Absolutdruckniveau während der Verdichtung vor Einsetzen der Verbrennung ausgewertet wird und entweder aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf durch Vergleich mit motorspezifisch ermittelten, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegten Daten oder motorspezifisch ermittelten mathematischen Zusammenhängen oder adaptierten Umrechnungsbeiwerten auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Erkennung wenigstens einer Ventilsteuerzeit der Verbrennungsdruckgradient während der Verdichtung vor Einsetzen der Verbrennung oder einem daraus berechneten polytropen Exponenten ausgewertet wird, wobei aus dem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf über motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen oder motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte auf die Ventilsteuerzeit geschlossen wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem Absolutdruckniveau oder

aus dem Druckgradienten während der Expansion vor Öffnen des Auslaßventils oder aus einem aus den Druckgradienten berechneten Polytropenexponenten, entweder aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf, über motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematischen Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte, auf die Ventilsteuerzeiten "Auslaß schließt", "Einlaß öffnet" oder "Einlaß schließt" geschlossen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus der Lage des maximalen Druckanstiegs, entweder aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf über motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder als Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte auf die Ventilsteuerzeiten "Auslaß schließt", "Einlaß öffnet" oder "Einlaß schließt" geschlossen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** zur Detektierung der Ventilsteuerzeiten wenigstens eine der folgenden Größen verwendet wird:

Streuung der Lage des maximalen Druckanstiegs über mehrere Zyklen,
 maximal auftretender Druckgradient aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf,
 Streuung des maximal auftretenden Druckgradienten über mehrere Zyklen,
 Lage des Maximaldrucks aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf, Streuung der Lage des Maximaldrucks über mehrere Zyklen,
 Höhe des Maximaldrucks aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf, Streuung der Lage des Maximaldrucks über mehrere Zyklen,
 verwendet wird, wobei zusätzlich motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte zur Bestimmung der Ventilsteuerzeiten mitberücksichtigt werden.

11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus einer der Größen:

Streuung der Lage bestimmter Abschnitte der Energieumsetzung über mehrere Zyklen,

Lage des Maximums der Energieumsetzung aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf,

Streuung der Lage des Maximums der Energieumsetzung über mehrere Zyklen,
 maximaler Gradient der Energieumsetzung aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf,
 sowie unter Berücksichtigung motorspezifisch ermittelter,
 als Kennfeld oder Kennlinie abgelegter Umrechnungen,
 motorspezifisch ermittelter mathematischer Zusammenhänge oder adaptierter Umrechnungsbeiwerte auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** eine der folgenden Größen ausgewertet wird:

Indizierte Arbeit aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf,
 Streuung der indizierten Arbeit über mehrere Zyklen, indizierte Hochdruckarbeit aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf,
 Streuung der indizierten Hochdruckarbeit über mehrere Zyklen,
 indizierte Niederdruckarbeit aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf,
 Streuung der indizierten Niederdruckarbeit über mehrere Zyklen und über motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Brennraumdruck über einen vorgebbaren Bereich integriert wird oder daß der Brennraumdruckdifferenzdruck über einen vorgebbaren Bereich integriert wird, und entweder die Integrale aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf gebildet werden und über motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus der Streuung des oder der Inte-

grale über mehrere Zyklen auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem Auftreten von Schwingungen im Brennraumdruckverlauf infolge klopfender Verbrennung oder aus der Notwendigkeit von Gegenmaßnahmen zur Vermeidung klopfender Verbrennung, die wiederum aufgrund von Druckschwingungen im Brennraumdruckverlauf ergriffen werden, entweder aus einem einzelnen Druckverlauf oder aus einem über mehrere Zyklen gemittelten Druckverlauf, über motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

Claims

1. Method of evaluating the combustion-chamber pressure in an internal combustion engine, having at least one cylinder pressure sensor which measures the cylinder pressure, and a crankshaft angle sensor which delivers a signal representative of the crankshaft position, and an evaluating arrangement which comprises at least one microprocessor and to which the signals of the sensors are fed, the microprocessor, from the combustion-chamber pressure profile as a function of the crankshaft angular position, inferring the occurrence of at least one of the valve control times "exhaust opening", "exhaust closing", "inlet opening", "inlet closing" with regard to the crankshaft angular position, **characterized in that** the measurements are taken during the normal operation of the internal combustion engine and combustion-chamber pressure profiles occurring in the process or events which depend on the combustion-chamber pressure profile and characterize the valve control times are evaluated.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the valve control time "exhaust opening" is inferred if the expansion line of the combustion-chamber pressure profile changes in such a way that the change in the pressure gradient with increasing volume or with increasing crankshaft angle changes the mathematical sign.
3. Method according to Claim 1, **characterized in that**, to identify "inlet closing", the volume or the crankshaft angle at which the compression pressure is equal to the pressure which was present during the exhaust at the same distance from the top dead centre is detected.
4. Method according to Claim 1 or 2, **characterized**

in that, to determine the valve control time "inlet closing", the volume or the crankshaft angle at which the compression pressure is equal to the ambient pressure is detected.

5. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, to identify the valve control time "inlet closing", the volume or the crankshaft angle at which the compression pressure is equal to a predetermined fixed pressure is detected.
6. Method according to Claim 1, **characterized in that**, to determine the valve control times "exhaust closing", "inlet closing" or "inlet opening", the absolute pressure level during the compression before the start of the combustion is evaluated, and the valve control times are inferred either from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles, by comparison with data determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, or with mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or with adapted conversion factors.
7. Method according to Claim 1, **characterized in that**, to identify at least one valve control time, the combustion pressure gradient during the compression before the start of the combustion or a polytropic exponent calculated therefrom is evaluated, the valve control time being inferred from the individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles, via conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, or via mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or via adapted conversion factors.
8. Method according to Claim 1, **characterized in that** the valve control times "exhaust closing", "inlet opening" or "inlet closing" are inferred from the absolute pressure level or from the pressure gradient during the expansion before the opening of the exhaust valve, or from a polytropic exponent calculated from the pressure gradient, either from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles, via conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, via mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or via adapted conversion factors.
9. Method according to Claim 1, **characterized in that** the valve control times "exhaust closing", "inlet opening" or "inlet closing" are inferred from the position of the maximum pressure increase, either

from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles, via conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, via mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or via adapted conversion factors.

10. Method according to Claim 1, **characterized in that**, to detect the valve control times, at least one of the following variables is used:

spread of the position of the maximum pressure increase over a plurality of cycles,
 maximum pressure gradient which occurs from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 spread of the maximum pressure gradient which occurs over a plurality of cycles,
 position of the maximum pressure from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 spread of the position of the maximum pressure over a plurality of cycles,
 level of the maximum pressure from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 in which case conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or adapted conversion factors are also taken into account for determining the valve control times.

11. Method according to Claim 1, **characterized in that** the valve control times are inferred from one of the variables:

spread of the position of certain sections of the energy transformation over a plurality of cycles,
 position of the maximum of the energy transformation from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 spread of the position of the maximum of the energy transformation over a plurality of cycles,
 maximum gradient of the energy transformation from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 and while taking into account conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or adapted conversion factors.

12. Method according to Claim 1, **characterized in that** one of the following variables is evaluated:

indicated work from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 spread of the indicated work over a plurality of cycles,
 indicated high-pressure work from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 spread of the indicated high-pressure work over a plurality of cycles,
 indicated low-pressure work from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles,
 spread of the indicated low-pressure work over a plurality of cycles and via conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, via mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or via adapted conversion factors.

13. Method according to Claim 1, **characterized in that** the combustion-chamber pressure is integrated over a predeterminable range or **in that** the combustion-chamber pressure difference is integrated over a predeterminable range, and either the integrals are formed from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles, and the valve control times are inferred via conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, via mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or via adapted conversion factors.

14. Method according to Claim 13, **characterized in that** the valve control times are inferred from the spread of the integral or integrals over a plurality of cycles.

15. Method according to Claim 1, **characterized in that** the valve control times are inferred from the occurrence of oscillations in the combustion-chamber pressure profile as a result of knocking combustion or from the need for countermeasures for avoiding knocking combustion, these countermeasures in turn being taken on account of pressure oscillations in the combustion-chamber profile, either from an individual pressure profile or from a pressure profile averaged over a plurality of cycles, via conversions determined in an engine-specific manner and filed as a characteristic map or as a characteristic curve, via mathematical relationships determined in an engine-specific manner, or via adapted conversion factors.

Revendications

1. Procédé d'évaluation de la pression de la chambre de combustion d'un moteur à combustion interne comprenant ;

au moins un capteur de la pression de cylindre qui mesure la pression dans le cylindre et un capteur d'angle de vilebrequin qui donne un signal représentant la position du vilebrequin et une installation d'exploitation comprenant au moins un microprocesseur recevant les signaux des capteurs, le microprocesseur permettant de conclure, à partir de la courbe de la pression dans la chambre de combustion et en fonction de la position angulaire du vilebrequin, à l'arrivée d'au moins l'un des instants de commande de soupape « ouverture échappement » « fermeture de l'échappement » « ouverture de l'admission » « fermeture de l'admission » par rapport à la position angulaire du vilebrequin,

caractérisé en ce qu'

on effectue les mesures pendant le fonctionnement normal du moteur à combustion interne et on exploite les courbes de pression de chambre de combustion ou les événements produits, dépendant de la courbe de pression de la chambre de combustion et caractérisant les instants de commande des soupapes.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**

on conclut à la situation « ouverture de l'échappement » pour l'instant de commande des soupapes si la ligne d'expansion de la courbe de pression dans la chambre de combustion varie de façon que la variation du gradient de pression change de signe avec l'augmentation du volume ou l'augmentation de l'angle du vilebrequin.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**

pour reconnaître l'état a fermeture de l'admission » on détecte le volume ou l'angle du vilebrequin pour lequel la pression de compression est égale à la pression existant pendant l'échappement à la même distance du point mort haut.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2,

caractérisé en ce que

pour déterminer l'instant de commande de soupape « fermeture de l'admission » on détecte le volume ou l'angle du vilebrequin pour lequel la pression de compression est égale à la pression ambiante.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2,

caractérisé en ce que

pour détecter l'instant de commande de soupape « fermeture de l'admission », on détecte le volume ou l'angle du vilebrequin pour lequel la pression de compression est égale à une pression fixe prédéterminée.

6. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

pour déterminer les instants de commande de soupape « fermeture de l'échappement » « fermeture de l'admission » ou « ouverture de l'admission » on évalue le niveau de pression absolue pendant la compression avant que ne se produise la combustion et on conclut aux instants de commande de soupape à partir d'une courbe de pression simple ou d'une courbe de pression moyenne correspondant à plusieurs cycles, avec comparaison de données spécifiques au moteur, enregistrées sous la forme de champs de caractéristiques ou de courbes caractéristiques ou de relations mathématiques spécifiques au moteur ou de coefficients de conversion adaptés.

7. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

pour détecter au moins un instant de commande de soupape on exploite le gradient de la pression de combustion pendant la compression avant que ne se produise la combustion ou un exposant polytropique calculé à partir de là et on conclut à l'instant de commande de soupape à partir de la courbe de pression simple ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles obtenue à l'aide de relations ou de coefficients de conversion adaptés, spécifiques au moteur, et enregistrés comme caractéristiques ou comme courbes caractéristiques ou correspondant à des relations mathématiques spécifiques au moteur.

8. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'

à partir du niveau de pression absolue ou du gradient de pression, pendant l'expansion, avant l'ouverture de la soupape d'échappement ou à partir d'un exposant polytropique calculé à partir des gradients de pression, soit à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, on conclut aux instants de commande de soupape « fermer l'échappement » « ouvrir l'admission » ou « fermer l'admission », à l'aide de calculs de conversion obtenus, spécifiques au moteur et enregistrés sous la forme d'une courbe caractéristique ou d'un champ de caractéristiques, ou de relations mathématiques déterminées, spécifiques au moteur ou de coefficients de conversion

adaptés.

9. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

à partir de la position de la montée maximale en pression à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, on conclut aux instants de commande de soupape « fermeture de l'échappement » « ouverture de l'admission » ou « fermeture de l'admission » pour des conversions spécifiques au moteur, obtenues comme courbes caractéristiques ou comme champs de caractéristiques, enregistrés, comme relations mathématiques obtenues, spécifiques au moteur ou encore comme coefficients de conversion adaptés.

10. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que

pour détecter les instants de commande des soupapes on utilise au moins l'une des grandeurs suivantes :

dispersion de la position de la montée en pression maximale sur plusieurs cycles, gradient de pression maximum produit à partir d'une seule courbe de pression ou une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion du gradient de pression maximum produit sur plusieurs cycles, position de la pression maximale à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion de la position de la pression maximale sur plusieurs cycles, amplitude de la pression maximale résultant d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion de la position de la pression maximale sur plusieurs cycles, et on tient également compte pour déterminer les instants de commande des soupapes de conversions enregistrées sous forme de champs de caractéristiques ou de courbes caractéristiques, de relations mathématiques déterminées, spécifiques au moteur, ou de coefficients de conversion adaptés.

11. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

à partir de l'une des grandeurs suivantes on conclut aux instants de commande de soupape : dispersion de la position de certains segments de conversion d'énergie sur plusieurs cycles, position du maximum de la conversion d'énergie à partir d'une seule courbe de pression ou

d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion de la position du maximum de la conversion d'énergie sur plusieurs cycles, gradient maximum de la conversion d'énergie à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, et en tenant compte de conversions obtenues, spécifiques au moteur, enregistrées sous la forme de champs de caractéristiques ou de courbes caractéristiques, de relations mathématiques obtenues, spécifiques au moteur ou de coefficients de conversion adaptés.

12. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

on exploite l'une des grandeurs suivantes :

travail indexé à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion du travail indexé sur plusieurs cycles, travail de haute pression indexé à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion du travail de haute pression indexé sur plusieurs cycles, travail basse pression indexé à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles, dispersion du travail basse pression indexé sur plusieurs cycles ou de conversions, déterminées, spécifiques au moteur, enregistrées sous la forme d'un champ de caractéristiques ou de courbes caractéristiques, de relations mathématiques déterminées, spécifiques au moteur ou de coefficients de conversion adaptés, pour conclure aux instants de commande de soupape.

13. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'

on intègre la pression de la chambre de combustion dans une plage prédéterminée ou on intègre la différence de pression de la chambre de combustion dans une plage prédéterminée et on forme l'intégrale à partir d'une seule courbe de pression ou d'une courbe de pression moyenne sur plusieurs cycles et on conclut aux instants de commande des soupapes par des conversions déterminées, spécifiques au moteur, enregistrées comme champs de caractéristiques ou courbes caractéristiques, des relations mathématiques déterminées, spécifiques au moteur ou des coeffi-

cients de conversion adaptés.

14. Procédé selon la revendication 13,

caractérisé en ce qu'

à partir de la dispersion de la ou des intégrales sur
plusieurs cycles on conclut aux instants de com-
mande de soupape. 5

15. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'

à partir de la production d'oscillations dans la cour-
be de pression de la chambre de combustion, du
fait d'une combustion avec cliquetis ou de la néces-
sité de contre-mesures, pour éviter une combustion
avec cliquetis, mesure prise à partir des oscillations
de pression dans la courbe de pression de la cham-
bre de combustion, soit à partir d'une seule courbe
de pression ou d'une courbe de pression moyenne
s'étendant sur plusieurs cycles, on conclut aux ins-
tants de commande de soupape par des conver-
sions déterminées, spécifiques au moteur, enregis-
trées comme champs de caractéristiques ou des
courbes caractéristiques, des relations mathémati-
ques déterminées, spécifiques au moteur ou des
coefficients de conversion adaptés. 10
15
20
25

30

35

40

45

50

55

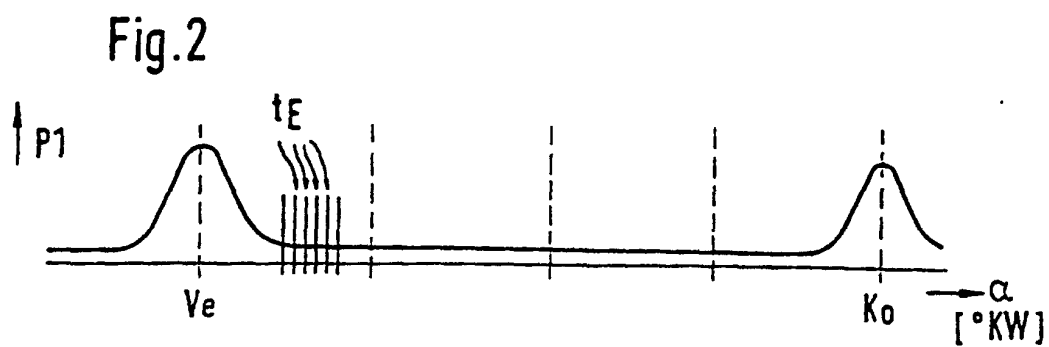
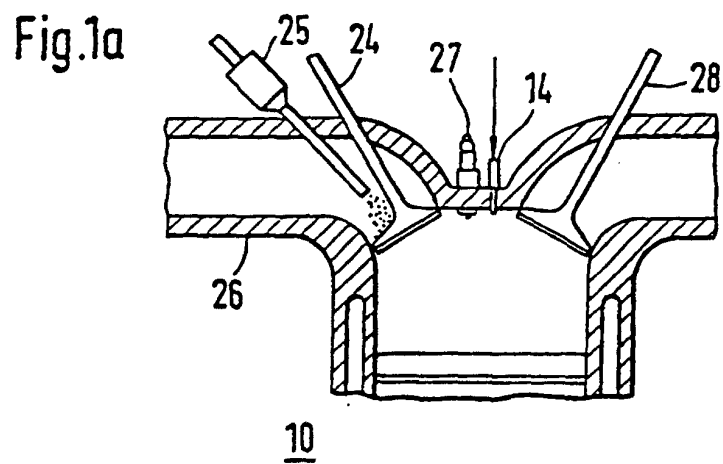
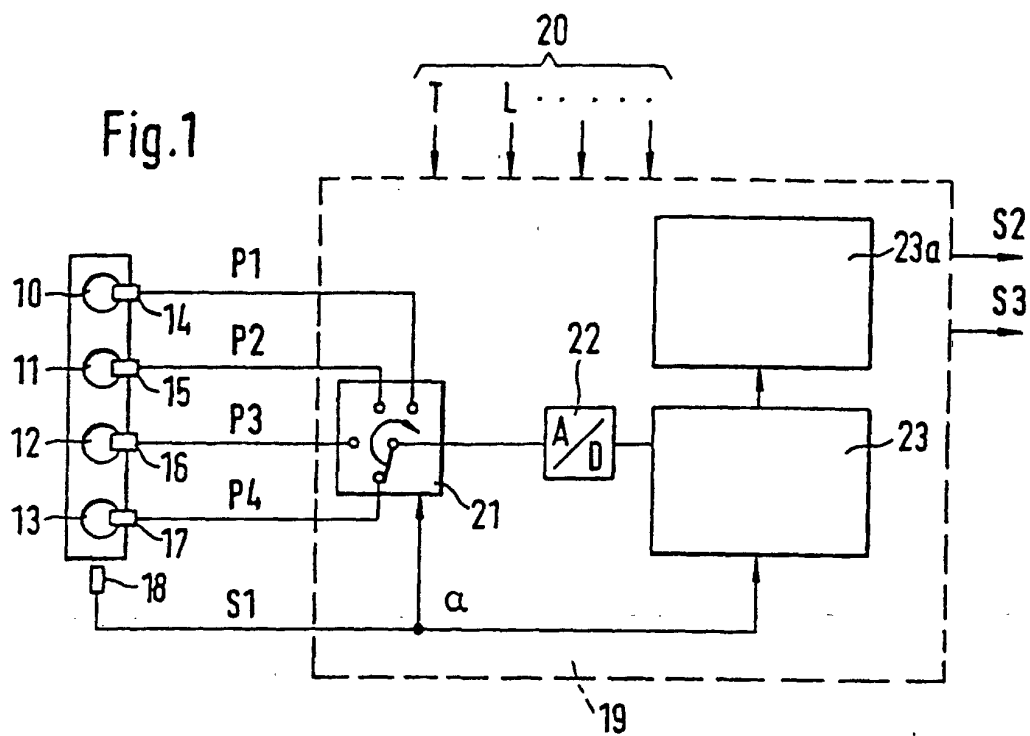


Fig.3

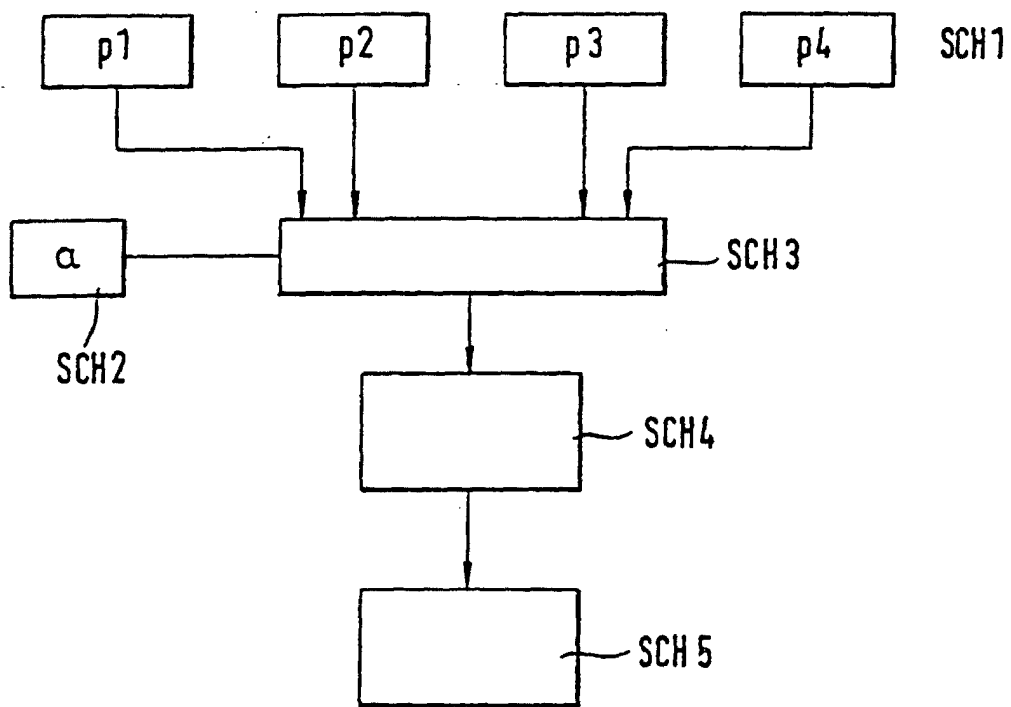


Fig.4

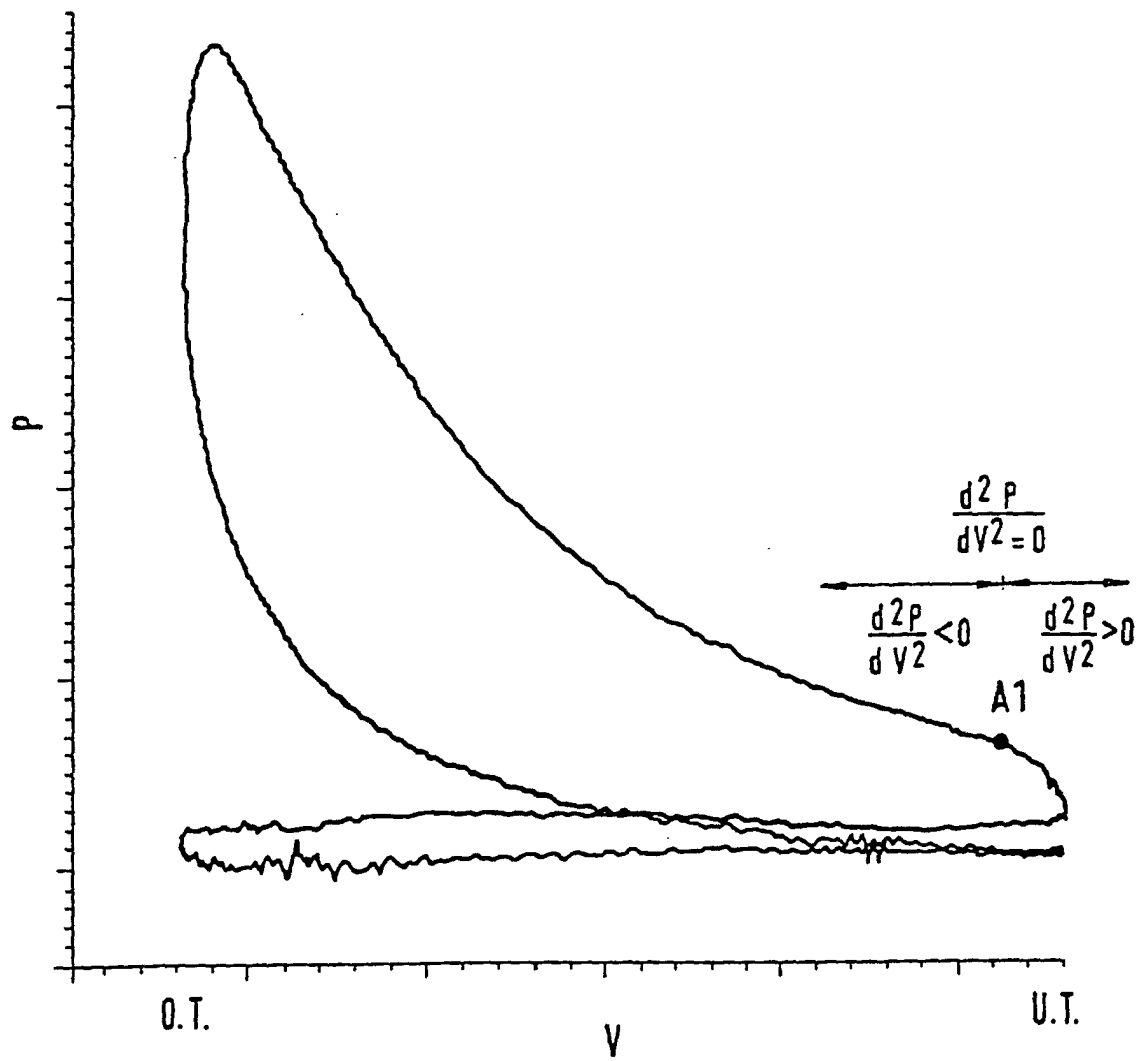


Fig.5

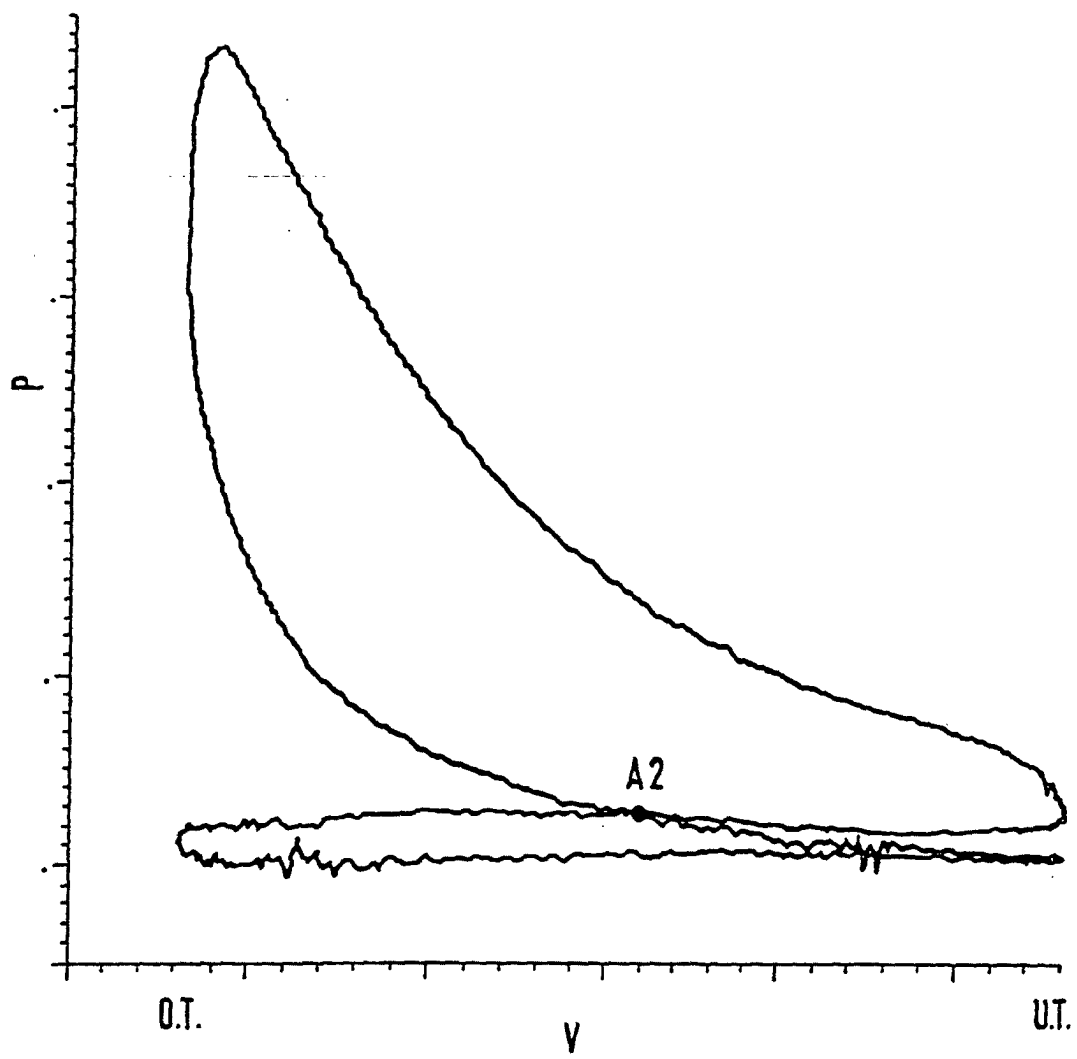


Fig.6

