



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 41 820 B4** 2009.02.12

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **197 41 820.1**
(22) Anmeldetag: **23.09.1997**
(43) Offenlegungstag: **25.03.1999**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **12.02.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/00** (2006.01)
F02D 41/22 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

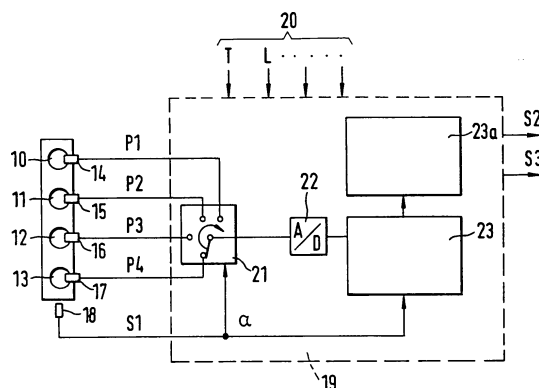
(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Walter, Klaus, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE;
Bellmann, Holger, Dr., 71636 Ludwigsburg, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 40 36 847 C2
WO 89/03 983 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Auswertung des Brennraumdruckverlaufs**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Auswertung des Brennraumdrucks bei einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Zylinderdrucksensor und einem Kurbelwellenwinkelsensor, der ein für die Kurbelwellenstellung repräsentatives Signal abgibt und einer Auswerteeinrichtung, der die Signale der Sensoren zugeführt werden, wobei aus dem Brennraumdruckverlauf in Abhängigkeit von der Kurbelwellenwinkelstellung auf wenigstens eine der Ventilsteuerzeiten „Auslaß öffnet“, „Auslaß schließt“, „Einlaß öffnet“, „Einlaß schließt“, in Bezug auf die Kurbelwellenwinkelstellung geschlossen wird, wobei dazu die die Ventilsteuerzeiten kennzeichnenden Ereignisse ausgewertet werden, 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, und dass bei einer Höhenfahrt die Erkennung von Ventilsteuerzeiten zeitweise unterbunden wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Auswertung des Brennraumdruckverlaufs bei Brennkraftmaschinen nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

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.

[0003] Aus der DE 40 36 847 C2 ist eine Einrichtung zur Steuerung der Ventilsteuerzeiten bei einer Brennkraftmaschine bekannt, wobei die Öffnungs- und Schließzeiten der Ein- und Auslassventile mit hoher Präzision steuerbar sind sowie der Lufteinlass- und der Abgasauslass-Wirkungsgrad der Maschine verbessert und dadurch die Ausgangsleistung der Maschine gesteigert werden. Die Einrichtung umfasst einen Druckfühler, der den Innendruck in einem Zylinder der Maschine aufnimmt, einen Kurbelwinkelsensor, der den Kurbelwinkel der Maschine aufnimmt, eine Ventilsteuerzeit-Detektiereinrichtung, die die Öffnungs- und Schließzeiten der Ein- und Auslassventile aus dem aufgenommenen Zylinderinnendruck und dem aufgenommenen Kurbelwinkel detektiert, eine Sperreinrichtung, die den Betrieb der Ventilsteuerzeitdetektiereinrichtung während Verbrennungsperioden der Maschine aussetzt, eine Grundventilsteuerzeit-Tabelle, in der Grundventilöffnungs- und -schließzeiten für die Ein- und Auslassventile gespeichert sind, die auf der Basis der Betriebsbedingungen der Maschine vorbestimmt sind, einen Vergleicher, der die von der Ventilsteuerzeit-Detektiereinrichtung detektierten Ventilöffnungs- und Schließzeiten und die in der Grundventilsteuerzeit-Tabelle gespeicherten, vorbestimmten Ventilöffnungs- und -schließzeiten miteinander vergleicht und zwischen ihnen auftretende Abweichungen berechnet, und eine Ventilsteuerzeit-Einstelleinrichtung, die die Öffnungs- und Schließzeiten der Ein- und Auslassventile nach Maßgabe der so berechneten Abweichungen in solcher Weise einstellt, dass das tatsächliche Öffnen bzw. Schließen der Ein- und Auslassventile zu

den vorbestimmten Grundventilöffnungs- und -schließzeiten stattfindet.

[0004] Aus der WO 89/03983 A1 ist ein Verfahren zur Ermittlung des Verbrennungsdrucks einer Brennkraftmaschine bekannt. Dieses Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass aus dem mittels einfacher Sensoren ermittelten Brennraumdruck der Verbrennungsdruck berechnet wird, indem der Kompressionsdruck bestimmt wird. Diese Werte des Kompressionsdrucks werden zur Berechnung des Verbrennungsdrucks vom Brennraumdruck abgezogen. Vorzugsweise wird dabei der Verlauf des Kompressionsdrucks dadurch gewonnen, dass die Brennraumdruckwerte während der Kompression zum oberen Totpunkt in der Arbeitsphase gemessen und in einem Speicher abgelegt werden. Die nach dem oberen Totpunkt auftretenden Kompressionswerte werden durch eine Spiegelung an einer durch den oberen Totpunkt verlaufenden Achse gewonnen, so dass sich ein symmetrischer Kurvenverlauf für den Kompressionsdruck ergibt.

Vorteile der Erfindung

[0005] Die Aufgabe ist, dass eine genaue Analyse des Brennraumdruckverlaufs durchgeführt wird, so dass die Ventilsteuerzeiten in Bezug auf die Kurbelwellenstellung ermittelbar sind. Die Aufgabe wird mit dem Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. 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 Mittelwertbil-

derung, 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 [Fig. 1](#) eine an sich schon bekannte Einrichtung zur Erfassung des Druckverlaufs in den Zylindern einer Brennkraftmaschine. In [Fig. 1a](#) sind relevante Teile der Brennkraftmaschine dargestellt. [Fig. 2](#) zeigt einen charakteristischen Brennraumdruckverlauf über dem Kurbelwellenwinkel. In [Fig. 3](#) ist ein Flußdiagramm eines erfindungsgemäßen Auswerteverfahrens dargestellt und die [Fig. 4](#), [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) zeigen verschiedene Zusammenhänge zwischen Brennraumdruck, Brennraumvolumen und Kurbelwellenwinkel.

[0009] In [Fig. 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 **11** 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 Ausgabereinheit **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 [Fig. 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(α) vorliegt. Im Schritt SCH4 wird der Druckverlauf ausgewertet, eventuell unter Berücksichtigung abgespeicherter Daten und im Schritt SCH5 wird auf die betreffende Ventilsteuerereinheit 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 [Fig. 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 [Fig. 2](#) in der Phase Ve statt. In der Phase Ko tritt lediglich eine Kompression auf.

[0016] Der in [Fig. 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 Ventilsteuerzeiten 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 geringerwerdende 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 [Fig. 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

$$\frac{d^2P}{dv}$$

einen Vorzeichenwechsel aufweist. Dies gilt auch für den Zusammenhang

$$\frac{d^2P}{d\alpha^2} \cdot$$

[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 dieses 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 [Fig. 5](#) entnehmen. Sie ist zwar kein direktes Maß für die Ventilsteuerzeit „Einlaß schließt“, verschiebt sich jedoch bei einer Änderung des Schließens des Ein-

laßventils. 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 [Fig. 6](#) lassen sich entsprechende Rückschlüsse ziehen. In [Fig. 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 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 Nullniveauekorrektur 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 Brennraumdruckverlaufs 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 Hö-

henfahrt 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 be-

stimmte 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 und einem Kurbelwellenwinkelsensor, der ein für die Kurbelwellenstellung repräsentatives Signal abgibt und einer Auswerteeinrichtung, der die Signale der Sensoren zugeführt werden, wobei aus dem Brennraumdruckverlauf in Abhängigkeit von der Kurbelwellenwinkelstellung auf wenigstens eine der Ventilsteuerzeiten „Auslaß öffnet“, „Auslaß schließt“, „Einlaß öffnet“, „Einlaß schließt“, in Bezug auf die Kurbelwellenwinkelstellung geschlossen wird, wobei dazu die die Ventilsteuerzeiten kennzeichnenden Ereignisse ausgewertet werden, **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, und dass bei einer Höhenfahrt die Erkennung von Ventilsteuerzeiten zeitweise unterbunden wird.

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, 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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, wobei zusätzlich motorspezifisch ermittelte, als Kennfeld oder Kennlinie abgelegte Umrechnungen, motorspezifisch ermittelte mathematische Zusammenhänge oder adaptierte Umrechnungsbeiwerte zur Bestimmung der Ventilsteuerzeiten mitberücksichtigt werden.

10. 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.

11. 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, und auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

12. 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.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß aus der Streuung des oder der Integrale über mehrere Zyklen auf die Ventilsteuerzeiten geschlossen wird.

14. 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.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

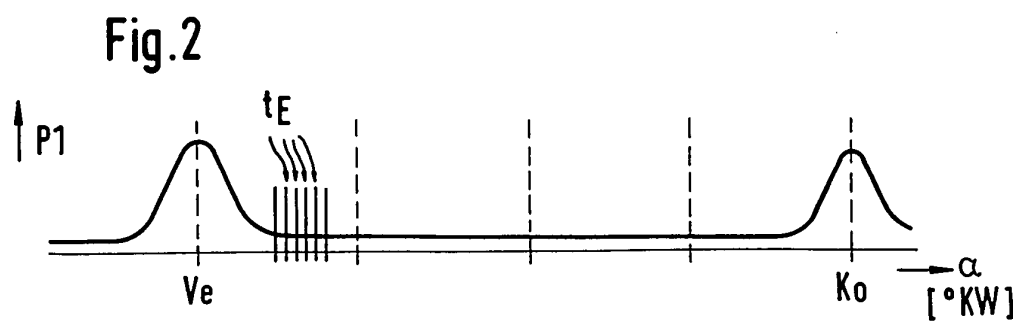
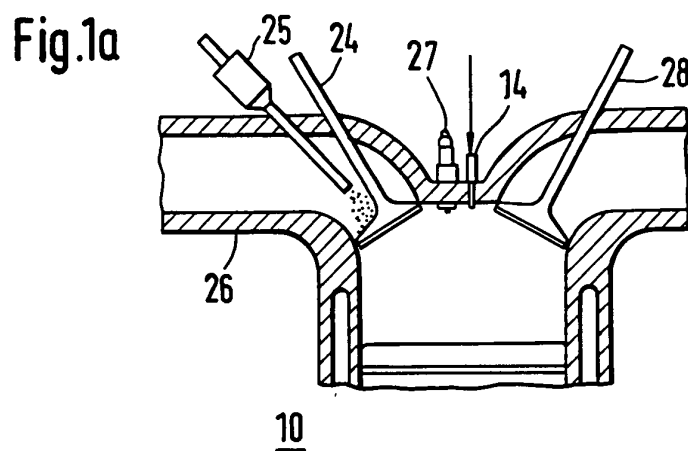
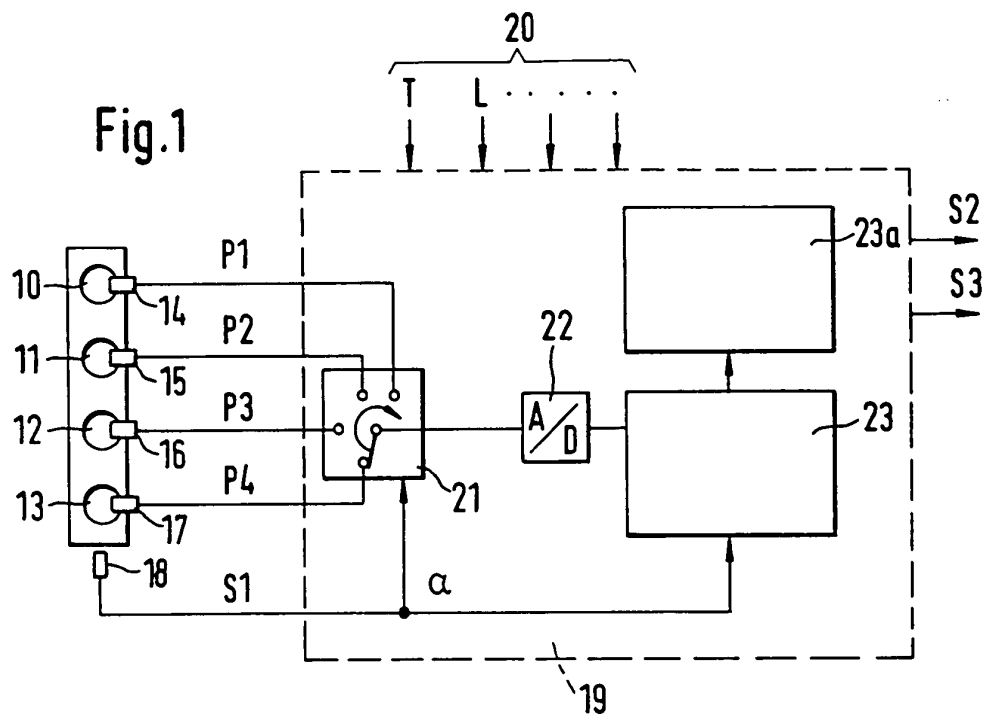


Fig.3

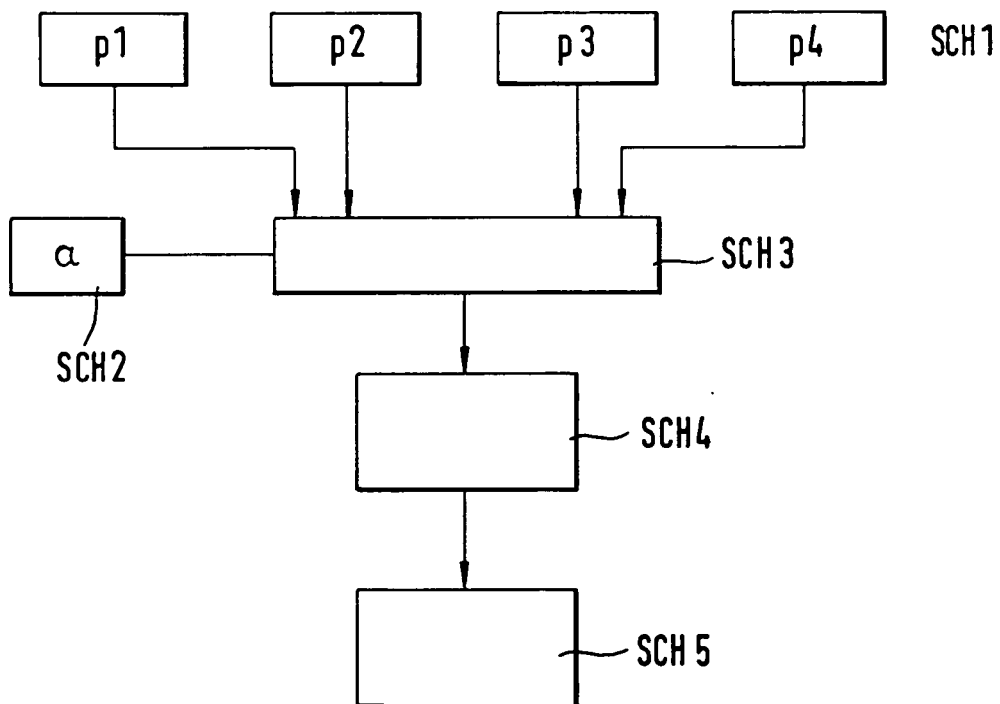


Fig.4

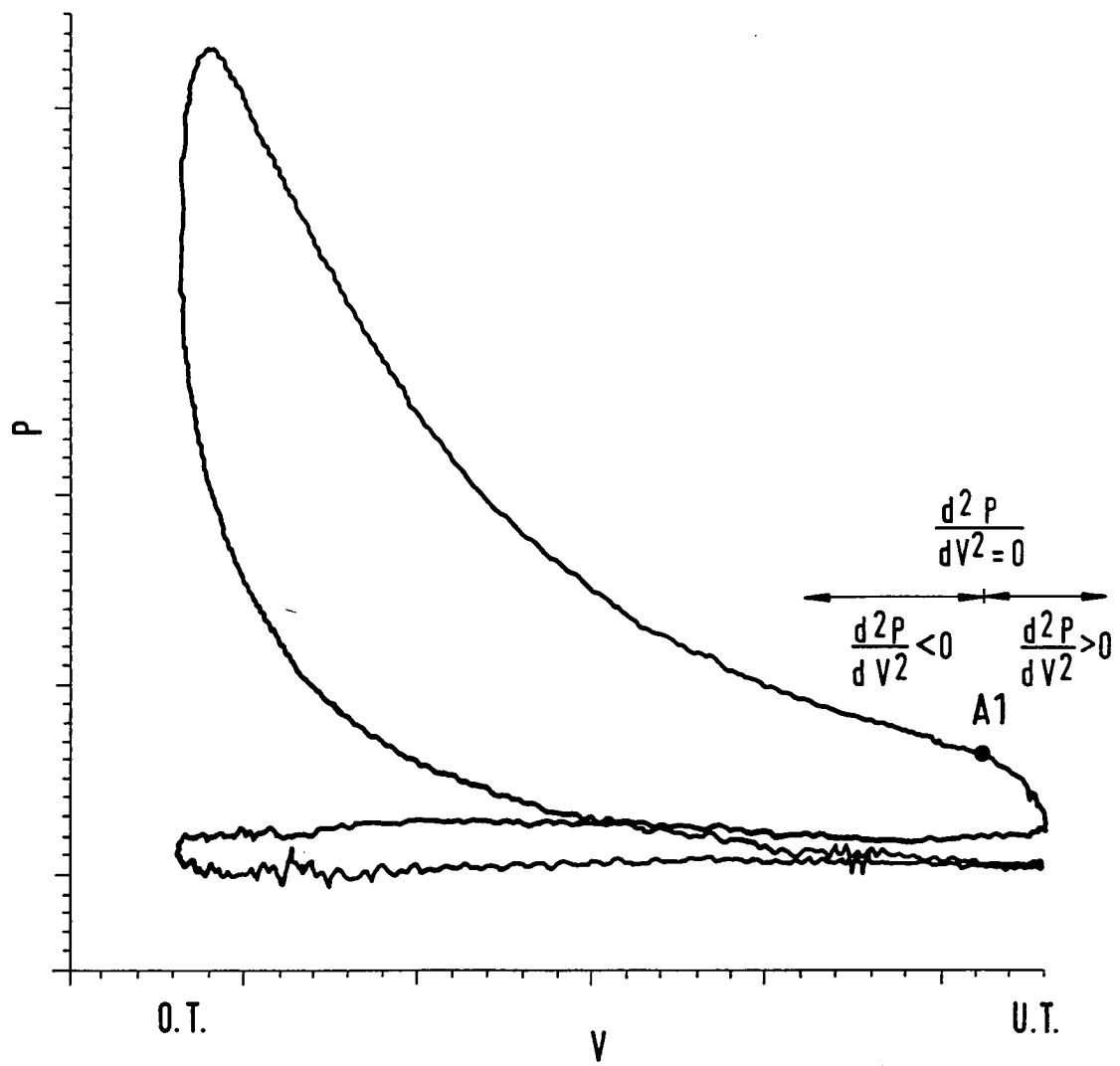


Fig.5

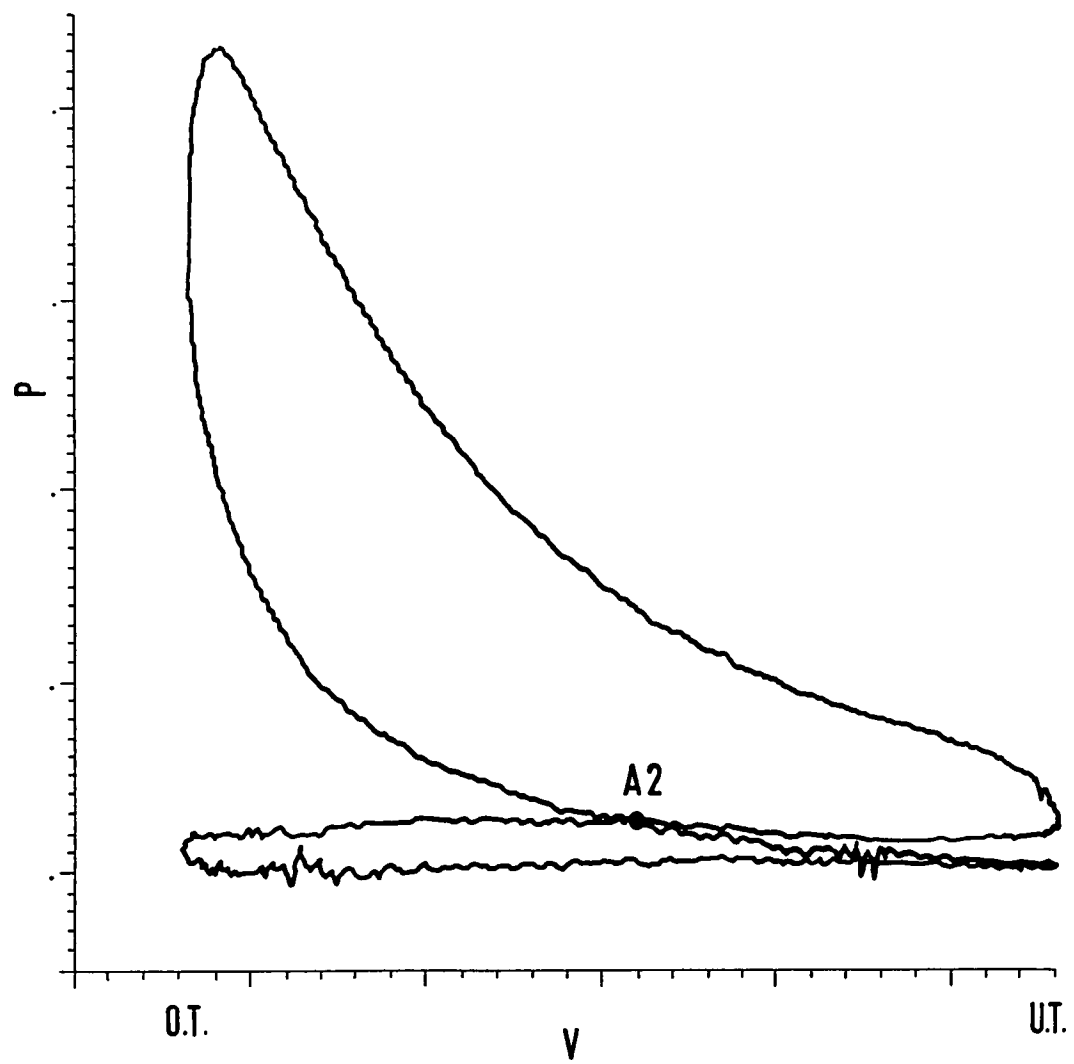


Fig.6

