(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 801 226 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
15.10.1997 Patentblatt 1997/42

(51) Int. Cl.[6]: **F02P 17/12**, F02D 41/14

(21) Anmeldenummer: **97104744.4**

(22) Anmeldetag: **20.03.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI LU NL SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
LT LV SI

(30) Priorität: **12.04.1996 DE 19614388**

(71) Anmelder: **STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG**
D-37603 Holzminden (DE)

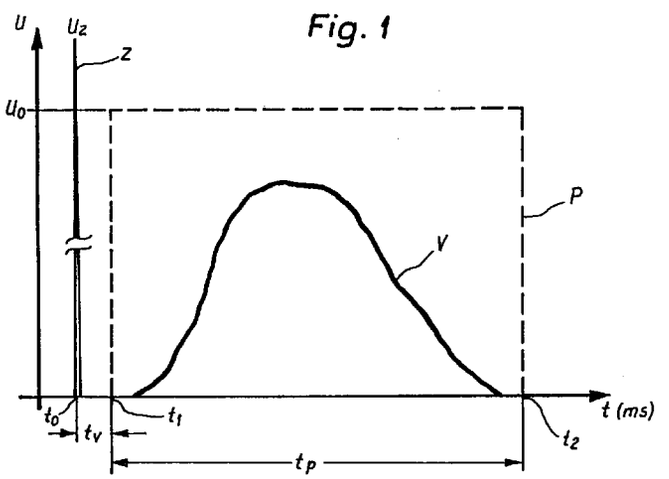
(72) Erfinder:
- **Nolte, Hubert**
  37671 Höxter (DE)
- **Herrs, Martin**
  37671 Höxter (DE)

(74) Vertreter: **Gaiser, Hartmut, Dipl.-Ing.**
Sulzbacher Strasse 39
90489 Nürnberg (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Auswertung der Qualität eines Kraftstoff-Luftgemisches

(57) Durch ein Verfahren und eine Vorrichtung soll die Qualität eines Kraftstoff-Luftgemisches in einer Verbrennungsphase, insbesondere bei einem Ottomotor, ausgewertet werden, um einen schadstoffarmen, kraftstoffsparenden und klopffreien Betrieb zu ermöglichen. Es wird hierfür während der Verbrennungsphase(V) folgend auf den Zündimpuls(Z) ein elektrischer Prüfimpuls(P) an die Zündkerze gelegt. Die Beeinflussung des Prüfimpulses durch das jeweilige Kraftstoff-Luftgemisch des Verbrennungsraumes wird als elektrische Größe erfaßt und ausgewertet.

Fig. 1



EP 0 801 226 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Auswerten der Qualität eines Kraftstoff-Luftgemisches in einer Verbrennungsphase, insbesondere bei einem Ottomotor, bei dem zyklisch ein die Verbrennungsphase einleitender elektrischer Zündimpuls an eine Zündkerze eines Verbrennungsraumes gelegt wird. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

Nach dem Stand der Technik werden Ottomotoren mit einem (fetten) Kraftstoff-Luftgemisch betrieben, dessen Lambdawert (Kraftstoff/Luftverhältnis) um 1 liegt. Eine solche Betriebsweise ist hinsichtlich der Verbrennungsabgase und des Kraftstoffverbrauchs nicht immer befriedigend.

Es sind auch Ottomotoren bekannt, die mit einem mageren Kraftstoff-Luftgemisch (Lambdawert >1) betrieben werden. Dadurch wird der Kraftstoffverbrauch reduziert. Es kann jedoch zum "Klopfen" kommen, was unerwünscht ist.

Bei den bekannten Motoren wird nicht das Kraftstoff-Luftverhältnis einzelner Verbrennungsphasen ausgewertet, so daß Regelungen des Kraftstoff-Luftverhältnisses entsprechend unscharf sind.

In der DE 28 02 196 C2 ist eine Ionenstromsonde zur Erfassung des Ionisationszustandes von Reaktionsgemischen beschrieben. Die Ionenstromsonde ist mit einer Auswerteeinrichtung für den Ionenstrom zur Bildung einer Steuer- oder Anzeigegröße verbunden. Zum Abbrennen von Rückständen wird an die Ionenstromsonde, die von einer Zündkerze gebildet sein kann, eine Zündspannung gelegt.

In der DE 42 39 803 C2 ist eine Ionisationsstromdetektoreinrichtung für eine Brennkraftmaschine vorgeschlagen. Mit dieser soll die Verbrennung des Gasgemisches durch die Ermittlung eines Verbrennungsimpulses bestätigt werden. Es kann nur erfaßt werden, ob eine Verbrennung erfolgte oder nicht erfolgte.

Aus der DE-PS 34 45 539 ist eine Auswertung des Lambdawertes bekannt, bei der die Zeit zwischen dem Zündimpuls und dem Ausbreiten der Flammenfront erfaßt wird. Diese Zeit repräsentiert den Ist-Lamodawert. Zur Messung der Ausbreitung der Flammenfront dient eine separat im Verbrennungsraum montierte Elektrode.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Auswerten eines Kraftstoff-Luftgemisches einer Verbrennungsphase vorzuschlagen, um einen schadstoffarmen, kraftstoffsparenden und klopffreien Betrieb einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere Ottomotors, zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß während der Verbrennungsphase folgend auf den Zündimpuls ein elektrischer Prüfimpuls an die Zündkerze gelegt wird und daß die durch das jeweilige Kraftstoff-Luftgemisch des Verbrennungsraumes erfolgende Beeinflussung des Prüfimpulses als elektrische Größe erfaßt wird.

Dadurch ist erreicht, daß unter Verwendung der ohnehin vorhandenen Zündkerze das Gemischverhältnis (Lambdawert) des in einer einzelnen Verbrennungsphase im Verbrennungsraum jeweils vorliegenden Kraftstoff/Luftgemisches ermittelt wird. Die Zündkerze wirkt im Verbrennungsraum als Ionisationselektrode, wobei die von dem Gemischverhältnis abhängige Ionisierung des im Verbrennungsraum jeweils befindlichen Kraftstoff-Luftgemisches den elektrischen Prüfimpuls entsprechend beeinflußt. Die aktive Vorgabe eines definierten Prüfimpulses führt zu besser reproduzierbaren und besser auswertbaren Signalen als eine nur passive Auswertung der Ionisierung der Verbrennungsgase.

Die aus der Beeinflussung des Prüfimpulses abgeleitete elektrische Größe läßt sich zur Steuerung des Gemischverhältnisses der folgenden Verbrennungsphase und/oder der folgenden Verbrennungsphasen verwenden. Dies kann dadurch geschehen, daß die Kraftstoffzufuhr und/oder die Luftzufuhr entsprechend erhöht und/oder reduziert wird, um den Sollwert des Gemischverhältnisses zu erreichen. Vorzugsweise wird im Bereich des Gemischverhältnisses, bei dem der Motor zum "Klopfen" neigt, auch der Zündzeitpunkt nachgestellt, um ein "Klopfen" bei folgenden Verbrennungsvorgängen zu vermeiden.

Im Grenzfall kann nach jeder Verbrennungsphase (Arbeitstakt des Ottomotors) bzw. jedem Prüfimpuls das optimale Gemischverhältnis und der optimale Zündzeitpunkt für die nächste Verbrennungsphase eingestellt werden. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, aus mehreren Prüfimpulsen aufeinanderfolgender Verbrennungsphasen einen Mittelwert zu bilden und mit diesem die Nachstellung für eine oder mehrere folgende Verbrennungsphasen vorzunehmen und/oder aufgrund des Prüfimpulses einer Verbrennungsphase die Nachstellung für mehrere nachfolgende Verbrennungsphasen vorzunehmen.

Ein Ottomotor hat üblicherweise mehrere Verbrennungsräume (Zylinder). Durch die Erfindung ist es möglich, das Gemischverhältnis und nötigenfalls den Zündzeitpunkt für jeden Zylinder separat zu erfassen und einzustellen.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist durch die Merkmale der Ansprüche 12 bis 14 gekennzeichnet. Diese elektrische Vorrichtung ist einfach in eine übliche Zündanlage zu integrieren.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens und der Vorrichtung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 ein Zeitdiagramm einer Verbrennungsphase (Arbeitstakt eines Ottomotors) mit Zündimpuls und Prüfimpuls,

Figur 2 A,B,C Meßdiagramme des Prüfimpulses bei einem fetten Gemisch, z.B. Lambda 0,8,

Figur 3 A,B,C Meßdiagramme des Prüfimpulses bei Lambda um 1,

Figur 4 A,B,C Meßdiagramme des Prüfimpulses bei sehr magerem Gemisch, z.B. Lambda >1, wobei bei den Meßdiagrammen 2A, 3A und 4A eine Integralmessung, bei den Meßdiagrammen 2B, 3B, 4B eine Spannungsmessung in einem vorgegebenen Zeitfenster und bei den Meßdiagrammen 2C, 3C, 4C eine vom Erreichen eines Spannungsschwellwertes abhängige Zeitmessung erfolgt,

Figur 5 schematisch ein Schaltbild zur Erzeugung und Auswertung des Prüfimpulses nach den Figuren 1 bis 4.

Ein Ottomotor weist mehrere Verbrennungsräume(1) auf, von denen in der Figur 5 einer gezeigt ist. In dem Verbrennungsraum(1) ist eine Zündkerze(2) angeordnet. Über ein nicht dargestelltes Ventil ist dem Verbrennungsraum(1) ein Kraftstoff-Luftgemisch zuführbar, dessen Gemischverhältnis beispielsweise mit einer Eispritzdüse(3) und einer Drosselklappe(4) einstellbar ist.

Die Zündkerze(2) ist an eine Sekundärwicklung(5) einer Zündspule(6) angeschlossen, vor deren Primärwicklung(7) ein Unterbrecher(8) liegt. Ein Zündverteiler(9) verteilt die Zündimpulse auf die Zündkerzen(2) der Verbrennungsräume.

In den Figuren 1 bis 4 ist die Verbrennungsphase(V) eines Verbrennungsraums(1) eines Viertakt-Ottomotors angedeutet. Diese beginnt mit einem über den Unterbrecher(8) und die Zündspule(6) von der Zündkerze(2) ausgelösten Zündimpuls(Z), der beispielsweise eine Zündspannung von 15 kV hat. Sie endet je nach der Motordrehzahl nach einigen ms, wonach das Abgas aus dem Verbrennungsraum(1) ausgeschoben wird. Bei den Ausführungsbeispielen nach den Figuren 1 bis 4 wird um tv zeitverzögert nach dem Zündzeitpunkt(t0) während jeder Verbrennungsphase(V) von einem Prüfimpulsgenerator(10) ein strichliert dargestellter Prüfimpuls(P) erzeugt. Zur Erfassung des Zündzeitpunktes ist der Prüfimpulsgenerator(10) über eine Signalleitung(11) mit dem Unterbrecher(8) oder der Sekundärwicklung(5) der Zündspule(6) gekoppelt. Der Prüfimpuls(P) ist ein Rechteckimpuls, der die Verbrennungsphase(V) einschließt.

Der Prüfimpuls beginnt nach der Zeitverzögerung(tv) zum Zeitpunkt(t1). Die Zeitverzögerung(tv) ist so bemessen, daß der Prüfimpuls vor dem Beginn der eigentlichen Verbrennungsphase(V) einsetzt. Die Zeitverzögerung(Tv) ist kleiner als 1ms; sie liegt beispielsweise bei 0,1ms. Durch die Zeitverzögerung(tv) werden Nachschwingungen der Zündspannung ausgefiltert. Der Prüfimpuls(P) endet zum Zeitpunkt(t2) nach der Verbrennungsphase(V). Seine Dauer (tp) beträgt etwa maximal 15ms.

Die Amplitude(U0) bleibt vor dem Widerstand(R1) während der Dauer des Prüfimpulses konstant und wird hinter dem Widestand(R1) durch eine eventuelle Ionisation verkleinert. Die Amplitude des Prüfimpulses(P) ist wesentlich kleiner als die Zündspannung(Uz) der Zündkerze. Beispielsweise liegt der Maximalwert(U0) der Amplitude etwa zwischen 100 V und 1000 V, beispielsweise bei 600 V.

Der Prüfimpuls(P) ist über einen Meßwiderstand(R1) an die Zündkerze(2) gelegt. Eine am Meßwiderstand(R1) liegende Auswerteschaltung(12) erfaßt die sich in Abhängigkeit von dem jeweiligen Gemischverhältnis im Verbrennungsraum(1) infolge der unterschiedlichen Ionisierung des Kraftstoff-Luftgemisches ergebende Änderung der Amplitude bzw. des Meßsignalverlaufs(Pio) gegenüber dem Prüfimpuls(P) mit dem Maximalwert(U0). Hierzu dienen Meßleitungen(16,17) vor und hinter dem Meßwiderstand(R1), die auf die Auswerteschaltung(12) gelegt sind und eine Differenzspannung an diese legen. Die Figuren 2, 3 und 4 zeigen solche Amplitudenänderungen bzw. Meßsignaländerungen anhand von Meßergebnissen.

Bei einem Gemischverhältnis entsprechend Lambda <1 ergibt sich bei der Messung der Mepsignalimpuls(Pio) mit einer Amplitude(U1) (vgl. Fig. 2A, 2B, 2C) Bei einem Gemischverhältnis entsprechend Lambda etwa 1 ergibt sich bei der Messung ein Meßsignalimpuls(Pio) mit einer Amplitude(U2) (vgl. Fig. 3A, 3B, 3C). Bei einem Gemischverhältnis entsprechend Lambda >1 ergibt sich bei der Messung der Meßsignalimpuls(Pio) mit einer Amplitude (U3) (vgl. Fig. 4A, 4B, 4C). Die jeweilige Änderung des sich ergebenden Meßsignalimpulses(Pio) gegenüber dem Prüfimpuls ist somit ein Maß für das jeweilige Gemischverhältnis in dem Verbrennungsraum(1) in der Verbrennungsphase(V). Diese Änderung erfaßt die Auswerteschaltung(12) und wertet sie zur Steuerung der Einspritzdüse(3) über eine Steuerleitung(13) und/oder zur Steuerung der Drosselklappe(4) über eine Steuerleitung (14) und zur Steuerung des Zündzeitpunktes des Unterbrechers(8) über eine Steuerleitung(15) aus.

An die Auswerteschaltung(12) ist ein Sollwert(S) gelegt, der das jeweils gewünschte Gemischverhältnis vorgibt. Entsprechend der Abweichung vom Sollwert(S) stellt die Auswerteschaltung(12) die Kraftstoff- und/oder Luftzufuhr über die Steuerleitungen(13,14) nach.

Bei der Schaltung nach Figur 5 ist der Prüfimpuls(P) über den Meßwiderstand(R1) an die Zündkerze(2) gelegt. Die Sekundärwicklung(5) ist durch einen oder mehrere spannungsabhängige Widerstände(R2) von dem Prüfimpuls(P) entkoppelt. Dieser wird dadurch an der Zündkerze(2), nicht jedoch an der Sekundärwicklung(5) wirksam. Die spannungsabhängigen Widerstände(R2) liegen in Reihe zur Sekundärwicklung(5). Für die Zündspannung(Uz) stellen sie einen kleinen Widerstand und für den Prüfimpuls(P) stellen sie einen großen Widerstand dar. Dadurch ist eine einfache Schaltung erreicht, die einerseits gewährleistet, daß der Zündimpuls(Z) ungestört auf die Zündkerze(2) wirken kann und andererseits der Prüfimpuls(P) nach dem Zündimpuls(7) ungestört zur

Zündkerze(2) gelangt.

Da der Zündverteiler(9) zwischen den spannungsabhängigen Widerständen(R2) und der Zündkerze(2) liegt, erfaßt die beschriebene Schaltung die Verbrennungsphase(V) in jedem Verbrennungsraum(1) einzeln.

Die Auswertung des Meßsignalimpulses(Pio) kann durch entsprechende Auslegung der Auswerteschaltung(12) in unterschiedlicher Weise erfolgen:

A: Die Auswerteschaltung(12) integriert den Verlauf des Meßsignalimpulses(Pio), der sich infolge der Beeinflussung des Prüfimpulses(P) durch die Ionisierung im jeweiligen Verbrennungsvorgang(V) ergibt, über die Zeit, nämlich die Dauer des Prüfimpulses(P) (vgl. Fig.2A, 3A, 4A). Wie der Vergleich der schraffierten Flächeninhalte (Integrale) der Meßsignalverläufe in den Figuren 2A, 3A, 4A zeigt, ist dieser Flächeninhalt bei einem Lambdawert von etwa 1 (vgl. Fig. 3A) deutlich größer als bei Lambda <1 und Lambda >1 (vgl. Fig. 2A,4A), was von der Auswerteschaltung(12) einfach auswertbar und zur Regelung des Kraftstoff-Luftgemisches verwendbar ist.

B: Mit dem Beginn des Prüfimpulses(P) zum Zeitpunkt(t1) oder mit dem Zündimpuls(Z) wird ein Zeitgeber gestartet. Nach der von diesem vorgegebenen Zeit(ts), die länger als die Zeitverzögerung(tv) ist, wird zum Zeitpunkt(t3) für eine im Vergleich zur Dauer des Verbrennungsvorgangs(V) sehr kurze Zeit ein Meßfenster(F) geöffnet. In diesem Meßfenster(F) erfaßt die Auswerteschaltung(12) die jeweilige Höhe des Meßsignals(Pio) (vgl. Fig. 2B,3B,4B). Der Vergleich der Höhe der Meßsignale(Pio) in den Meßfenstern(F) in den Figuren 2B, 3B, 4B zeigt, daß das Meßsignal zum Meßzeitpunkt(t3) bei einem Lambdawert von etwa 1 (vgl. Fig.3B) deutlich größer ist als bei einem Lambdawert <1 und einem Lambdawert >1 (vgl. Fig. 2B,4B). Dies ist von der Auswerteschaltung(12) einfach auswertbar und zur Regelung des Kraftstoff-Luftgemisches verwendbar.

Bei dieser Ausführung ist es nicht notwendig, daß die Dauer des Prüfimpulses(P) den Verbrennungsvorgang(V) ganz einschließt. Der Anfang(t1) und das Ende(t2) des Prüfimpulses(P) können nahe an das Meßfenster(F) gelegt werden.

C: Von der Auswerteschaltung(12) wird ein Schwellwert(Uschw) vorgegeben, der kleiner ist als die Amplituden(U1,U2,U3). Die Auswerteschaltung(12) erfaßt die Zeitdauer(tschw), nach der das Meßsignal(Pio) den Schwellwert(Uschw) erreicht. Der Beginn der Zeitdauer (tschw) kann auf den Zeitpunkt(t1) des Beginns des Prüfimpulses(P) (vgl. Fig. 2C,3C,4C) bder auf den Zündzeitpunkt(t0) gelegt werden.

Wie der Vergleich der Figuren 2C, 3C, 4C zeigt, ist bei einem Lambdawert von etwa 1 (vgl. Fig.3C) die Zeitdauer (tschw) bis zum Erreichen des Schwellwerts(Uschw) deutlich kürzer als bei Lambda <1 und Lambda >1 (vgl. Fig.2C,4C), was von der Auswerteschaltung(12) einfach auswertbar und zur Regelung des Kraftstoff-Luftgemisches verwendbar ist.

D: Es ist auch eine Kombination der Verfahren nach C und A möglich. Dabei wird beim Erreichen des Schwellwerts (Uschw) die Integration nach A gestartet. Dadurch ist der Einfluß von störenden Meßsignalschwankungen, die unterhalb des Schwellwerts(Uschw) und innerhalb der Zeitdauer(tschw) liegen, auf das Integrationsergebnis unterdrückt.

Bei den genannten Verfahren A, B, C, D wird nicht direkt erfaßt, ob der jeweilige Verbrennungsvorgang über- oder unterstöchiometrisch ist (Lambda >1 oder Lambda <1). Dies kann jedoch dadurch erfaßt werden, daß die Auswerteschaltung(12) die jeweilige Stellung oder die jeweilige Stellrichtung der Aktorik (Düse 3, Drosselklappe 4) erfaßt, weil die jeweiligen Stellungen oder Stellrichtungen ein Abbild der Betriebsweise im über- bder unterstöchiometrischen Bereich sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Auswerten der Qualität eines Kraftstoff-Luftgemisches in einer Verbrennungsphase, insbesondere bei einem Ottomotor, bei dem zyklisch ein die Verbrennungsphase einleitender elektrischer Zündimpuls an eine Zündkerze eines Verbrennungsraums gelegt wird,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß während der Verbrennungsphase(V) folgend auf den Zündimpuls(Z) ein elektrischer Prüfimpuls(P) an die Zündkerze gelegt und daß die durch das jeweilige Kraftstoff-Luftgemisch des Verbrennungsraums erfolgende Beeinflussung des Prüfimpulses(P) als elektrische Größe erfaßt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß die elektrische Größe zur Steuerung des Gemischverhältnisses des Kraftstoff-Luftgemisches der folgenden Verbrennungsphase(V) oder der folgenden Verbrennungsphasen(V) ausgewertet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß die elektrische Größe zur Steuerung des Zündzeitpunktes des oder der folgenden Zündimpulse(Z) ausgewertet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß der Prüfimpuls(P) etwa der Dauer der Verbrennungsphase(V) entspricht.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   daß die Amplitude des Prüfimpulses(P) auf einen vorbestimmten Maximalwert(U0) ausgelegt wird, der wesentlich kleiner als die Zündspannung des Zündimpulses (Z) ist, wobei sich der Istwert der Amplitudedes Prüfimpulses(P) entsprechend dem

jeweiligen Gemischverhältnis des Kraftstoff-Luftgemisches im jeweiligen Verbrennungsvorgang gegenüber dem Maximalwert (U0) verkleinert und dies ausgewertet wird, und daß die Höhe des infolge des Prüfimpulses(P) auftretenden Meßsignals(Pio) nach einer vorgegebenen Zeit(ts) ausgewertet wird, wobei der Meßzeitpunkt(t3) innerhalb der Dauer des Prüfimpulses(P) liegt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Amplitude des Prüfimpulses(P) auf einen vorbestimmten Maximalwert(U0) ausgelegt wird, der wesentlich kleiner als die Zündspannung des Zündimpulses (Z) ist, und daß das Integral des durch das jeweilige Mischverhältnis beeinflußten Meßsignalverlaufs(Pio) während des Prüfimpulses(P) ausgewertet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude des Prüfimpulses(P) auf einen vorbestimmten Maximalwert(U0) ausgelegt wird, der wesentlich kleiner als die Zündspannung des Zündimpulses(Z) ist, und daß der Zeitpunkt(tschw) des Erreichens eines Meßsignalschwellwerts(Uschw) ausgewertet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 und 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß ab dem Zeitpunkt des Erreichens des Meßsignalschwellwerts(Uschw) der weitere Meßsignalverlauf durch Integration ausgewertet wird.

9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche bei einem Ottomotor mit einem den Zündimpuls auslösenden Unterbrecher und einer den Zündimpuls erzeugenden Zündspule,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Prüfimpulsgenerator(10) den Zündzeitpunkt am Unterbrecher(8) erfaßt und mit einer Verzögerungszeit(tv) den Prüfimpuls(P) erzeugt und daß der Prüfimpulsgenerator (10) mit der Zündkerze(2) und einer Auswerteschaltung(12) verbunden ist, die den von dem jeweiligen Kraftstoff-Luftgemisch im Verbrennungsraum(1) beeinflußten Prüfimpuls(P) auswertet.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Prüfimpulsgenerator(10) über einen Meßwiderstand (R1) an die Zündkerze(2) und die Auswerteschaltung(12) gelegt ist.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein oder mehrere spannungsabhängige Widerstände(R2) in Reihe zur Sekundärwicklung(5) der Zündspule(6) geschaltet sind, und somit den Prüfimpuls(P) von der Sekundärwicklung(5) entkoppeln.

Fig. 1

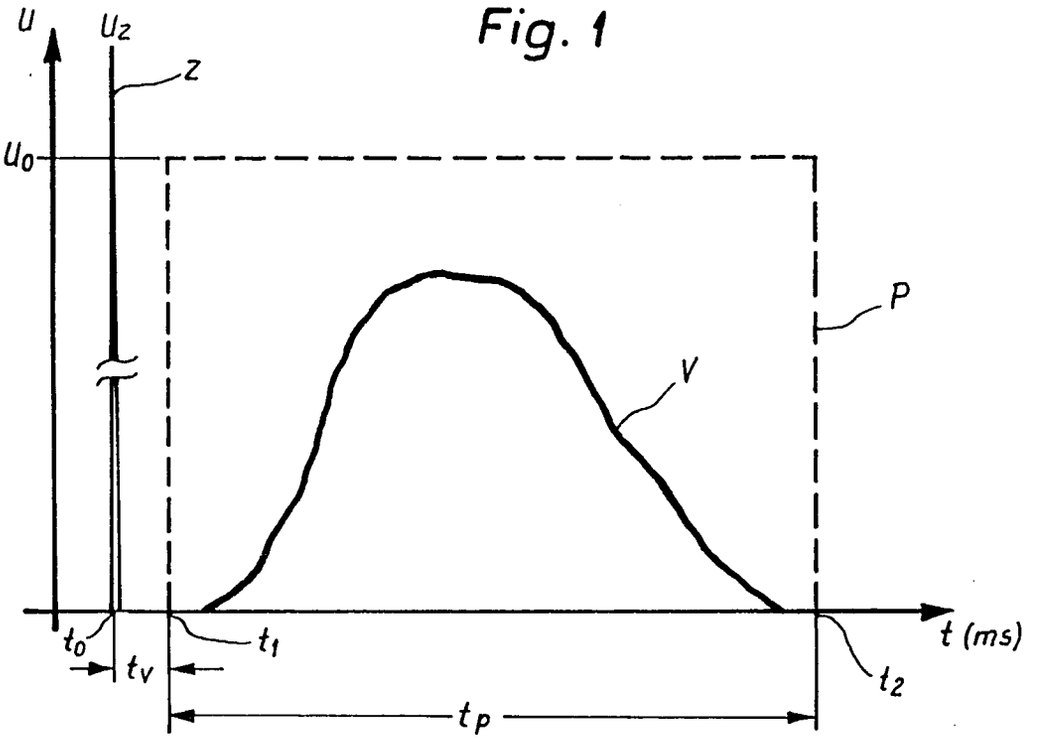

U
U_Z
Z
U_0
P
V
t (ms)
t_0
t_V
t_1
t_2
t_P

Fig. 5

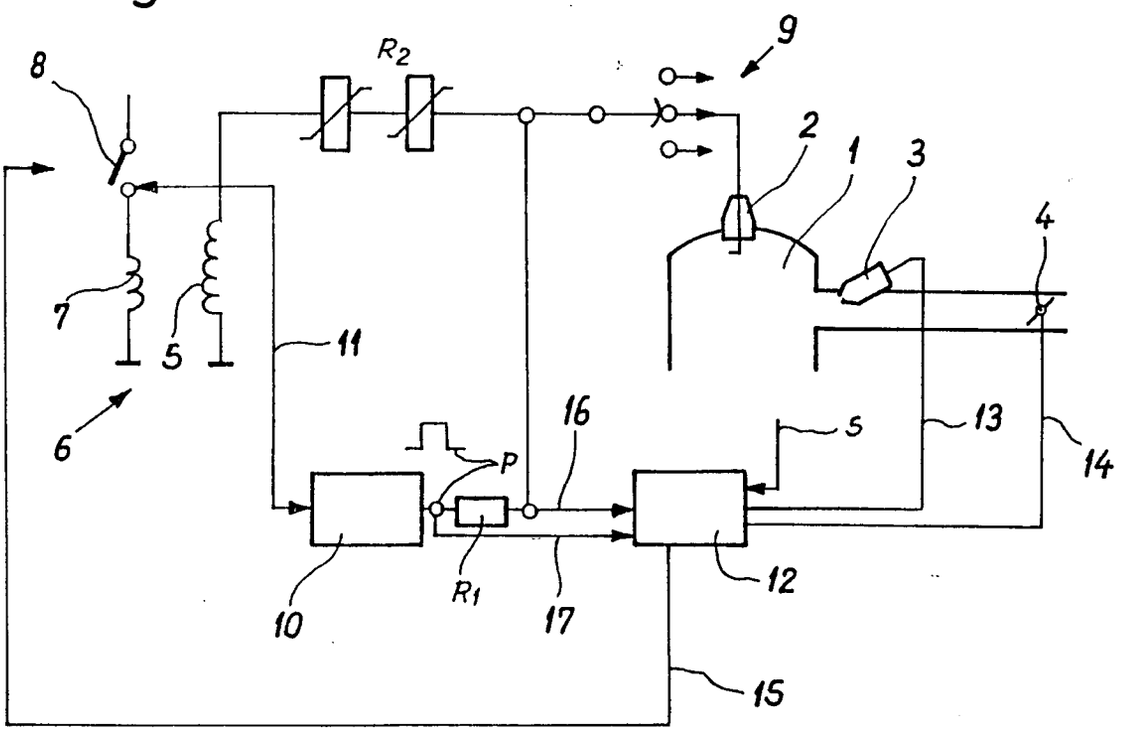

8
R_2
9
2
1
3
4
7
5
11
6
16
P
S
13
14
10
R_1
17
12
15

Fig. 2A

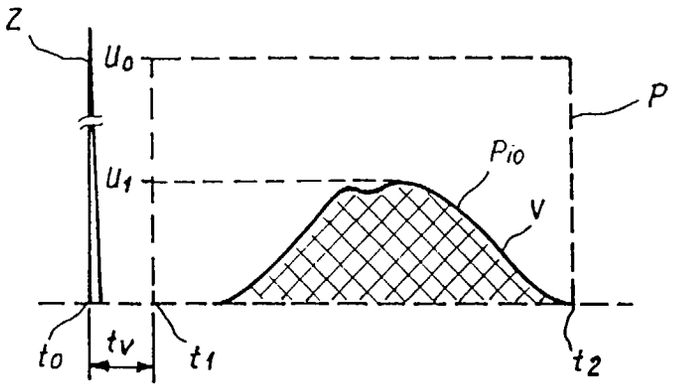


Fig. 3A

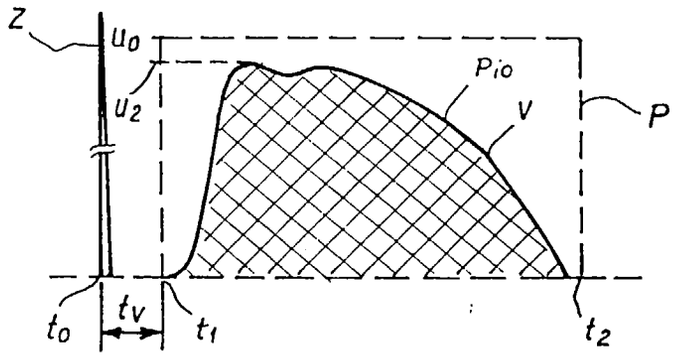


Fig. 4A

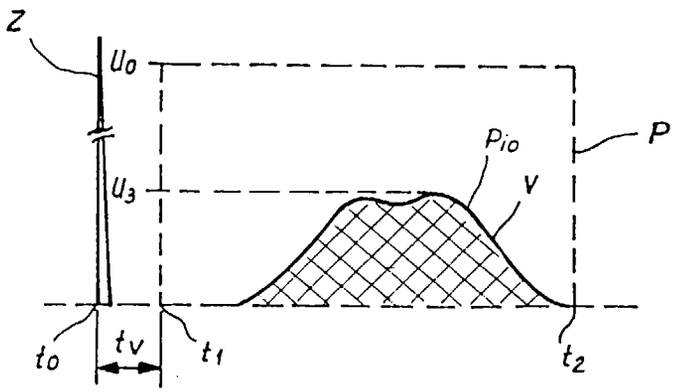


Fig. 2B

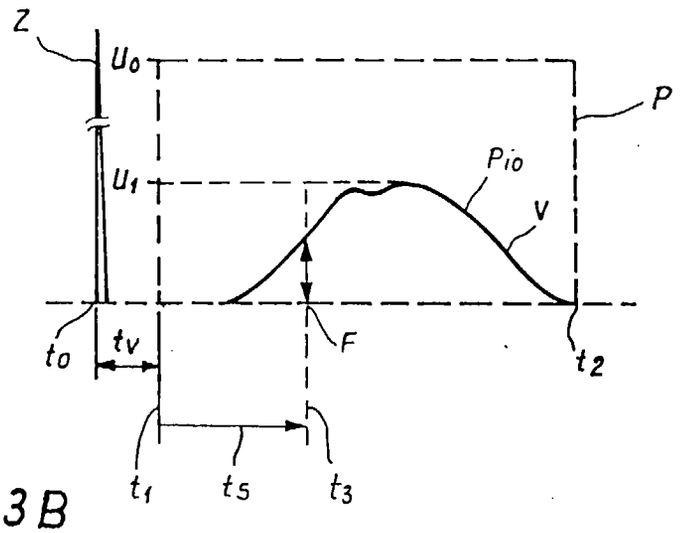


Fig. 3B

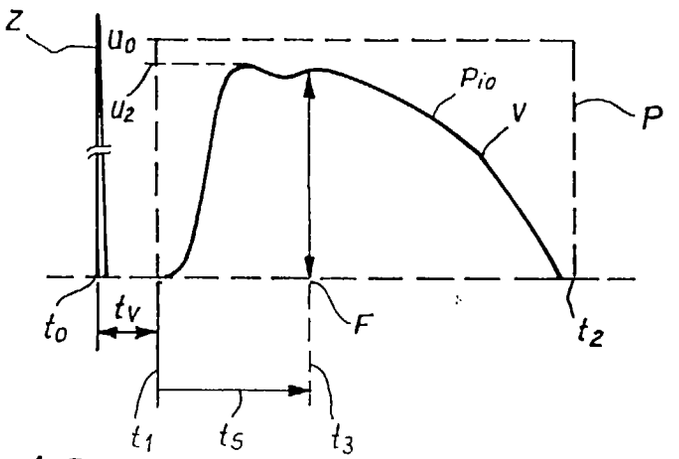


Fig. 4B

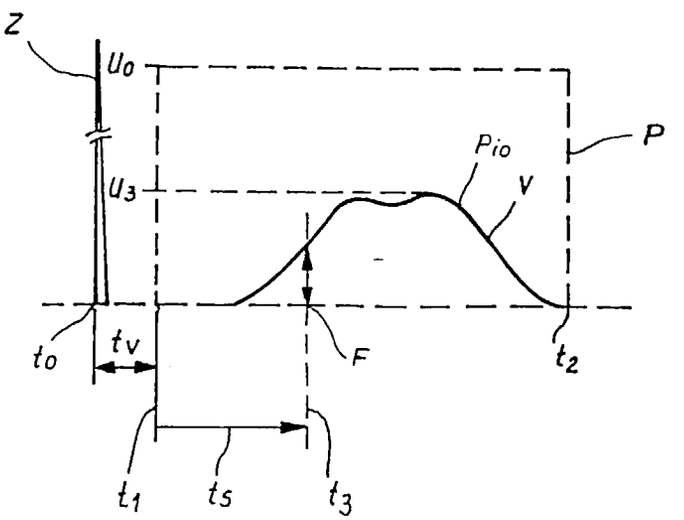


Fig. 2C

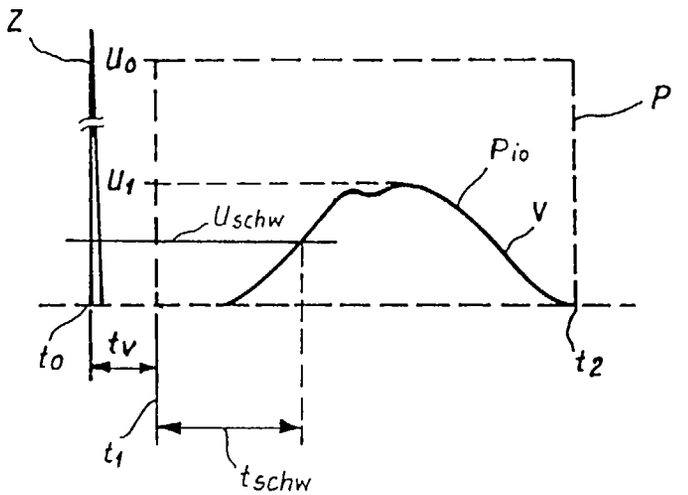


Fig. 3C

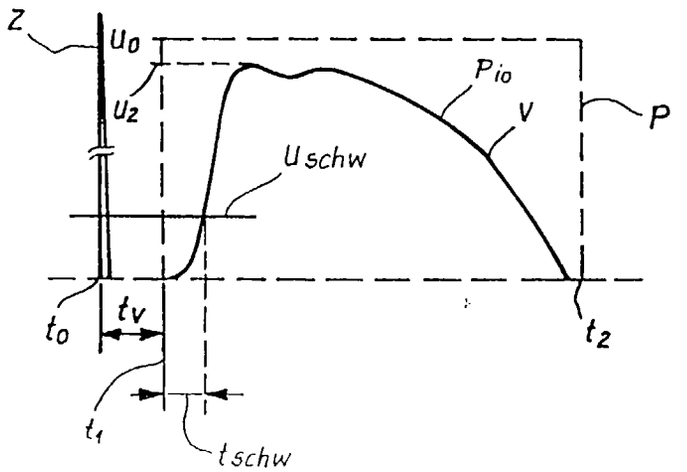


Fig. 4C

