

PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)



(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ : F02P 5/04, 5/15		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 97/05379
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 13. Februar 1997 (13.02.97)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP96/02711			(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, CN, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 21. Juni 1996 (21.06.96)			
(30) Prioritätsdaten: 195 27 550.0 27. Juli 1995 (27.07.95) DE			
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FICHT GMBH & CO. KG [DE/DE]; Spannleitenberg 1, D-85614 Kirchseon (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HELLMICH, Wolfram [DE/DE]; Westermeierstrasse 31, D-81829 München (DE).			
(74) Anwalt: SOLF, Alexander; Dr. Solf & Zapf, Candidplatz 15, D-81543 München (DE).			Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>

(54) Title: PROCESS FOR CONTROLLING THE IGNITION POINT IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES

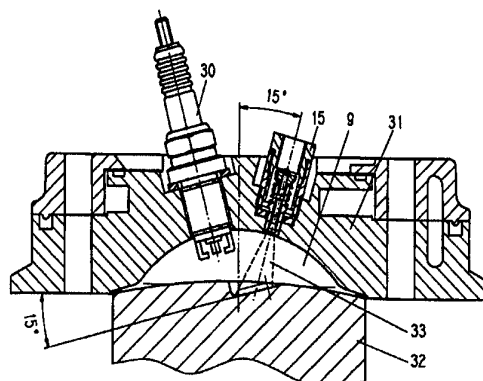
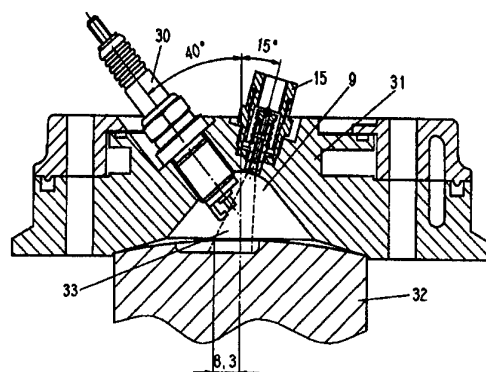
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STEUERN DES ZÜNDZEITPUNKTES BEI BRENNKRAFTMASCHINEN

(57) Abstract

A process for controlling the ignition in an internal combustion engine with a device for injecting fuel into a combustion chamber of said engine, in which a control signal for the injection process and a control signal for the ignition process are used. The control signal for the injection process is used to start the measurement of a predetermined delay for the issue of the ignition control signal, as well as for the r.p.m. or load dependent switching to the control of the ignition through the measurement of the crankshaft angle.

(57) Zusammenfassung

Verfahren zum Steuern der Zündung in einer Brennkraftmaschine mit Einspritzvorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum der Brennkraftmaschine, wobei ein Steuersignal für den Einspritzvorgang und ein Steuersignal für den Zündvorgang verwendet wird, wobei das Steuersignal für den Einspritzvorgang verwendet wird zum Starten einer Messung einer vorbestimmten Verzögerungszeit für die Abgabe des Steuersignals für die Zündung sowie, drehzahl- oder lastabhängige Umschaltung auf Steuerung der Zündung über Messen des Kurbelwellenwinkels.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LK	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauretanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

Verfahren zum Steuern des Zündzeitpunktes bei Brennkraftmaschinen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern des Zündzeitpunktes bei Brennkraftmaschinen.

Moderne Brennkraftmaschinen 1 (Fig. 1) weisen elektronische Zündanlagen auf, die mit einem Kurbelwellenwinkelsensor 2 die Winkelstellung einer Kurbelwelle 3 bezüglich des oberen Totpunkts des Kolbens messen. Diese Zündanlagen bestimmen den Zündzeitpunkt anhand einer vorbestimmten Winkelstellung der Kurbelwelle, d.h. die Zündung eines zuvor in einen Brennraum 4 zugeführten Kraftstoff/Luft-Gemisches wird bei der vorbestimmten Winkelstellung ausgelöst. Diese Zündanlagen sind in der Regel Bestandteil einer elektronischen Steuereinrichtung der Brennkraftmaschine, die auch die Zufuhr des Kraftstoff/Luft-Gemisches steuert, das bei einer "früheren" bzw. vorläufigen Winkelstellung dem Brennraum 4 zugeführt wird.

Bei Saugmotoren und herkömmlichen Niederdruckeinspritzvorrichtungen entspricht die für die Zufuhr des Kraftstoff/Luft-Gemisches notwendige Zeitdauer einem beträchtlichen Kurbelwinkelbereich. Der Zeitpunkt für die Gemischzufuhr wird zwar auch wie der Zündzeitpunkt bei einer vorbestimmten Winkelstellung der Kurbelwelle ausgelöst, jedoch wird bei einfachen Steuereinrichtungen der Zeitpunkt des Beginns der Gemischzufuhr nicht so exakt wie der Zündzeitpunkt bestimmt, da man davon ausgeht, daß die Verbrennung im wesentlichen durch den Zündzeitpunkt beeinflusst wird und aufgrund der langen Dauer der Kraftstoffzufuhr eine genaue Bestimmung des Beginns der Kraftstoffzufuhr nicht

notwendig ist.

Bei Brennkraftmaschinen 1 mit einer Einspritzvorrichtung 10 ist es üblich, mit einer einzigen Steuereinrichtung 9 sowohl den Einspritzvorgang als auch den Zündzeitpunkt zu steuern. Bei Hochdruck-Einspritzvorrichtungen wird der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff/Luft-Gemisch in wesentlich kürzeren Zeitbereichen dem Brennraum 4 zugeführt, so daß bei Verwendung derartiger Hochdruck-Einspritzvorrichtungen, insbesondere bei einer Direkteinspritzung des Kraftstoffes in den Brennraum 4, auch der Zeitpunkt des Einspritzvorganges exakt bestimmt und bei einer vorbestimmten Winkelstellung der Kurbelwelle ausgelöst wird. Die exakte Messung der Winkelstellung der Kurbelwelle sowohl für den Einspritzvorgang als auch für den Zündzeitpunkt bedeutet einen erheblichen Rechenaufwand für die Steuereinrichtung 9, wobei der Meßvorgang zweimal innerhalb sehr kurzer Zeit durchzuführen ist.

Hochdruck-Einspritzvorrichtungen, die nach dem Energiespeicherprinzip arbeiten, sind beispielsweise aus der WO 92/14925 bzw. der WO 93/18296 bekannt. Mit diesen Hochdruck-Einspritzvorrichtungen wird der Kraftstoff in sehr kurzen Impulsen in den Brennraum eingespritzt. Ferner gibt es Hochdruckeinspritzvorrichtungen, die nach dem Festkörper-Energiespeicherprinzip arbeiten, sogenannte "PDS-Einspritzvorrichtungen" (Pumpe-Düse-Systeme), die beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung P 195 15 781 und P 195 15 782 beschrieben sind. Diese PDS-Einspritzvorrichtungen sind insbesondere zum direkten Einspritzen des Kraftstoffes in den Brennraum vorgesehen, wobei die Zeitdauer für einen Einspritzvorgang im Leerlauf weniger als eine halbe Millisekunde betragen kann. Der zum Messen der Winkelstellung der Kurbelwelle verwendete Kurbelwellenwinkelsensor 2 besteht aus einer Zahnscheibe 5 mit am Umfang angeordneten Zähnen 6 und einem Sensorelement 7, das am Umfangsbereich der Zahnscheibe 5 angeordnet ist und den Durchgang der Zähne 6 wahrnimmt und in ein entsprechendes elektrisches Pulssignal wandelt. Das elektrische Signal wird mit einer Leitung 8 der Steuereinrichtung 9 zugeführt. Bei hohen Drehzahlen weist das Signal des Kurbelwellenwinkelsensors

2 eine hohe Zeitauflösung auf, da die Zeitabstände des Durchgangs zweier aufeinanderfolgender Zähne 6 am Sensorelement 7 sehr kurz sind. Andererseits sind diese Zeitabstände bei geringen Drehzahlen (z.B. $< 2\,000$ U/min), wie sie im Leerlaufbetrieb auftreten, groß, so daß die Messung der Drehzahl ungenau wird, insbesondere, wenn sich die Drehzahl während der Messung verändert, da eine Änderung der Drehzahl zwischen dem Durchgang zweier aufeinanderfolgender Zähne 6 mit dem Kurbelwellenwinkelsensor 2 nicht exakt erfaßt werden kann. Solche Drehzahländerungen treten z.B. bei unruhigem Leerlauf auf, so daß durch die Meßabweichungen an der gemessenen Drehzahl eine Korrektur auf eine Leerlauf-Solldrehzahl noch nicht optimal gelöst ist. Die Meßabweichungen verursachen einen hohen Kraftstoffverbrauch mit der Folge einer relativ hohen Schadstoffemission.

In Fig. 2 ist die Drehzahl einer Brennkraftmaschine [U/min] über die Zeitdauer einer Kurbelwellenumdrehung [s] aufgetragen. Hieraus geht hervor, daß bei geringen Drehzahlen Änderungen in der Drehzahl eine große Änderung in der Umlaufzeit bewirken, und somit hohe Ungenauigkeiten bei der Messung der Drehzahl und große zeitliche Messabweichungen verursachen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Steuern der Zündung in Brennkraftmaschinen zu schaffen, das insbesondere bei niedrigen Drehzahlen vornehmlich im Leerlauf eine hohe Laufruhe bewirkt, einen besseren Wirkungsgrad verursacht, die Schadstoffemission erheblich reduziert und mit einfachen Mitteln realisiert werden kann.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen gekennzeichnet.

Erfindungsgemäß wird der Zündzeitpunkt ausgelöst, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer seit dem Auslösen des Einspritzvorganges vergangen ist. Zum Ausführen des Zündzeitpunktes wird somit nicht die Winkelstellung der Kurbelwellen, sondern der Ablauf

einer vorbestimmten Zeitdauer seit dem Auslösen des Einspritzvorganges gemessen. Hierdurch wird sichergestellt, daß beim Zündzeitpunkt das zugeführte Kraftstoff/Luft-Gemisch sich in einem vorbestimmten Zustand befindet, in dem es leicht gezündet werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren ist besonders bei niedrigen Drehzahlen ($< 2\,000$ U/min) wirksam, da hier auftretende Meßungenauigkeiten bei der Bestimmung des Zündzeitpunktes nicht die Zeitdauer zwischen dem Einspritzvorgang und der Zündung beeinflussen, so daß ein sehr ruhiger Leerlauf erzielt wird.

Ferner kann das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung eingesetzt werden, da der direkt eingespritzte Kraftstoffstrahl nur zu bestimmten Zeitpunkten gezündet werden kann, die durch das erfindungsgemäße Verfahren genau eingehalten werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann bei allen Brennkraftmaschinen mit Einspritzvorrichtungen angewandt werden, bei welchen der Kraftstoff bzw. das Kraftstoff/Luft-Gemisch mit einem vorbestimmten Zeitablauf dem Brennraum zugeführt wird. D.h., daß der Einspritzvorgang ein zeitkonstanter Vorgang ist, dessen Zeitdauer nur von einigen Parametern abhängt, z.B. der pro Einspritzvorgang eingespritzten Kraftstoffmenge.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung beispielhaft erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 schematisch einen Querschnitt eines Zylinders einer Brennkraftmaschine mit Zünd- und Einspritzeinrichtungen,
- Fig. 2 den Zusammenhang zwischen der Drehzahl [U/min] und der Kurbelwellenumlaufzeit [s] in einem Diagramm,
- Fig. 3 schematisch eine nach dem Energiespeicherprinzip arbeitende Einspritzvorrichtung,

- Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Zylinderkopf und einen oberen Bereich eines Kolbens, die für eine Direkteinspritzung und eine Direktzündung des Kraftstoffs ausgebildet sind,
- Fig. 5 einen Querschnitt durch einen Zylinderkopf und einen oberen Bereich eines Kolbens, die für eine Direkteinspritzung des Kraftstoffs ausgebildet sind,
- Fig. 6 eine Schaltung, die als Timerelement zum Messen der vorbestimmten Verzögerungszeit verwendet wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde an einer Zweitakt-Brennkraftmaschine mit zwei Zylindern angewandt. Der Hubraum dieser Brennkraftmaschine beträgt 380 cm^3 und die Leistung 60 PS bei 6 500 U/min.

Als Einspritzvorrichtung wird eine nach dem Festkörper-Energiespeicherprinzip arbeitende Einspritzung verwendet (PDS-Einspritzvorrichtung), wie sie beispielsweise in den deutschen Patentanmeldungen P 195 15 781 bzw. P 195 15 782 beschrieben ist.

Schematisch ist das Grundprinzip einer nach dem Energiespeicherprinzip arbeitenden Einspritzvorrichtung in Fig. 3 dargestellt. Diese Kraftstoff-Einspritzvorrichtung basiert auf einer Kolbenpumpe 11 mit elektromagnetischem Antrieb zum Ansaugen von Kraftstoff aus einem Vorratsbehälter 12 sowie zum Beschleunigen des angesaugten Kraftstoffes in einer Schwungleitung 13, die über eine Druckleitung 14 an eine Einspritzdüse 15 angeschlossen ist. Ferner ist in einem Abzweig zwischen der Schwungleitung 13 und der Druckleitung 14 ein Absperrventil 16 angeordnet, das als elektromagnetisches Ventil ausgeführt ist und den Kraftstoffdurchgang zu einer Rücklaufleitung 17 steuert, die an das Absperrventil 16 angeschlossen ist und in den Vorratsbehälter 12 mündet. Die Ansteuerung des Absperrventils 16 sowie der Kolbenpumpe 11 erfolgt über die gemeinsame elektronische Steuerein-

richtung 9, die an die Erregerspule des als Magnetventil ausgeführten Absperrventils 16 sowie an eine Spule des Antriebselektromagneten der Kolbenpumpe 11 angeschlossen ist. Ferner ist ein Rückschlagventil 19 in einer Ansaugleitung 20 angeordnet, die das pumpenseitige Ende der Schwungleitung 13 mit dem Vorratsbehälter 12 verbindet.

Die Kolbenpumpe 11 umfaßt eine Magnetspule 21 mit einem im Spulendurchgang angeordneten Anker 22, der als zylindrischer Körper, beispielsweise als Vollkörper, ausgebildet ist und in einer Gehäusebohrung 23 geführt ist, die sich parallel zur Zentral-längsachse der Magnetspule 21 erstreckt und mittels einer Druckfeder 24 in eine Ruhestellung vorgespannt ist, in welcher er in Fig. 3 am linken Ende der Gehäusebohrung 23 mit seiner hinteren Stirnwand anliegt. Die andere Stirnwand des Ankers 22 ist von der Feder 24 beaufschlagt, die sich am rechten Ende der Bohrung 23 an der Gehäusewandung der Pumpe 11 abstützt. Die federbeaufschlagte Stirnseite des Ankers 22 ist fest mit einer Kolbenstange 25 verbunden, an deren freien Ende ein Kolben 26, der Förderkolben der Pumpe 11, befestigt ist, der an der Innenwand der Schwungleitung 13 geführt ist und bevorzugt gegenüber dieser Wandung abgedichtet ist. Die Kolbenstange 25 durchsetzt eine Bohrung im Pumpengehäuse, deren Durchmesser geringer ist als der Durchmesser der den Anker 22 führenden Bohrung.

Die Ansaugleitung 20 mündet vor der außen gelegenen Stirnfläche des Förderkolbens 26 in die Schwungleitung 13. Das Rückschlagventil 19 in der Förderleitung 20 umfaßt beispielsweise als Ventilelement eine federvorgespannte Kugel, wobei Kugel und Feder so angeordnet sind, daß das kugelförmige Ventilelement im Rückschlagventil angehoben wird, wenn der Förderkolben 26 zum Ansaugen von Kraftstoff an dem Behälter 12 seinen Saughub durchführt, also dann, wenn der Kolben 26 in Fig. 3 eine Hubbewegung nach links ausführt, was dann der Fall ist, wenn der Magnet 21 entregt ist und der Anker 22 in seine Ruhestellung durch die Feder 24 überführt wird. Im anderen Falle, nämlich beim Förderhub des Kolbens 26, entsprechend einer Kolbenbewegung in Fig. 3

nach rechts bei erregtem Elektromagnet 21, wird das Ventilelement des Rückschlagventils 20 in seine Sperrstellung überführt, so daß die Verbindung der Schwungleitung 13 zum Vorratsbehälter 12 unterbrochen ist. Durch den Förderhub des Kolbens 26 wird die Masse des in der Schwungleitung 13 befindlichen Kraftstoffes beschleunigt und während einer durch die Steuereinrichtung 18 vorgegebenen Öffnungszeitdauer des Absperrventils 16 in die Rücklaufleitung 17 und über diese in den Behälter 12 überführt. Während dieses Zeitraums erfolgt also in erster Linie eine Beschleunigung des Kraftstoffes in der Leitung 13 und 17, und der Kraftstoffdruck ist dabei so gering, daß die in an sich bekannter Weise, beispielsweise hydraulisch, blockierte Düse 15 einen Sperrzustand einnimmt, in welchem über die Düse kein Kraftstoff auszutreten vermag.

Wenn die Kraftstoffmenge in der Schwungleitung 13 (und der Rücklaufleitung 7) einen durch die Steuereinrichtung 18 in Abhängigkeit von aktuellen Motorbetriebsbedingungen vorgegebenen Beschleunigungswert erreicht hat, wird ebenfalls unter Steuerung der Einrichtung 18 das Absperrventil geschlossen, wodurch die kinetische Energie des in den Leitungen 13 und 14 strömenden Kraftstoffes schlagartig in eine Druckstoßenergie umgewandelt wird, deren Wert so hoch ist, daß der Schließwiderstand der Düse 15 überwunden und Kraftstoff über die Düse 15 abgespritzt wird. Diese Kraftstoff-Einspritzvorrichtung ermöglicht einen diskontinuierlichen Betrieb der Kolbenpumpe, die im Zusammenhang mit dem elektromagnetisch betätigten Absperrventil 6 eine präzise Steuerung des Einspritzvorgangs erlaubt.

Diese nach dem Energiespeicherprinzip arbeitenden Einspritzvorrichtungen zeichnen sich durch Einspritzdrücke ≥ 40 bar aus, die vorzugsweise in einem Bereich um 60 bar liegen. Bei einem Einspritzdruck im Bereich von 60 bar wird mit herkömmlichen Einspritzdüsen eine Kraftstoff-Einspritzgeschwindigkeit von etwa 50 m/s erzielt. Die hohen Einspritzdrücke werden impulsförmig erzeugt, wobei durch die Dauer der Einspritzimpulse die pro Einspritzvorgang injizierte Kraftstoffmenge gesteuert wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zuerst der Zeitpunkt für das Auslösen bzw. den Beginn des Einspritzvorganges bestimmt. Dies kann in bekannter Art und Weise durch Messen einer vorbestimmten Winkelstellung der Kurbelwelle erfolgen. Wird die vorbestimmte Winkelstellung festgestellt, so wird der Einspritzvorgang ausgelöst und gleichzeitig ein Timerelement gestartet, das nach einer vorbestimmten Zeitdauer bzw. einer vorbestimmten Verzögerungszeit ein Signal zum Zünden des Kraftstoff/Luft-Gemisches im Brennraum abgibt.

Während das Timerelement die vorbestimmte Verzögerungszeit mißt, laufen in der Kraftstoff-Einspritzvorrichtung folgende Vorgänge ab:

1. Erregung der Magnetspule 21
2. Beschleunigung des Ankers 22 und des in der Schwungleitung 13 enthaltenen Kraftstoffs,
3. Übertragung der gespeicherten Energie auf den in der Druckleitung 14 befindlichen Kraftstoff,
4. Abspritzung von Kraftstoff in den Brennraum 4, wenn der Schließwiderstand der Düse 15 überwunden ist,
5. Zerstäubung und Verwirbelung des eingespritzten Kraftstoffs im Brennraum 4.

Diese beim Einspritzvorgang ablaufenden Vorgänge sind zeitkonstant, d.h., die Zeitdauer ist vorbestimmt bzw. hängt von wenigen Parametern ab, wie z.B. der pro Einspritzvorgang eingespritzten Kraftstoffmenge, so daß zum Zeitpunkt des Auslösens des Einspritzvorganges feststeht, wann der in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoff sich im Idealzustand für eine Zündung befindet.

In Fig. 1 ist eine kleine Kraftstoffwolke 28 für den Leerlaufbetrieb und eine große Kraftstoffwolke 29 für den Lastbetrieb dargestellt. Der ideale Zündzeitpunkt hängt davon ab, wie sich die gesamte Kraftstoffwolke im Brennraum 4 verteilt und ob sich im Bereich einer Zündkerze 30 ein für die Zündung ausreichend

fettes Kraftstoff/Luft-Gemisch angereichert hat. Die Erfinder haben festgestellt, daß sich der Zeitpunkt für eine ideale Zündung, insbesondere im Leerlaufbetrieb, zu einer vorbestimmten, nur von wenigen Parametern abhängigen Verzögerungszeit bezüglich des Beginns des Einspritzvorgangs einstellt.

Die Zweitakt-Brennkraftmaschine, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewandt wurde, ist für eine Direkteinspritzung mit Zylinderköpfen 31 und Kolben 32 ausgestattet worden, wie in Fig. 4 bzw. 5 dargestellt.

In den Fig. 4 und 5 sind die Kolben 32 jeweils am oberen Totpunkt dargestellt, so daß zwischen den Kolben 32 und dem Zylinderkopf 31 jeweils ein domförmiger Brennraum 4 ausgebildet ist. In diesem Brennraum 4 wird mit der Einspritzdüse 15 der Kraftstoff eingespritzt, der im Brennraum 4 einen Einspritzkegel 33 bildet.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 4 berührt die Zündkerze 30 den Einspritzkegel 33, so daß der eingespritzte Kraftstoffstrahl direkt gezündet werden kann. Bei dieser Ausführungsform erfolgt somit sowohl eine Direkteinspritzung als auch eine Direktzündung, da der unmittelbar eingespritzte Kraftstoffstrahl von der Zündkerze 30 gezündet wird.

Bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 berührt die Zündkerze 30 nicht den Einspritzkegel 33. Der eingespritzte Kraftstoff wird am Kolben 32 reflektiert und erst danach durch die Zündkerze 30 gezündet. Bei dieser Ausführungsform erfolgt somit eine Direkteinspritzung, aber keine Direktzündung.

Beide Ausführungsformen eignen sich für die erfindungsgemäße zeitverzögerte Zündung.

Bei der Ausführungsform mit der Direktzündung liegt die vorbestimmte Zeitdauer der Verzögerungszeit im Bereich zwischen 0,5 Millisekunden und 1 Millisekunde und nimmt im Normalbetrieb

vorzugsweise einen Wert von 0,7 Millisekunden ein. Die Verzögerungszeit wird hierbei vorzugsweise in Abhängigkeit der Temperatur der Brennkraftmaschine variiert, wobei die Temperatur am Zylinderkopf 31 gemessen wird. Bei einem Kaltstart wird die Verzögerungszeit auf etwa 0,5 Millisekunden und bei heißem Zylinderkopf 31 auf 1 Millisekunde eingestellt. Weitere Parameter für die Einstellung der Verzögerungszeit zwischen dem Beginn des Einspritzvorganges und dem Zündzeitpunkt werden nicht berücksichtigt. Eine solche Steuerung des Zündzeitpunktes kann auf einfache Art und Weise und mit geringem Rechenaufwand erfolgen, da die geeignete Verzögerungszeit nur in Abhängigkeit eines einzigen Parameters, der Zylinderkopftemperatur, ermittelt wird.

Mit dieser Ausführungsform wurde ein sensationeller Gleichlauf im Leerlaufbetrieb erzielt, so daß selbst bei einer Drehzahl von 180 U/min ein ruhiger Leerlauf der Zweitakt-Brennkraftmaschine erfolgte. Diese untere Drehzahlgrenze von 180 U/min war lediglich durch die bei den Testversuchen verwendete Steuereinrichtung vorgegeben, da sie keine langsameren Drehzahlen berechnen kann.

Ein Leerlaufbetrieb bei einer Drehzahl von 180 U/min bedeutet eine deutliche Kraftstoffeinsparung gegenüber üblichen Leerlaufdrehzahlen, die ein Vielfaches der hier erreichten Leerlaufdrehzahl betragen.

Mit der Ausführungsform gemäß Fig. 5, bei der der Kraftstoff am Kolben 32 reflektiert wird, wurde auch eine sehr hohe Laufruhe erzielt. Die Verzögerungszeit ist aufgrund der Reflektion des Kraftstoffes länger als bei direkter Zündung, wobei die Verzögerungszeit etwa im Bereich zwischen 3,5 Millisekunden und 5,5 Millisekunden liegt. Es hat sich herausgestellt, daß die Verzögerungszeit auf einen einzigen konstanten Wert eingestellt werden kann, der vorzugsweise bei etwa 4,5 Millisekunden liegt. Eine solche konstante Verzögerungszeit kann mit sehr einfachen technischen Mitteln realisiert werden, wobei hierzu die Verwendung eines Mikroprozessors nicht notwendig ist.

Das Timerelement kann sowohl als digitaler Timer als auch als einfache Hardware-Schaltung (Fig. 6) realisiert werden.

Die Hardware-Schaltung ist für eine Zweizylinder-Brennkraftmaschine ausgebildet mit jeweils einem Eingang a, b, an dem das Trigger- bzw. Steuersignal für den Einspritzvorgang angelegt wird. An einem weiteren Eingang c wird eine Steuerspannung angelegt, die die Verzögerungszeit festlegt. Bei einer konstanten Verzögerungszeit kann die Steuerspannung an einem Potentiometer abgegriffen werden, und bei einer sich variierenden Verzögerungszeit wird die Steuerspannung von der Steuereinrichtung geliefert.

Eine positive Anstiegsflanke eines der an a, b anliegenden Triggersignale schaltet einen Flip-Flop 41, wodurch der Ausgang Q des Flip-Flops auf Spannung geschaltet wird. Hierdurch wird der Ausgang eines Komparators 42 geöffnet, so daß ein Kondensator 43 über einen Widerstand 44 geladen wird. Die am Kondensator 43 anliegende Spannung wird mit einer an einem entsprechenden Kondensator 45 anliegenden Steuerspannung verglichen. Sind die Spannungen gleich groß, wird das Flip-Flop 41 zurückgesetzt, wodurch an A, B ein Steuersignal für die Zündung abgegeben wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Steuern des Zündzeitpunktes läßt sich auch mit einem herkömmlichen Verfahren zum Steuern des Zündzeitpunktes kombinieren, bei dem der Zündzeitpunkt in Abhängigkeit einer vorbestimmten Winkelstellung der Kurbelwelle bestimmt wird. Hierbei wird das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise unterhalb einer Last- oder Drehzahlschwelle und das herkömmliche Verfahren oberhalb dieser Schwelle angewandt. Eine solche Drehzahlschwelle liegt etwa im Bereich von 2 000 bis 4 000 U/min.

Zusammenfassend wird festgestellt, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren der zeitverzögerten Zündung es möglich ist, mit einfachen technischen Mitteln den Zündzeitpunkt zu ermitteln, wobei

eine hervorragende Laufruhe, insbesondere im Leerlaufbetrieb, erzielt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern der Zündung in einer Brennkraftmaschine mit Einspritzvorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum der Brennkraftmaschine, wobei ein Steuersignal für den Einspritzvorgang und ein Steuersignal für den Zündvorgang verwendet wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß ein Steuersignal für den Einspritzvorgang verwendet wird zum Starten einer Messung einer vorbestimmten Verzögerungszeit für die Abgabe des Steuersignals für die Zündung.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß als Einspritzvorrichtung eine Hochdruck-Einspritzvorrichtung, insbesondere eine nach dem Energiespeicherprinzip arbeitende Einspritzvorrichtung, verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß eine nach dem Festkörper-Energiespeicherprinzip arbeitende Einspritzvorrichtung verwendet wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Zeitpunkt, an dem der Einspritzvorgang ausgelöst wird, durch Messen einer vorbestimmten Winkelstellung einer Kurbelwelle bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,

14

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die vorbestimmte Verzögerungszeit konstant ist.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die vorbestimmte Verzögerungszeit nach Maßgabe eines
oder mehrerer Parameter, wie z.B. der Zylinderkopftempera-
tur und/oder der pro Einspritzvorgang eingespritzten Kraft-
stoffmenge, ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Kraftstoff direkt in den Brennraum eingespritzt
wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der beim Einspritzen erzeugte Kraftstoffstrahl direkt
gezündet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die vorbestimmte Verzögerungszeit im Bereich von 0,5 ms
bis 1 ms liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 7,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Kraftstoff nach dem Einspritzen an einem Kolben
reflektiert wird und nach der Reflektion am Kolben von
einer Zündkerze gezündet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die vorbestimmte Verzögerungszeit im Bereich von 3,5
bis 5,5 ms liegt.
12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11,

15

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß oberhalb einer bestimmten Last- oder Drehzahlschwelle
der Zündzeitpunkt durch Messen einer vorbestimmten Winkel-
stellung der Kurbelwelle bestimmt wird, die dem Zündzeit-
punkt entspricht.

13. Verfahren nach Anspruch 12,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß die Drehzahlschwelle im Bereich von 2 000 bis 4 000
U/min liegt.
14. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß zum Messen der vorbestimmten Verzögerungszeit eine
Hardware-Schaltung vorgesehen ist, die das Signal zum Aus-
lösen des Einspritzvorganges als Triggersignal zum Messen
der vorbestimmten Verzögerungszeit verwendet.

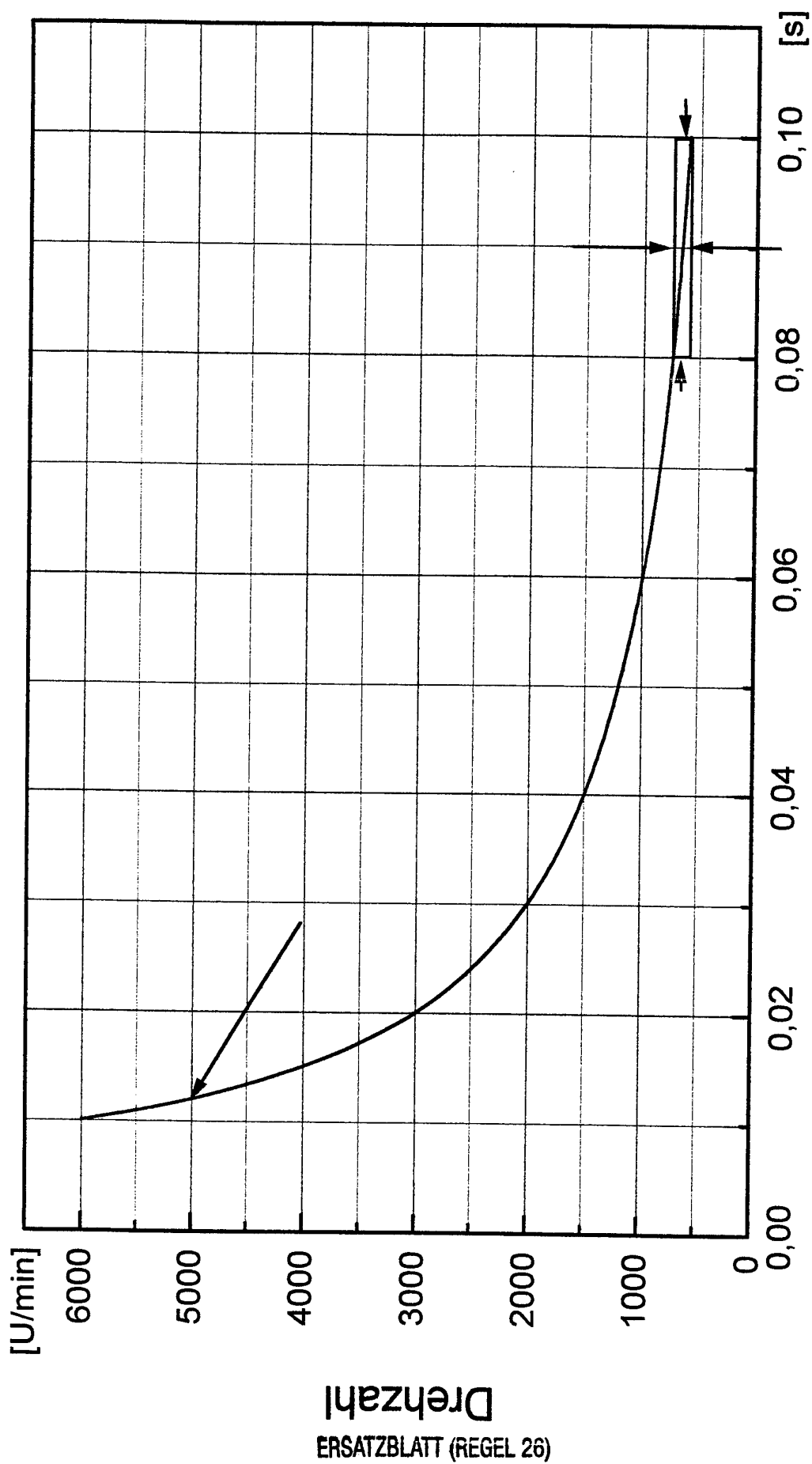


Fig. 2

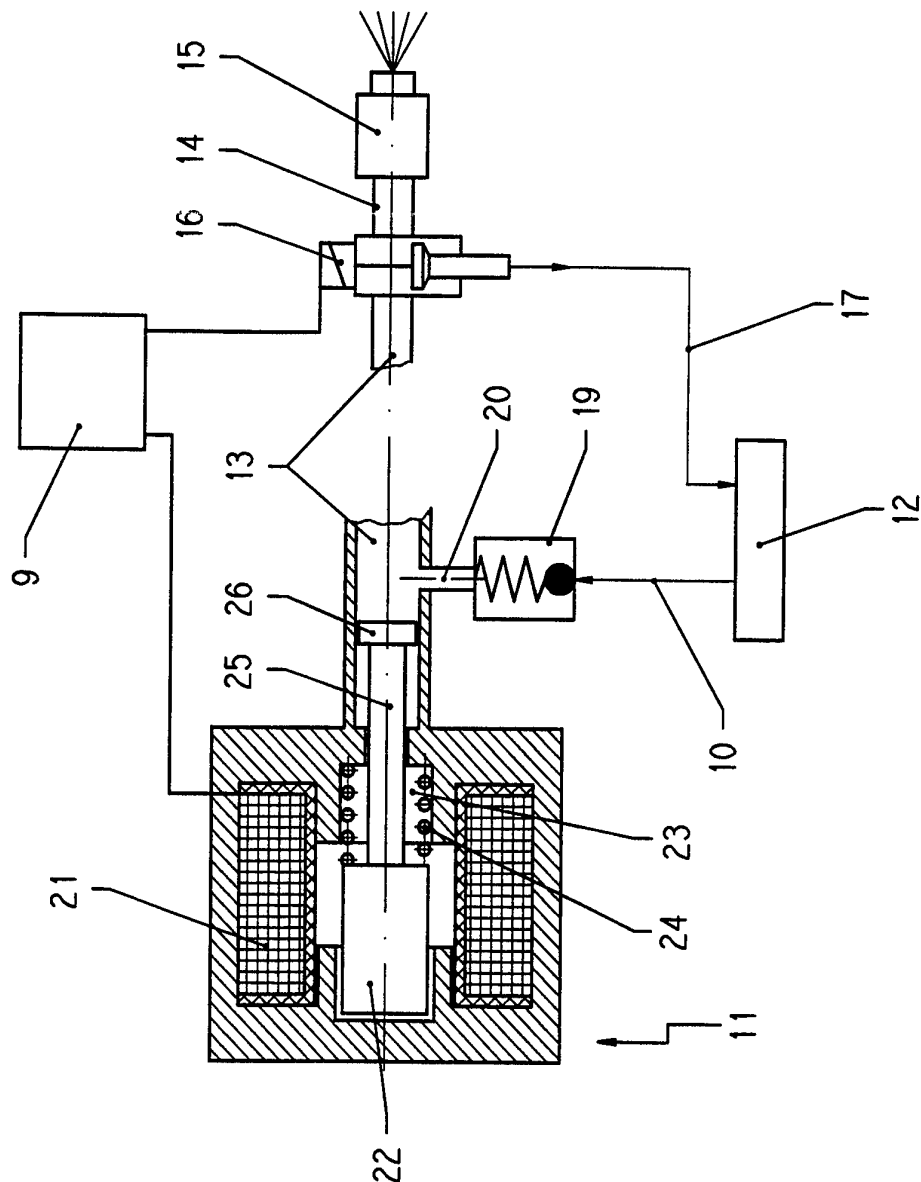
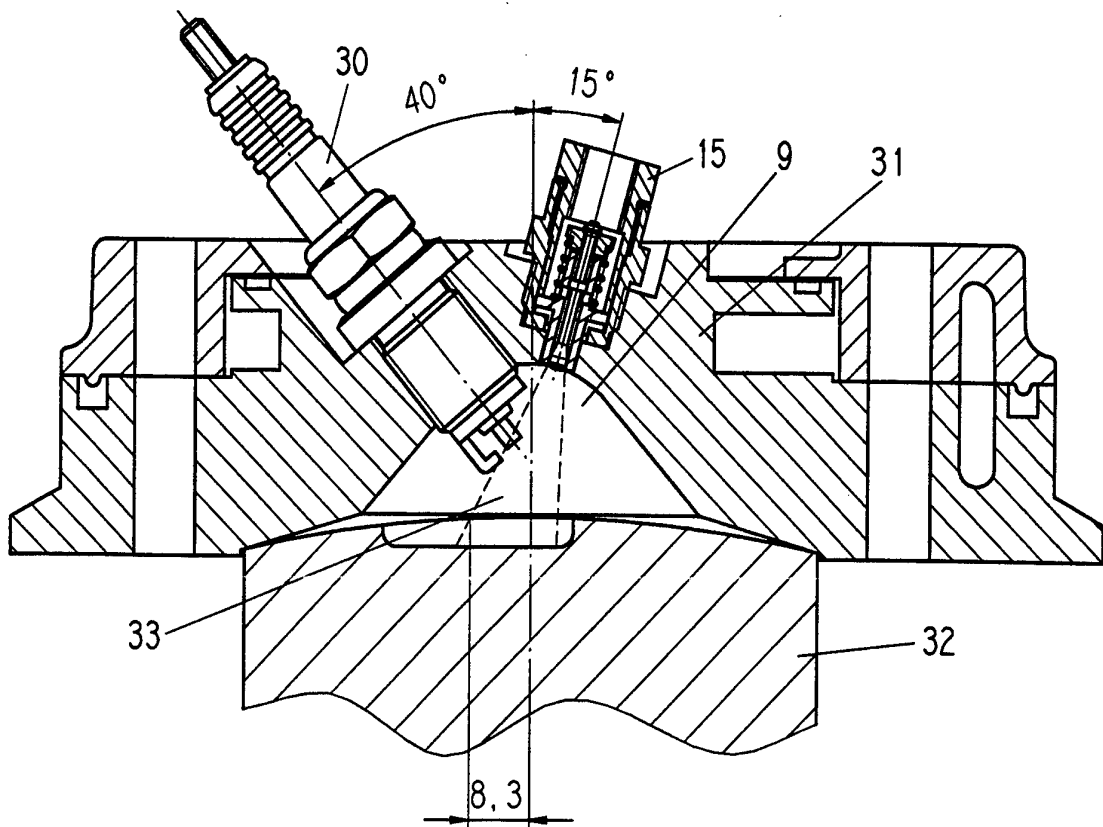
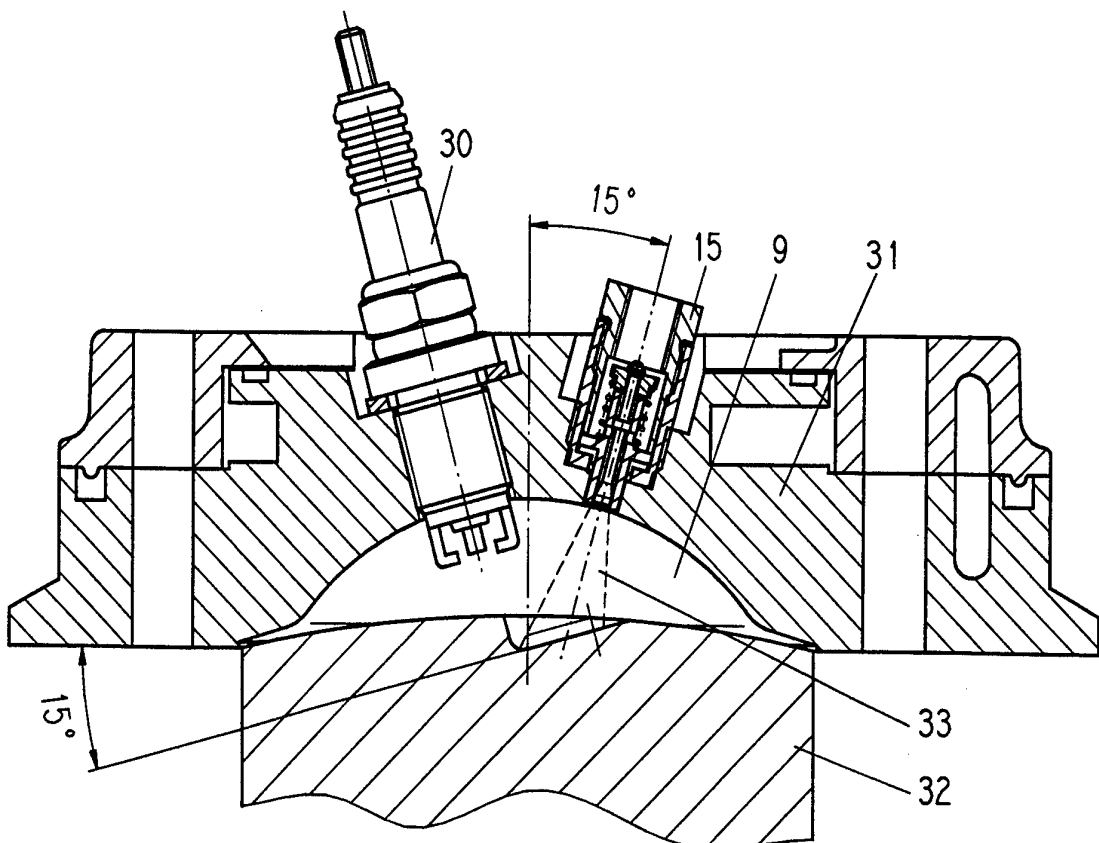


Fig. 3

4/5

**Fig. 4****Fig. 5**

ERSATZBLATT (REGEL 26)

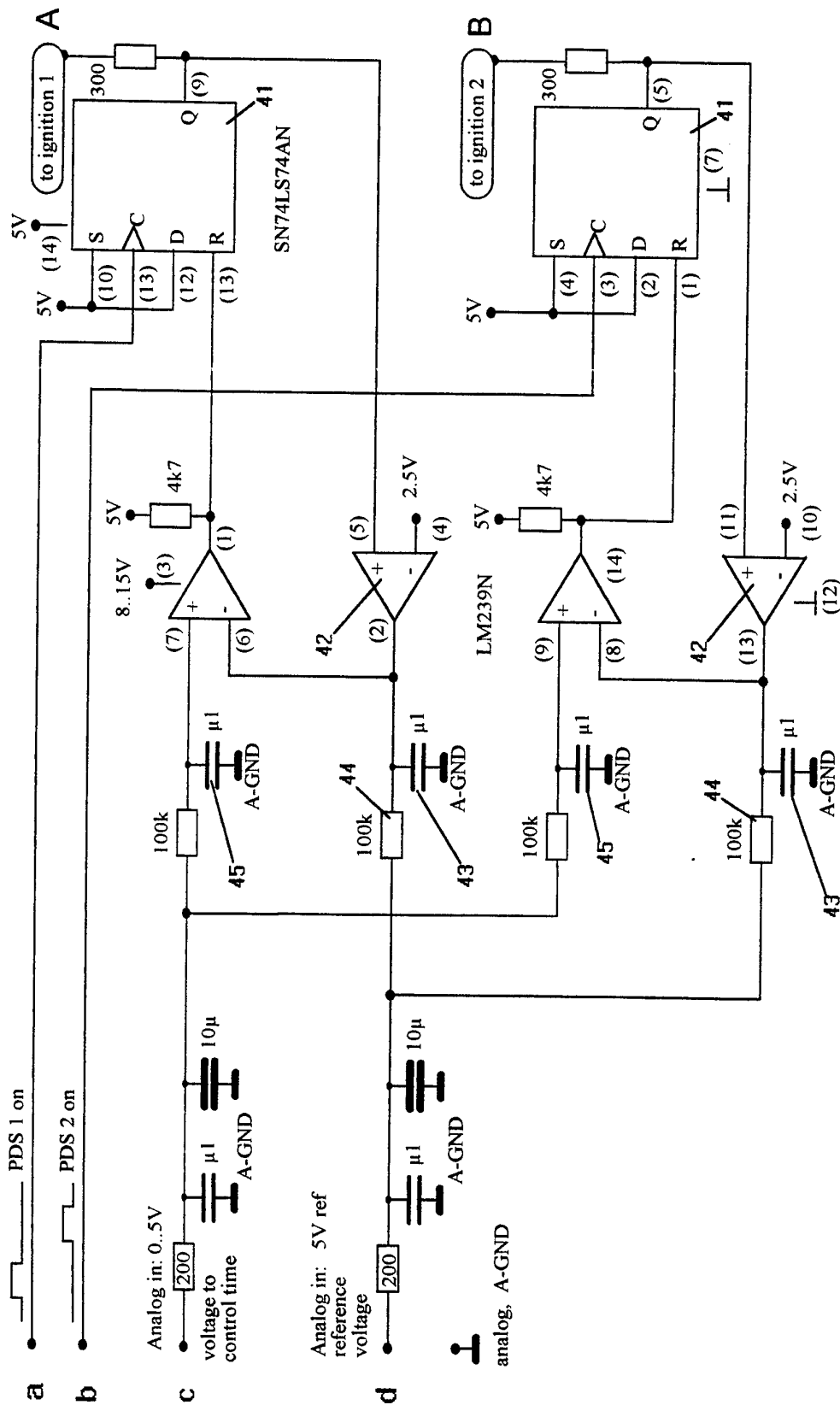


Fig. 6