



(11)

EP 2 292 921 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.01.2012 Patentblatt 2012/03

(51) Int Cl.:
F02P 19/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10005477.4**

(22) Anmeldetag: **27.05.2010**

(54) Verfahren zum Betreiben einer Glühkerze

Method for operating a glow plug

Procédé destiné au fonctionnement d'une bougie de préchauffage

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **14.07.2009 DE 102009032959**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.03.2011 Patentblatt 2011/10

(73) Patentinhaber: **BorgWarner BERU Systems GmbH
71636 Ludwigsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Toedter, Olaf**
75045 Walzbachtal (DE)
• **Stephan, Ulrich**
74391 Erligheim (DE)

(74) Vertreter: **Mommer, Niels**
Twelmeier Mommer & Partner
Westliche Karl-Friedrich-Strasse 56-68
75172 Pforzheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-95/06203 DE-A1-102006 025 834
FR-A1- 2 897 656

EP 2 292 921 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Glühkerze bei laufendem Motor, wobei aus einer Bordnetzspannung eine Effektivspannung erzeugt und an die Glühkerze angelegt wird.

[0002] Für selbstzündende Verbrennungskraftmaschinen sind beispielsweise aus der DE 10 2005 026 074 A1 Glühkerzen bekannt, die einen integrierten Brennraumdrucksensor aufweisen. Derartige Druckmessglühkerzen werden verwendet, um den Brennraumdruck kontinuierlich oder quasi kontinuierlich zu messen und einem Motorsteuerungsgerät zu melden, welches die Einspritzung von Kraftstoff unter Berücksichtigung des Brennraumdrucks regelt.

[0003] Mit modernen Motorsteuerungsgeräten kann auf diese Weise ein niedrigerer Kraftstoffverbrauch und eine höhere Lebensdauer des Motors erzielt werden. Allerdings werden durch die Integration eines Brennraumdrucksensors die Herstellungskosten von Glühkerzen erhöht. Dies fällt umso stärker ins Gewicht, je kürzer die Lebensdauer einer Glühkerze ist. Ständiges Ziel bei der Entwicklung von Glühkerzen und Glühkerzensteuergeräten ist es deshalb, einerseits Herstellungskosten zu senken und andererseits die Lebensdauer von Glühkerzen zu erhöhen.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Weg aufzuzeigen, wie bei Kraftfahrzeugen mit Dieselmotoren Kosten eingespart werden können.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

[0006] Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren werden während eines Arbeitszyklus des Zylinders jeweils mehrere Messwerte des in dem Zylinder herrschenden Brennraumdrucks gemessen und für die einzelnen Messwerte jeweils die Winkelstellung der Kurbelwelle ermittelt. Aus dem Verlauf des in Abhängigkeit von der Winkelstellung der Kurbelwelle gemessenen Brennraumdrucks wird eine Kenngröße des Verbrennungsvorgangs ermittelt, der ermittelte Wert der Kenngröße mit einem Sollwert verglichen und die Effektivspannung auf einen zum Erreichen des Sollwerts erforderlichen Mindestwert eingestellt. Als Kenngröße des Verbrennungsvorgangs kann beispielsweise die Winkelstellung der Kurbelwelle bei einem Maximum des Brennraumdrucks verwendet werden.

[0007] Mit einem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Lebensdauer einer Glühkerze wesentlich verlängert werden, ohne dass die Qualität der Verbrennung beeinträchtigt wird. Indem bei einem erfindungsgemäßen Verfahren durch Auswertung des in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel gemessenen Brennraumdrucks die Qualität der Verbrennung fortlaufend überwacht werden kann, lässt sich die Temperatur der Glühkerze durch Reduzieren der Effektivspannung auf den für eine optimale Verbrennung erforderlichen Mindestwert reduzieren. Ei-

ne eventuell zu starke Absenkung kann praktisch sofort erkannt und korrigiert werden. Die thermische Belastung der Glühkerze kann auf diese Weise auf ein Mindestmaß reduziert und die Lebensdauer entsprechend gesteigert werden.

[0008] Für eine gute Verbrennung des Kraftstoffs in einem selbstzündenden Motor ist eine vom Motorzustand abhängige Mindesttemperatur der Glühkerze erforderlich. Während eine zu niedrige Temperatur der Glühkerze zu einer erheblichen Verschlechterung des Verbrennungsverhaltens führt, hat ein Überschreiten der Mindesttemperatur keinen oder nur einen vernachlässigbaren Einfluss auf die Qualität der Verbrennung. Bei bekannten Glühkerzensteuergeräten wird deshalb eine Betriebstemperatur der Glühkerzen eingestellt, die der im ungünstigsten Fall erforderlichen Mindesttemperatur entspricht und deshalb die meiste Zeit unnötig hoch ist. Durch Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Kerzentemperatur in allen Betriebszuständen des Motors auf die für eine optimale Verbrennung erforderliche Mindesttemperatur gesenkt werden. Insbesondere kann eine Glühung praktisch sofort beendet werden, wenn kein Bedarf mehr besteht.

[0009] Der Sollwert der Kenngröße des Verbrennungsvorgangs kann fest vorgegeben werden und beispielsweise als unveränderliche Konstante in dem Speicher eines Glühkerzensteuergeräts gespeichert sein. Vorteilhaft ist es aber auch möglich, dass der Sollwert in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und/oder in Abhängigkeit von der Motorlast vorgegeben wird. Der Sollwert der Kenngröße des Verbrennungsvorgangs kann dem Glühkerzensteuergerät von einem Motorsteuergerät vorgegeben werden. Möglich ist es aber auch, dass das Glühkerzensteuergerät den Sollwert in Abhängigkeit von der Motordrehzahl selbst ermittelt. Dies ist ohne größeren Aufwand möglich, da das Glühkerzensteuergerät für die einzelnen Messwerte des Brennraumdrucks jeweils die Winkelstellung der Kurbelwelle ermittelt und deshalb die zur Bestimmung der Drehzahl erforderlichen Informationen vorliegen hat. Aus der Motordrehzahl und/oder der Motorlast kann der Sollwert beispielsweise mittels einer Kennlinie oder eines Kennlinienfeldes ermittelt werden.

[0010] Wie bereits erwähnt, kann als Kenngröße des Verbrennungsvorgangs der Kurbelwellenwinkel, bei dem der Brennraumdruck maximal ist, verwendet werden. Da einzelne Messwerte unvermeidlich mit Messfehlern behaftet sind und deshalb oft eine erhebliche Fluktuation zeigen, kann in manchen Fällen die genaue Lage des Maximums aus den zur Verfügung stehenden Messwerten nur mit einer erheblichen Ungenauigkeit ermittelt werden. Um diesem Problem zu begegnen kann als Kenngröße beispielsweise auch das Verhältnis zwischen zwei Integralen des Brennraumdrucks über verschiedenen Kurbelwellenwinkelbereichen verwendet werden.

[0011] Beispielsweise kann das Integral des Brennraumdrucks von einem ersten Kurbelwellenwinkel, beispielsweise dem Beginn des Arbeitszyklus oder des Ma-

ximaldruckes, bis zu einem zweiten Kurbelwellenwinkel, beispielsweise dem Kurbelwellenwinkel, bei dem eine Zündung des Kraftstoffgemisches optimalerweise erfolgen sollte, in Relation zu einem zweiten Integral, das bevorzugt an das erste Integral unmittelbar anschließt, ins Verhältnis gesetzt werden. Bei einer solchen Vorgehensweise wird die Kenngröße aus dem Brennraumdruck also ermittelt, indem ein erstes Integral des Brennraumdrucks zwischen zwei vorgegebenen Kurbelwellenwinkeln berechnet wird, ein zweites Integral zwischen zwei vorgegebenen Kurbelwellenwinkeln berechnet wird und die Kenngröße als Quotient aus den beiden Integralen berechnet wird. Die obere Integrationsgrenze des ersten Integrals kann mit der unteren Integrationsgrenze des zweiten Integrals übereinstimmen, jedoch ist dies nicht zwingend erforderlich. Als untere Integrationsgrenze des ersten Integrals kann der Beginn des Arbeitszyklus oder ein beliebiger späterer Wert des Kurbelwellenwinkels verwendet werden. Entsprechend kann als obere Integrationsgrenze des zweiten Integrals das Ende des Arbeitszyklus oder ein kleinerer Wert des Kurbelwellenwinkels verwendet werden.

[0012] Ein Integral des Brennraumdrucks kann numerisch mit geringem Aufwand berechnet werden, beispielsweise durch Summation der zwischen den jeweiligen Integrationsgrenzen liegenden Druckmesswerte.

[0013] Allgemein gesagt kann die Kenngröße des Verbrennungsvorgangs beispielsweise als Verhältnis zwischen Werten des Brennraumdrucks bei vorgegebenen Werten des Kurbelwellenwinkels bzw. als Verhältnis von Integralen des Brennraumdrucks über vorgegebenen Kurbelwellenwinkelbereichen berechnet werden. Eine Kenngröße des Verbrennungsvorgangs kann auch durch Differenziation des Verlaufs des Brennraumdrucks bestimmt werden, beispielsweise kann als Kenngröße ein Maximum der ersten Ableitung des Brennraumdrucks nach dem Kurbelwellenwinkel verwendet werden.

[0014] Durch Auswertung des Verlaufs des in Abhängigkeit von der Winkelstellung der Kurbelwelle gemessenen Brennraumdrucks können verschiedene die Verbrennung beschreibende Größen, beispielsweise die Wärmeumsetzung der Verbrennung, ermittelt werden. Übliche Größen zur Charakterisierung der Wärmeumsetzung einer Verbrennung sind beispielsweise AQ5, AQ50 oder AQ90. Dabei gibt der Zahlenwert jeweils den Prozentsatz der bis zu dem betreffenden Kurbelwellenwinkel erfolgten Wärmeumsetzung an. Die Größe AQ50 ist also der Kurbelwellenwinkel, bei welchem 50% der Wärmeumsetzung während eines Arbeitszyklus erfolgt ist.

[0015] Beim Starten eines Motors wird in der Regel einige Zeit benötigt, bis eine Glühkerze ihre Betriebstemperatur erreicht hat und sich Motorbauteile in der Umgebung der Glühkerze soweit erwärmt haben, dass einigermaßen stabile Verhältnisse vorliegen. Das Aufheizverhalten beim Starten kann in manchen Fällen durch eine fest vorgegebenen Aufheizroutine besser als mit dem beschriebene Verfahren durchgeführt werden. Es kann

deshalb vorteilhaft sein, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erst zu beginnen, wenn nach dem Starten des Motors, also der beginnenden Drehung der Kurbelwelle, eine vorgegebene Zeitspanne, beispielsweise 20 Sekunden oder mehr, vergangen ist. Diese Zeitspanne kann auch als eine festgelegte Anzahl von Umdrehungen der Kurbelwelle vorgegeben werden, so dass das Verfahren beispielsweise begonnen wird, wenn die Kurbelwelle seit dem Motorstart mindestens 100 Umdrehungen durchgeführt hat.

[0016] Vorteilhaft kann bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zudem der Wert der Kenngröße auf einen Sollwert geregelt und so die Verbrennung verbessert werden.

[0017] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden an einem Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die beigefügte Zeichnung erläutert.

Figur 1 zeigt beispielhaft den Verlauf des Brennraumdrucks und einiger verbrennungsabhängiger Größen in Abhängigkeit vom Kurbelwellenwinkel.

[0018] Zum Betreiben einer Glühkerze bei laufendem Motor wird aus einer Bordnetzspannung durch Pulsweitenmodulation eine Effektivspannung erzeugt, die an die Glühkerze angelegt wird. Der Motor ist ein Dieselmotor oder ein anderer selbstzündender Verbrennungsmotor. Der Motor eine Kurbelwelle, die an die in den Motorzylindern beweglichen Kolben gekoppelt ist und deren Hin- und Herbewegung in eine Drehbewegung umsetzt. Der Motor hat mindestens einen, im Regelfall 2, 4 oder mehr Zylinder.

[0019] Der Wert der Effektivspannung kann individuell für die einzelnen Glühkerzen der Zylinder festgelegt werden. Dafür werden während eines Arbeitszyklus des Zylinders jeweils mehrere Messwerte des in dem Zylinder herrschenden Brennraumdrucks gemessen und für die einzelnen Messwerte jeweils die Winkelstellung der Kurbelwelle ermittelt. Als Glühkerze wird bevorzugt eine Druckmessglühkerze verwendet, die den Brennraumdruck mit einem integrierten Sensor misst und deshalb einem Glühkerzensteuergerät Messwerte des Brennraumdrucks zur Verfügung stellen kann. Eine geeignete Druckmessglühkerze ist beispielsweise aus der DE 10 2005 026 074 A1 bekannt.

[0020] Bevorzugt wird der Brennraumdruck kontinuierlich oder quasi kontinuierlich gemessen, so dass die Messwerte zeitlich dicht aufeinander folgen. Bevorzugt werden während eines Arbeitszyklus mindestens 20, besonders bevorzugt mindestens 50, insbesondere mindestens 100, Messwerte des Brennraumdrucks gemessen. Um für die einzelnen Messwerte jeweils die Winkelstellung der Kurbelwelle zu ermitteln, genügt es, wenn dem Glühkerzensteuergerät mindestens einmal die momentane Position der Winkelstellung mitgeteilt wird. Beispielsweise genügt es, dem Glühkerzensteuergerät jeweils den Nulldurchgang der Kurbelwelle zu melden, also

mitzuteilen, wenn die Winkelstellung der Kurbelwelle 0° ist oder einen anderen vorgegebenen Wert hat. Durch eine einfache Zeitmessung kann ein Glühkerzensteuerggerät dann den zwischen zwei solchen Signalen eines Kurbelwellensensors ermittelten Messwerten des Brennraumdrucks Werte des Kurbelwellenwinkels zuordnen.

[0021] In Figur 1 gibt die Kurve 1 den Verlauf des Brennraumdrucks in bar in Abhängigkeit von den Kurbelwellenwinkel in Grad an. Aus dem Verlauf Brennraumdrucks wird eine Kenngröße des Verbrennungsvorgangs ermittelt. Als Kenngröße des Verbrennungsvorgangs kann beispielsweise die Winkelstellung der Kurbelwelle verwendet werden, die auftritt, wenn der Brennraumdruck während des Arbeitszyklus sein Maximum erreicht hat. Bei dem dargestellten Beispiel ist der Brennraumdruck bei einem Kurbelwellenwinkel von etwa 17,5° maximal.

[0022] Der ermittelte Wert der Kenngröße wird mit einem Sollwert verglichen und die Effektivspannung auf einen zum Erreichen des Sollwerts erforderlichen Mindestwert eingestellt. Wenn der ermittelte Wert der Kenngröße dem vorgegebenen Sollwert entspricht, wird die Effektivspannung abgesenkt. Wenn bei einem späteren Arbeitszyklus festgestellt wurde, dass die Effektivspannung zu weit abgesenkt wurde und deshalb der Wert der Kenngröße nun von dem Sollwert abweicht, wird die Effektivspannung erhöht. Auf diese Weise kann die Effektivspannung auf einen zum Erreichen des Sollwerts erforderlichen Mindestwert eingestellt werden.

[0023] Beispielsweise kann die Effektivspannung gesenkt werden, wenn das Maximum des Brennraumdrucks bei einem Kurbelwellenwinkel auftritt, der kleiner als oder gleich wie ein Sollwert ist, und die Effektivspannung erhöht werden, wenn das Maximum des Brennraumdrucks bei einem Kurbelwellenwinkel auftritt, der größer als der Sollwert ist.

[0024] Es ist zweckmäßig, die Effektivspannung in kleinen Schritten abzusenken, wenn festgestellt wird, dass der ermittelte Wert der Kenngröße dem Sollwert entspricht. Bevorzugt wird die Effektivspannung in Schritten geändert, die weniger als 5%, besonders bevorzugt weniger als 2%; insbesondere weniger als 1%, der Bordnetzspannung betragen. Die Effektivspannung wird reduziert, indem die Dauer der Spannungspulse relativ zu den dazwischen liegenden Pausen verkürzt wird.

[0025] Um die Stabilität des Verfahrens zu erhöhen kann es vorteilhaft sein, eine Änderung der Effektivspannung nicht bei jedem Arbeitszyklus vorzunehmen, sondern den Vergleich zwischen dem ermittelten Wert der Kenngröße und dem Sollwert oder eine Absenkung bei Übereinstimmung erst nach einer vorgegebenen Anzahl von Arbeitszyklen, beispielsweise nach 3 oder mehr, etwa nach 5 Arbeitszyklen, vorzunehmen. Dabei kann der jeweils aktuelle ermittelte Wert mit dem Sollwert verglichen werden oder eine statistische Auswertung der für eine vorgegebene Anzahl von vorangegangenen Zyklen ermittelten Werte vorgenommen werden. Beispielsweise

kann das statistische Mittel der ermittelten Werte der Kenngröße mit einem Sollwert verglichen werden.

[0026] Der Sollwert kann einem Glühkerzensteuerggerät von einem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von der Motordrehzahl und der Motorlast vorgegeben werden.

[0027] Aus dem Verlauf des Brennraumdrucks 1 kann beispielsweise der Anteil des bereits verbrannten Kraftstoffs berechnet werden. In Figur 1 gibt die Kurve 2 den Anteil des in dem Arbeitszyklus bereits verbrannten Kraftstoffs an, also den Grad der Energieumwandlung. Zu Beginn des Arbeitszyklus ist der Anteil 0, da noch kein Kraftstoff verbrannt wurde. Am Ende des Arbeitszyklus ist der Anteil 1, da der Kraftstoff dann vollständig verbrannt ist. Die Kurve 2 bzw. ihr Wert bei einem gegebenen Kurbelwellenwinkel kann deshalb ebenfalls als Kenngröße der Verbrennung verwendet werden.

[0028] Zusätzlich ist in Figur 1 die Wärmeabgabe in willkürlichen Einheiten als Kurve 3 eingetragen. Das Maximum der Wärmeabgabe fällt in Figur 1 mit dem Druckmaximum zusammen. Bei dem entsprechenden Kurbelwellenwinkel ist die Hälfte des Kraftstoffes verbrannt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Glühkerze bei laufendem Motor, der eine Kurbelwelle und mindestens einen Zylinder aufweist, wobei aus einer Bordnetzspannung eine Effektivspannung erzeugt wird, die an die Glühkerze angelegt wird, während eines Arbeitszyklus des Zylinders jeweils mehrere Messwerte des in dem Zylinder herrschenden Brennraumdrucks gemessen werden und für die einzelnen Messwerte jeweils die Winkelstellung der Kurbelwelle ermittelt wird, aus dem Verlauf des in Abhängigkeit von der Winkelstellung der Kurbelwelle gemessenen Brennraumdruckes eine Kenngröße des Verbrennungsvorgangs ermittelt wird, der ermittelte Wert der Kenngröße mit einem Sollwert verglichen und die Effektivspannung auf einen zum Erreichen des Sollwerts erforderlichen Mindestwert eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert in Abhängigkeit von der Motordrehzahl vorgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sollwert in Abhängigkeit von der Motorlast vorgegeben wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kenngröße die Winkelstellung der Kurbelwelle bei einem Maximum des Brennraumdruckes ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass die Effektivspannung gesenkt wird, wenn das Maximum des Brennraumdrucks bei einem Kurbelwellenwinkel auftritt, der kleiner als ein Sollwert ist, und die Effektivspannung erhöht wird, wenn das Maximum des Brennraumdrucks bei einem Kurbelwellenwinkel auftritt, der größer als der Sollwert ist.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kenngröße aus dem Brennraumdruck ermittelt wird, indem ein erstes Integral des Brennraumdruckes zwischen zwei vorgegebenen Kurbelwellenwinkeln berechnet wird, ein zweites Integral zwischen zwei vorgegebenen Kurbelwellenwinkeln berechnet wird, und die Kenngröße als Quotient aus den beiden Integralen berechnet wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Effektivspannung abgesenkt wird, wenn festgestellt wird, dass der ermittelte Wert der Kenngröße dem Sollwert entspricht.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Effektivspannung zum Einstellen auf den zum Erreichen des Sollwerts erforderlichen Mindestwert während eines Arbeitszyklus höchstens um 5%, bevorzugt weniger als 2%, insbesondere weniger als 1 %, abgesenkt wird.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert der Kenngröße durch Regeln auf einen Sollwert optimiert wird.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Effektivspannung durch ein Verfahren der Pulsweitenmodulation erzeugt wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit dem Verfahren erst begonnen wird, wenn seit dem Motorstart einen vorgegebene Zeitspanne vergangen ist.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kenngröße des Verbrennungsvorgangs der Zündzeitpunkt ist.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ermittelte Wert der Kenngröße von einem Motorsteuergerät mit einem Sollwert verglichen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekenn-**

zeichnet, dass eine Ergebnis des Vergleichs an ein Glühkerzensteuergerät gemeldet wird, welches die Effektivspannung in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs ändert, um die Effektivspannung auf einen zum Erreichen des Sollwerts erforderlichen Mindestwert einzustellen.

15. Verwendung einer Glühkerze, die einen integrierten Brennraumdrucksensor aufweist, für ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche.

Claims

1. A method for operating a glow plug with running engine which comprises a crankshaft and at least one cylinder, wherein an effective voltage is generated from a vehicle electrical system voltage, said effective voltage being applied to the glow plug, a plurality of measurement values of the combustion chamber pressure prevalent in the cylinder is measured during each working cycle of the cylinder, with the angular position of the crankshaft being determined for each individual measurement value, a characteristic value of the combustion process is determined from the development of the combustion chamber pressure measured in relation to the angular position of the crankshaft, the determined characteristic value is compared with a setpoint value and the effective voltage is set to a minimum value required for reaching the setpoint value.
2. The method according to Claim 1, **characterized in that** the setpoint value is defined in relation to the engine speed.
3. The method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the setpoint value is defined in relation to the engine load.
4. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the characteristic value is the angular position of the crankshaft at a maximum value of the combustion chamber pressure.
5. The method according to Claim 4, **characterized in that** the effective voltage is lowered if the combustion chamber pressure reaches its maximum value at a crankshaft angle that is less than a setpoint value, and the effective voltage is increased if the combustion chamber pressure reaches its maximum value at a crankshaft angle that is greater than the setpoint value.
6. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the characteristic val-

ue is determined from the combustion chamber pressure by calculating a first integral of the combustion chamber pressure between two defined crankshaft angles, a second integral is calculated between two defined crankshaft angles, and the characteristic value is calculated as the quotient from the two integrals.

7. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the effective voltage is lowered if it is detected that the determined characteristic value corresponds to the setpoint value. 10
8. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that**, in order to be set to the minimum value required to reach the setpoint value, the effective voltage is lowered by no more than 5%, preferably by less than 2%, and most preferably by less than 1% during a working cycle. 15 20
9. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the characteristic value is optimized by being regulated to a setpoint value. 25
10. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the effective voltage is generated by a pulse width modulation method. 30
11. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the method is started only if a defined time period has elapsed since the engine was started. 35
12. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the characteristic value of the combustion process is the time of ignition. 40
13. The method according to any one of the preceding claims, **characterized in that** the determined characteristic value is compared with a setpoint value by an engine control unit. 45
14. The method according to Claim 13, **characterized in that** a result of the comparison is reported to a glow plug control unit which changes the effective voltage in relation to the result of the comparison in order to set the effective voltage to a minimum value required for reaching the setpoint value. 50
15. Use of a glow plug comprising an integrated combustion chamber pressure sensor for a method according to any one of the preceding claims. 55

Revendications

1. Procédé d'utilisation d'une bougie à incandescence avec le moteur en marche, présentant un vilebrequin et au moins un cylindre, une tension du circuit de bord générant une tension efficace, tension appliquée à la bougie à incandescence, plusieurs valeurs de mesure correspondant à la pression de chambre de combustion régnant dans le cylindre étant systématiquement mesurées pendant un cycle de travail du cylindre et la position angulaire du vilebrequin étant déterminée pour les diverses valeurs de mesure, où l'on détermine une grandeur caractéristique du cycle de combustion à partir de la courbe de pression de chambre de combustion mesurée en fonction de la position angulaire du vilebrequin, l'on compare la valeur obtenue pour la grandeur caractéristique à une valeur de consigne et l'on règle la tension efficace sur une valeur minimale nécessaire pour atteindre la valeur de consigne.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la valeur de consigne est spécifiée en fonction de la vitesse de rotation du moteur.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la valeur de consigne est spécifiée en fonction de la charge du moteur.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique correspond à la position angulaire du vilebrequin pour une valeur maximale de la pression de chambre de combustion.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la tension efficace se trouve abaissée lorsque la valeur maximale de la pression de chambre de combustion survient à un angle de vilebrequin qui est inférieur à une valeur de consigne et **en ce que** la tension efficace se trouve augmentée lorsque la valeur maximale de la pression de chambre de combustion survient à un angle de vilebrequin qui est supérieur à une valeur de consigne.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on déduit la grandeur caractéristique de la pression de chambre de combustion dans la mesure où l'on calcule une première intégrale de la pression de chambre de combustion entre deux angles de vilebrequin prédéterminés, où l'on calcule une seconde intégrale entre deux angles de vilebrequin prédéterminés et l'on calcule la grandeur caractéristique comme quotient des deux intégrales.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes

tes, **caractérisé en ce que** la tension efficace se trouve abaissée lorsque l'on constate que la valeur obtenue pour la grandeur caractéristique correspond à la valeur de consigne.

5

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension efficace permettant d'obtenir la valeur minimale nécessaire pour atteindre la valeur de consigne pendant un cycle de travail est abaissée au plus de 5%, de préférence de moins de 2%, en particulier de moins de 1 %.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on optimise la valeur obtenue pour la grandeur caractéristique en la réglant sur une valeur de consigne.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on génère la tension efficace grâce à un procédé de modulation de largeur d'impulsions.
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on ne lance le procédé que si un laps de temps prédéterminé s'est écoulé depuis le démarrage du moteur.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique du cycle de combustion correspond au moment précis d'allumage.
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on compare la valeur obtenue pour la grandeur caractéristique grâce à un appareil de commande de moteur à une valeur de consigne.
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** l'on envoie le résultat de la comparaison à un appareil de commande de bougie à incandescence qui modifie la tension efficace en fonction du résultat de la comparaison pour régler la tension efficace sur une valeur minimale nécessaire pour atteindre la valeur de consigne.
15. Utilisation d'une bougie à incandescence présentant un capteur de pression de chambre de combustion intégré pour un procédé selon l'une des revendications précédentes.

55

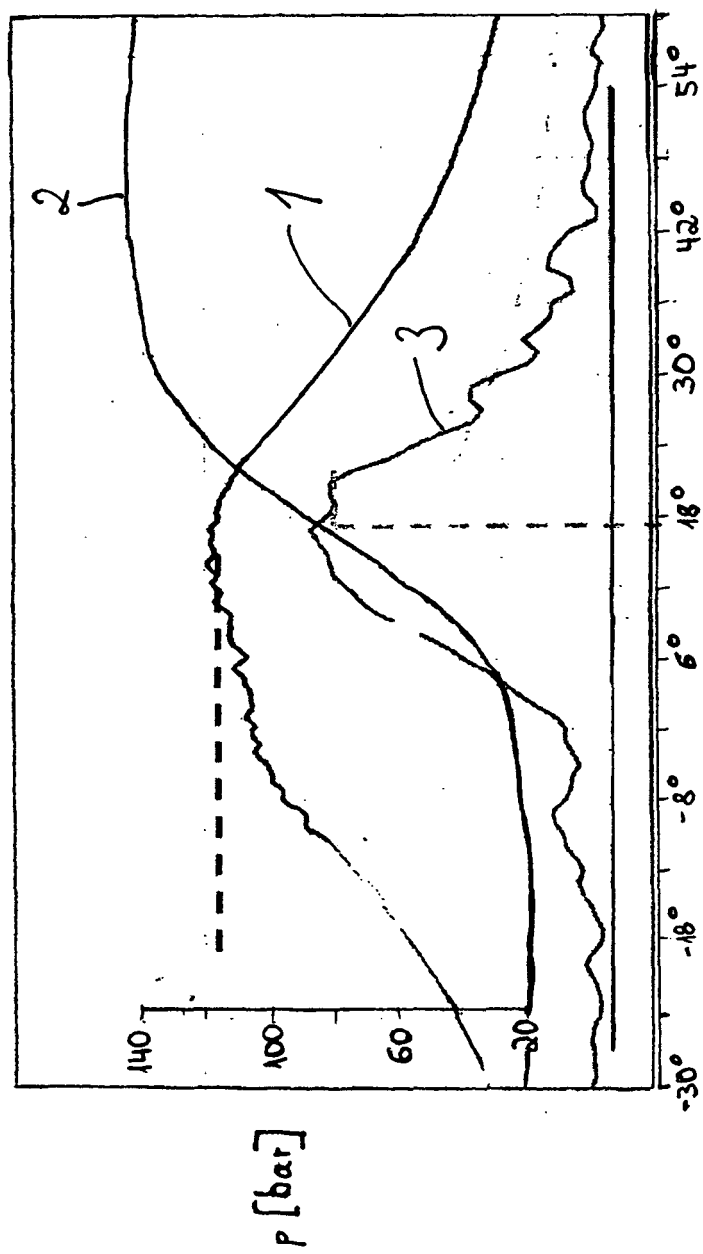


Fig. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005026074 A1 [0002] [0019]