



(11)

EP 1 852 604 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.05.2019 Patentblatt 2019/20

(51) Int Cl.:
F02P 19/02 ^(2006.01) *F02D 41/02* ^(2006.01)
F02D 41/06 ^(2006.01) *F02D 41/12* ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07008993.3**

(22) Anmeldetag: **04.05.2007**

(54) VERFAHREN ZUM BETREIBEN VON GLÜHKERZEN IN DIESELMOTOREN

METHOD FOR OPERATING SPARK PLUGS IN DIESEL ENGINES

PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT DE BOUGIES DANS DES MOTEURS DIESEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **05.05.2006 DE 102006021285**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.11.2007 Patentblatt 2007/45

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

(72) Erfinder:
• **Toedter, Olaf, Dr.**
75045 Walzbachtal (DE)
• **Kernwein, Markus**
75015 Betten-Büchig (DE)
• **Bleil, Andreas**
71636 Ludwigsburg (DE)

• **Stöckle, Jörg**
71642 Ludwigsburg (DE)
• **Pachner, Franz**
4400 Steyr (AT)

(74) Vertreter: **Twelmeier Mommer & Partner**
Patent- und Rechtsanwälte
Westliche 56-68
75172 Pforzheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 719 909 EP-A1- 0 485 610
JP-A- 4 350 368 JP-A- 59 108 878
JP-A- 2004 346 756 US-A1- 2005 039 732

• **HOUBEN H ET AL: "DAS ELEKTRONISCH GESTEUERTE GLUEHSYSTEM ISS FUER DIESELMOTOREN" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, VIEWEG VERLAG, WIESBADEN, DE, Bd. 61, Nr. 10, Oktober 2000 (2000-10), Seiten 668-670,672, XP000965961 ISSN: 0024-8525**

EP 1 852 604 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 geht von einem Verfahren mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen aus. Ein solches Verfahren ist aus der US 2005/0039732 A1 bekannt.

[0002] Bei dem aus der US 2005/0039732 A1 bekannten Verfahren wird die Temperatur einer Glühkerze indirekt mittels eines der Glühkerze parallel geschalteten Energiespeichers ermittelt. Der Energiespeicher bildet ein physikalisches Model der Glühkerze, so dass sein Energieinhalt ein Maß für die Temperatur der Glühkerze ist. Als Beispiele für geeignete Energiespeicher, welche die Glühkerzentemperatur widerspiegeln, werden Kondensatoren und Heizwiderstände genannt.

[0003] JP 04 350368 A beschreibt eine weitere Steuervorrichtung eines Dieselmotors mit Glühkerzen.

[0004] Ein Verfahren zum Betreiben von Dieselmotoren ist in dem Aufsatz "Das elektronisch gesteuerte Glühsystem ISS für Dieselmotoren, veröffentlicht in der DE-Z MTZ Motortechnische Zeitschrift 61, (2000) 10, S. 668-675, beschrieben.

[0005] Figur 1 zeigt das Blockschaltbild eines Glühkerzen-Steuergerätes 1 zum Durchführen des bekannten Verfahrens. Dieses Steuergerät enthält einen Mikroprozessor 2 mit integriertem Digital-Analog-Wandler, eine Anzahl MOSFET-Leistungshalbleiter 3 zum Ein- und Ausschalten einer gleichen Anzahl von Glühkerzen 4, eine elektrische Schnittstelle 5 zum Verbinden mit einem Motorsteuergerät 6 und eine interne Spannungsversorgung 7 für den Mikroprozessor 2 und für die Schnittstelle 5. Die interne Spannungsversorgung 7 hat über die "Klemme 15" des Fahrzeuges Verbindung mit der Fahrzeugbatterie.

[0006] Der Mikroprozessor 2 steuert die Leistungshalbleiter 3 an, liest deren Statusinformationen und kommuniziert über die elektrische Schnittstelle 5 mit dem Motorsteuergerät 6. Die Schnittstelle 5 nimmt eine Anpassung der Signale vor, die zur Kommunikation zwischen dem Motorsteuergerät 6 und dem Mikroprozessor 2 benötigt werden. Die Spannungsversorgung 7 liefert eine stabile Spannung für den Mikroprozessor 2 und für die Schnittstelle 5.

[0007] Glühkerzen haben die Aufgabe, bei einem Kaltstart des Dieselmotors eine sichere Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches zu bewirken und danach in einer Nachglühphase einen gleichmäßigen Lauf des Dieselmotors zu bewirken, bis er so warm ist, dass er auch ohne Unterstützung durch Glühkerzen gleichmäßig rund läuft. Die Nachglühphase dauert bis zu einigen Minuten. In der Nachglühphase soll die Glühkerze eine gleich bleibende Temperatur, die Beharrungstemperatur, annehmen, für welche bei Stahlgühkerzen ca. 1000° C ein typischer Wert ist. Um die Beharrungstemperatur beizubehalten, wird bei modernen Glühkerzen nicht die volle Spannung aus dem Bordnetz des Fahrzeugs benötigt, sondern lediglich eine Spannung von typisch 5 Volt bis 6 Volt. Der Mikroprozessor 2 steuert die Leistungshalb-

leiter 3 zu diesem Zweck durch ein Verfahren der Pulsweiten-Modulation, was zur Folge hat, dass die Spannung aus dem Bordnetz, welche den Leistungshalbleitern 3 über die "Klemme 30" des Fahrzeugs zugeführt wird, so moduliert wird, dass die gewünschte Spannung an den Glühkerzen im zeitlichen Mittel anliegt.

[0008] Wird der Dieselmotor kalt gestartet, dann versorgt das Steuergerät 1 die Glühkerzen 4 mit einer höheren Aufheizspannung von z.B. 11 Volt, um möglichst rasch eine Temperatur der Glühkerzen in Höhe der Beharrungstemperatur oder - vorzugsweise - vorübergehend noch einige 10° C mehr zu erreichen. Nach der Offenbarung in MTZ 61 (2000) 10, S. 668.675, erfolgt das schnelle Aufheizen der Glühkerzen in der Vorglühphase energiegesteuert, d. h., der jeweiligen Glühkerze wird eine Energie zugeführt, die so vorbestimmt ist, dass die Beharrungstemperatur auf jeden Fall erreicht wird. Vorzugsweise wird die Beharrungstemperatur zunächst einmal überschritten und sinkt danach auf die Beharrungstemperatur ab.

[0009] Nach einem Kaltstart befindet sich der Motor für eine gewisse Zeitspanne in der so genannten Kaltlaufphase, welche durch eine Leerlaufdrehzahl gekennzeichnet ist, welche über der Leerlaufdrehzahl bei betriebswarmem Motor liegt. In der Kaltlaufphase wird die an den Glühkerzen liegende effektive Spannung, d.h., die infolge der Pulsweitenmodulation im zeitlichen Mittel anliegende Spannung, von der anfänglichen Aufheizspannung von z.B. 11 Volt (der "Anfangswert") stufenweise abgesenkt auf eine Spannung von z.B. 6 Volt (der "Endwert" der Spannung), mit welcher die Beharrungstemperatur der Glühkerzen von z.B. 1000° C gehalten werden kann. Schwankungen der Bordnetzspannung können bei der Pulsweitenmodulation durch Verändern der Einschaltzeit ausgeregelt werden.

[0010] Beim Stand der Technik erfolgt das stufenweise Absenken der im zeitlichen Mittel an den Glühkerzen 4 anliegenden Spannung in der Kaltlaufphase während einer vorgegebenen Zeitspanne nach Erfahrungswerten, die im Mikroprozessor 2 gespeichert sind. Die Zeitspanne, während welcher die effektive Spannung in der Kaltlaufphase angehoben wird, ist höchstens so lang wie die Kaltlaufphase selbst, vorzugsweise kürzer als diese.

[0011] Je nach Motordrehzahl und Motorlast bzw. Motordrehmoment werden die Glühkerzen unterschiedlich stark abgekühlt. Um nach der Kaltlaufphase, aber vor Erreichen der normalen Betriebstemperatur des Motors, dennoch bei betriebswarmem Motor die Glühkerzentemperatur konstant zu halten, wird die den Glühkerzen zugeführte elektrische Leistung den sich ändernden Bedingungen angepasst. Dies geschieht entsprechend den Vorgaben aus dem Motorsteuergerät 6 durch Anheben oder Absenken des Endwertes der im zeitlichen Mittel an den Glühkerzen 4 anliegenden Spannung.

[0012] Es ist Stand der Technik, dass das Motorsteuergerät auf der Grundlage von Auswertungen, die es selber trifft, entscheidet, wann Glühvorgänge ausgelöst werden und wie lange sie andauern. Zu diesem Zweck

verfügt das Motorsteuergerät über eine Intelligenz, die mit Hilfe einer State-Machine ausgeübt wird, welche in das Motorsteuergerät integriert ist. Die State-Machine arbeitet nach einem starren, fest vorgegebenen Schema und erzeugt Befehlssignale, welche dem üblicherweise am Motorblock angebrachten Glühkerzensteuergerät übermittelt werden, welche die Vorgabe des Motorsteuergerätes umsetzt und unter Berücksichtigung eines im Glühkerzensteuergerät gespeicherten Modells der Glühkerzen die elektrische Leistung steuert, die den Glühkerzen zugeführt wird. Dazu bedarf es einer gegenseitigen Anpassung der beiden Steuergeräte und der in ihnen ablaufenden Algorithmen, soweit sie die Steuerung der Glühkerzen betreffen.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Aufwand für das Verwirklichen der Steuerung von Glühkerzen zu verringern.

[0014] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0015] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben von Glühkerzen, welche ein Gehäuse und ein über das Gehäuse vorstehendes Glühelement haben, in einem Dieselmotor, welcher mit einem Motorsteuergerät und mit einem Glühkerzensteuergerät zusammenarbeitet, welches im Anschluss an eine Vorglühpase die den Glühkerzen zugeführte elektrische Leistung in Abhängigkeit von einer vom Motorsteuergerät erhaltenen Vorgabe gesteuert, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Motorsteuergerät eine Größe ermittelt, welche ein Maß für eine Temperatur ist, die am Glühelement auftreten soll. Diese Größe wird vom Motorsteuergerät als Zielvorgabe an das Glühkerzensteuergerät übermittelt, welches diese Zielvorgabe mit einem im Glühkerzensteuergerät gespeicherten Algorithmus und unter Berücksichtigung von Kennwerten umsetzt, die ebenfalls im Glühkerzensteuergerät gespeichert sind.

[0016] Das hat wesentliche Vorteile:

- Das Glühkerzensteuergerät erhält eine Zielvorgabe, nämlich die Temperatur, die am Glühelement auftreten soll, oder eine Größe, welche ein Maß für diese Temperatur ist, welche aus der Sicht des Motorbetriebes die eigentlich funktionsgerechte Zielgröße ist, denn die Temperatur des Glühelementes, insbesondere dessen Oberflächentemperatur ist entscheidend dafür, dass das Kraftstoff-Luft-Gemisch in der Start- und Kaltlaufphase des Dieselmotors einwandfrei gezündet werden kann und sie kann in weiteren Motor-Betriebspunkten einen entscheidenden Einfluss auf Emission und Motorlauf haben'.
- Die Mindestanforderung an die Temperatur des Glühelementes der Glühkerzen, um eine Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches zu erreichen, hängt vom Typ des Motors, von seinem Betriebszustand und von der Fahrweise ab, wohingegen die Abhängigkeit vom Typ der verwendeten Glühkerze ver-

nachlässigbar ist. Es ist deshalb optimal, die Temperatur, die am Glühelement der Glühkerzen auftreten soll, im Motorsteuergerät festzulegen.

- Das Verhalten von Glühkerzen im Dieselmotor ist abhängig vom Typ der Glühkerze. Es ist deshalb optimal, die Kennwerte und Randbedingungen, unter denen das Glühelement von Glühkerzen eine als Ziel vorgegebene Temperatur annimmt, ausschließlich im Glühkerzensteuergerät zu berücksichtigen, denn dann benötigt das Glühkerzensteuergerät nur eine einzige Zielvorgabe, nämlich die Temperatur, die am Glühelement auftreten soll, oder eine Größe, die ein Maß für diese Temperatur ist.
- Das Glühkerzensteuergerät kann auf der Grundlage der Zielvorgabe selbständig arbeiten. Umgekehrt kann das Motorsteuergerät ohne besondere Rücksichtnahme auf die konkrete Arbeitsweise des Glühkerzensteuergerätes arbeiten, solange es nur eine Zielvorgabe für die Temperatur liefert, die vom Glühkerzensteuergerät verarbeitet werden kann.
- Infolgedessen können das Motorsteuergerät auf der einen Seite und das Glühkerzensteuergerät auf der anderen Seite in Aufbau und Arbeitsweise im wesentlichen unabhängig voneinander verwirklicht werden. Wechselseitige Einschränkungen für die Arbeitsweise der beiden Steuergeräte sind minimiert, was bedeutet, dass es für das Gestalten der beiden Steuergeräte und ihrer Arbeitsweisen ein Maximum an Freiheitsgraden gibt. Der Entwickler des Motorsteuergerätes ist insbesondere nicht mehr durch eine nach einem starren Schema arbeitende, auf das Glühkerzensteuergerät abgestimmte State-Machine eingeschränkt.
- Der Glühkerzenhersteller, welcher prädestiniert dafür ist, das Steuergerät für die von ihm zur Verfügung gestellten Glühkerzen herzustellen und seine Arbeitsweise zu bestimmen, kann dieses ohne besondere Rücksichtnahme auf das Motorsteuergerät tun.
- Da das Motorsteuergerät die Temperatur, die am Glühelement der Glühkerzen auftreten soll, vorgibt, besteht keine Abhängigkeit der Steuerung der Glühkerzen von einem Zustand der Motorsteuerung oder von einem Zustandsübergang in der Motorsteuerung. Das Glühkerzensteuergerät kann auf jede Vorgabe des Motorsteuergerätes autonom reagieren.

[0017] Im Stand der Technik werden die Glühkerzen im Anschluss an eine Vorglühpase so gesteuert, dass die Temperatur, die am Glühelement auftritt, nach Möglichkeit auf einem vorgegebenen Wert verharrt, weshalb diese Temperatur als die Beharrungstemperatur bezeichnet wird. In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung ist die Zielvorgabe, die das Motorsteuergerät für die Temperatur liefert, die am Glühelement auftreten soll, jedoch bei laufendem Dieselmotor veränderlich. Das führt zu einer Reihe weiterer Vorteile:

- Die Glühkerzentemperatur kann optimiert werden,

indem sie an den Betriebszustand des Dieselmotors angepasst wird.

- Die Glühkerze kann nicht nur in der Startphase und wenige Minuten danach eingesetzt werden, sondern kann über einen längeren Zeitraum verbrennungsunterstützend eingesetzt werden.
- Das Einsetzen von Glühkerzen zur Verbrennungsunterstützung erlaubt eine Reduzierung des Schadstoffausstoßes des Dieselmotors.
- Eine Verlängerung der Einsatzdauer von Glühkerzen ist von besonderem Vorteil im Hinblick auf die Bestrebung der Hersteller von Dieselmotoren, die Verdichtung des Dieselmotors herabzusetzen, um den Ausstoß von Stickoxiden zu vermindern. Mit abnehmender Verdichtung verschlechtert sich jedoch das Kaltlaufverhalten des Dieselmotors und die Zündtemperatur des Kraftstoff-Luft-Gemisches steigt an. Diesen Nachteilen kann die Weiterbildung der Erfindung abhelfen.
- Mit zunehmender Erwärmung des Motors kann die Temperatur am Glühelement der Glühkerzen verringert werden. Das führt zu einer Verlängerung der Lebensdauer der Glühkerzen.
- In Schubphasen des Dieselmotors können die Glühkerzen mit stark reduzierter Glühleistung zur Verbrennungsunterstützung betrieben werden, was zur Erhöhung der Lebensdauer der Glühkerzen beiträgt.
- Bei steigender Motorbelastung, insbesondere bei Volllast, kann die Temperatur des Glühelementes der Glühkerzen zeitweise erhöht werden, um die Verbrennung zu unterstützen und den Schadstoffausstoß zu vermindern sowie um bei noch nicht betriebsamem Motor die Laufruhe des Motors zu verbessern.
- Fahrzeuge, die im Abgasstrang des Dieselmotors einen Partikelfilter haben, müssen diesen von Zeit zu Zeit regenerieren, z. B. durch zeitweises Erhöhen der Abgas-Temperatur, um die am Filter haftenden Partikel zu verbrennen. Die Temperaturerhöhung kann z. B. durch Nacheinspritzen von Dieseldieselkraftstoff in die Zylinder während der Expansionsphase erreicht werden. Wird in dieser Phase das Glühelemente bei niedriger Temperatur betrieben, begünstigt das die Temperaturerhöhung am Partikelfilter. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, die Glühkerzentemperatur dann abzusenken, wenn die im Stand der Technik eingestellte relativ hohe Beharrungstemperatur von z. B. 1000°C bei Stahlgühkerzen nicht benötigt wird. Die sich daraus ergebende verringerte Belastung der Glühkerze kann entweder genutzt werden, um deren Lebensdauer drastisch zu verlängern oder um sie ohne Einbuße an Lebensdauer über längere Zeiträume verbrennungsunterstützend einzusetzen.

[0018] Das Motorsteuergerät ermittelt die Zielvorgabe für die Temperatur am Glühelement der Glühkerze in vorteilhafter Weise in Abhängigkeit vom Betriebszustand

des Dieselmotors. Dabei kommt nicht nur eine Berücksichtigung des aktuellen Betriebszustandes des Dieselmotors in Frage, vielmehr kann auch die vorausgegangene Entwicklung des Betriebszustandes des Dieselmotors, die das Motorsteuergerät mit Hilfe von ihm zugeordneten Sensoren beobachten kann, bei der Ermittlung der Zielvorgabe für die Temperatur berücksichtigt werden. Das erlaubt eine schnellere Reaktion auf Änderungen des Betriebszustandes des Dieselmotors, die auf der Grundlage der beobachteten vorausgegangenen Entwicklung sogar für einen gewissen Zeitraum prognostiziert werden kann.

[0019] Für die Wirksamkeit einer Glühkerze kommt es primär auf die Oberflächentemperatur des Glühelementes der Glühkerzen an. Die Oberflächentemperatur ist deshalb primäres Ziel für die vom Motorsteuergerät zu ermittelnde Vorgabe.

[0020] Die Oberflächentemperatur des Glühelementes der Glühkerzen kann im Dieselmotor nicht unmittelbar gemessen werden.

[0021] Es ist jedoch möglich, aus Erfahrungswerten, welche auf einem Motorprüfstand gewonnen werden können, ein Modell für das Verhalten eines bestimmten Glühkerzentyps in einem bestimmten Dieselmotor zu bilden und dieses in Form von Kennlinien und/oder Kennfeldern im Glühkerzensteuergerät zu speichern und nach den gespeicherten Kennlinien und Kennfeldern die Glühkerzen so anzusteuern, dass sie zu bestimmten Zeiten mit einer bestimmten effektiven Spannung versorgt werden, mit welcher man die Zieltemperatur erreicht oder ihr hinreichend nahe kommt. Für die Auswahl der effektiven Spannung und der Länge der Zeiträume in denen die Glühkerzen mit der ausgewählten effektiven Spannung versorgt werden, werden im Glühkerzensteuergerät Kennwerte und Randbedingungen berücksichtigt, die im Glühkerzensteuergerät gespeichert sind. Zu den Kennwerten und Randbedingungen, die im Glühkerzensteuergerät gespeichert sein können und von denen eine oder mehrere berücksichtigt werden können, gehören der Motortyp, der Glühkerzentyp, der elektrische Widerstand der Glühkerzen bei einer Referenztemperatur, die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes der Glühkerze von der Temperatur, die Wärmekapazität der Glühkerzen, das Abkühlverhalten der Glühkerzen in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors, von der Kühlmitteltemperatur und vom Vorzeichen einer Drehzahländerung des Motors, ferner die Wärmezufuhr aus Verbrennungen unter einem oder mehreren ausgewählten Lastzuständen des Motors. Auch Grenz- und Schwellenwerte, welche die Umsetzung der vom Motorsteuergerät übermittelten Zielvorgabe im Glühsteuergerät begrenzen, können mit Vorteil berücksichtigt werden; so kann z. B. sichergestellt werden, dass eine vom Motorsteuergerät übermittelte Zielvorgabe für die Temperatur des Glühelementes, welche die eingesetzten Glühkerzen überlasten würde, auf einen Wert begrenzt wird, der für die eingesetzten Glühkerzen noch zuträglich ist. Die Zielvorgabe des Motorsteuergerätes für die Temperatur des

Glühelementes kann deshalb in einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vom Glühkerzensteuergerät interpretiert und an den eingesetzten Glühkerzentyp angepasst werden, nachdem das Glühkerzensteuergerät ihn selbst ermittelt hat oder er dem Glühkerzensteuergerät eingegeben worden ist. Die Anpassung kann in einer Erhöhung oder Erniedrigung der Temperaturvorgabe und in einer Änderung des dahin führenden Temperaturverlaufs liegen, der ausgehend von einer im Glühsteuergerät gespeicherten Musterkennlinie einer Glühkerze durch Abwandlung der Musterkennlinie bestimmt werden könnte. Im Glühkerzensteuergerät wird daraufhin festgelegt, mit welcher Energie die Glühkerzen versorgt werden sollen und werden dann entsprechend gesteuert. Auch die Kühlmitteltemperatur kann zur Bildung eines Grenzwertes herangezogen werden, z. B. in der Weise, dass eine Zielvorgabe des Motorsteuergerätes für eine höhere Glühkerzentemperatur unberücksichtigt bleibt, um die Glühkerzen zu schonen, wenn und solange die Kühlmitteltemperatur einen Grenzwert überschreitet.

[0022] In Ergänzung zu der Zielvorgabe für die Temperatur des Glühelementes der Glühkerzen kann das Glühkerzensteuergerät bei der Umsetzung der Zielvorgabe mit Vorteil Parameter berücksichtigen, welche ihm von außen, vorzugsweise vom Motorsteuergerät, zugeführt werden, nämlich z. B. die Kraftstoff-Einspritzmenge je Takt, die Kühlmitteltemperatur, die Drehzahl des Dieselmotors, das Vorzeichen einer Drehzahländerung des Dieselmotors und die Temperatur der in die Zylinder des Dieselmotors einströmenden Verbrennungsluft.

[0023] Das Glühsteuergerät kann ferner die maximal mögliche Temperatur z. B. beim Einsatz von Stahl-Glühkerzen berücksichtigen. Es kann auf Basis des durch das Glühsteuergerät ermittelten oder eines mitgeteilten Glühkerzentyps die vorgegebene Temperatur begrenzen oder interpretieren.

[0024] Die Zielvorgabe für die Temperatur des Glühelementes vom Motorsteuergerät wird so ermittelt, dass zunächst eine Grundtemperatur für die Nachglühphase vorgegeben wird und dass eine niedrigere Temperatur als die Grundtemperatur in einem oder mehreren der nachfolgenden Fälle als Ziel vorgegeben wird: Der Dieselmotor befindet sich im Schubetrieb (in diesem Fall kann die Kraftstoffzufuhr abgeschaltet sein); die Kühlmitteltemperatur überschreitet einen Schwellenwert (je höher die Kühlmitteltemperatur ist, desto eher kann auf eine Unterstützung der Verbrennung durch eine heiße Glühkerze verzichtet werden); die Temperatur der in die Zylinder einströmenden Verbrennungsluft überschreitet einen Schwellenwert (eine Erhöhung der Temperatur der Verbrennungsluft erhöht die Zündfähigkeit des Gemisches und erlaubt eine Herabsetzung der Glühkerzentemperatur); die Spannung der im Fahrzeug vorhandenen elektrischen Stromquelle (Bordnetzspannung) unterschreitet einen Grenzwert (die Stromentnahme aus dem Bordnetz wird vorsorglich begrenzt, falls dieses zu schwach ist).

[0025] Eine höhere Temperatur als die bisher vom Mo-

torsteuergerät vorgegebene Temperatur, d.h. eine höhere Temperatur als die genannte niedrigere Temperatur oder als die Grundtemperatur, kann vom Motorsteuergerät z. B. dann vorgegeben werden, wenn einer oder mehrere der nachfolgenden Fälle vorliegen: Der Schadstoffgehalt im Abgas des Dieselmotors überschreitet einen oder mehrere Grenzwerte (in diesem Fall kann eine Erhöhung der Glühkerzentemperatur die Verbrennung unterstützen); eine Schubphase des Dieselmotors wird beendet (die in der Schubphase kälter gewordene Glühkerze wird für den folgenden Lastfall wieder aufgeheizt); die Kühlmitteltemperatur unterschreitet einen Schwellenwert, wie es in längerem Stop-and-Go-Betrieb vorkommt (eine Erhöhung der Glühkerzentemperatur unterstützt die Verbrennung und reduziert den Schadstoffausstoß, was insbesondere im Stadtverkehr wichtig ist); die Temperatur der in die Zylinder einströmenden Verbrennungsluft unterschreitet einen Schwellenwert (eine Erhöhung der Glühkerzentemperatur unterstützt die Verbrennung und reduziert den Schadstoffausstoß); die Kraftstoff-Einspritzmenge oder die Last des Dieselmotors steigt und/oder überschreitet einen Schwellenwert (die Glühkerze kann mit erhöhter Temperatur mindestens vorübergehend verbrennungsunterstützend wirken); während des Glühens zur Unterstützung der Regeneration eines im Abgasstrang des Dieselmotors vorhandenen Partikelfilters.

[0026] Beispielsweise kann im Glühkerzensteuergerät eine Matrix aus Korrekturwerten gespeichert sein, mit welchen die für einen Standardfall vorgesehene Zufuhr von elektrischer Energie zu einer Glühkerze in Abhängigkeit von der Drehzahl und dem momentanen Kraftstoffverbrauch (z. B. in mm³ pro Hub) korrigiert wird. Die Matrix enthält die Korrekturwerte für diskrete Wertepaare von Drehzahl und Verbrauch. Tendenziell wird die Energiezufuhr zu den Glühkerzen mit steigender Drehzahl erhöht und mit steigendem Verbrauch gesenkt.

[0027] Das im Glühkerzensteuergerät in Gestalt von Kennwerten, Kennfeldern gespeicherte Modell der Glühkerzen und ihres Verhaltens im Dieselmotor erlaubt es dem Glühkerzensteuergerät, die Zielvorgabe des Motorsteuergerätes für die Temperatur des Glühelementes der Glühkerzen in einem offenen Regelkreis umzusetzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben von Glühkerzen, welche ein Gehäuse und ein über das Gehäuse vorstehendes Glühelement haben, in einem Dieselmotor, welcher mit einem Motorsteuergerät und mit einem Glühkerzensteuergerät zusammenarbeitet, welches im Anschluss an eine Vorglühphase die den Glühkerzen zugeführte elektrische Leistung steuert,

wobei das Motorsteuergerät eine Größe ermittelt, welche ein Maß für eine Temperatur ist, die am Glühelement auftreten soll, und diese Größe

als Zielvorgabe an das Glühkerzensteuergerät übermittelt, welches diese Zielvorgabe mit einem im Glühkerzensteuergerät gespeicherten Algorithmus und unter Berücksichtigung von im Glühkerzensteuergerät gespeicherten Kennwerten umsetzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Zielvorgabe bei laufendem Dieselmotor veränderlich ist und in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Dieselmotors ermittelt wird, dass für die an eine Vorglühphase anschließende Phase (Nachglühphase) für das Glühelement der Glühkerzen zunächst eine Grundtemperatur als Ziel vorgegeben wird, und dass eine niedrigere Temperatur als die Grundtemperatur in einem oder mehreren der nachfolgenden Fälle als Ziel vorgegeben wird:

- der Dieselmotor befindet sich im Schubetrieb;
- die Kühlmitteltemperatur überschreitet einen Schwellenwert;
- die Temperatur der in die Zylinder einströmenden Verbrennungsluft überschreitet einen Schwellenwert;
- die Temperatur der im Fahrzeug vorhandenen elektrischen Stromquelle unterschreitet einen Grenzwert,

wobei eine höhere als die genannte niedrigere Temperatur oder als die Grundtemperatur als Ziel vorgegeben wird, wenn einer oder mehrere der nachfolgenden Fälle vorliegen:

- der Schadstoffgehalt im Abgas des Dieselmotors überschreitet einen oder mehrere Grenzwerte;
- eine Schubphase des Dieselmotors wird beendet;
- die Kühlmitteltemperatur unterschreitet einen Schwellenwert;
- die Temperatur der in die Zylinder einströmenden Verbrennungsluft unterschreitet einen Schwellenwert;
- die Kraftstoff-Einspritzmenge überschreitet einen Schwellenwert;
- die Last des Dieselmotors steigt und/oder überschreitet einen Schwellenwert;
- die Temperatur eines im Abgasstrang des Dieselmotors vorhandenen Partikelfilters wird zum Zwecke des Regenerierens erhöht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zielvorgabe in Abhängigkeit von der voraus gegangenen Entwicklung des Betriebszustandes des Dieselmotors ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorsteuergerät die Entwicklung des Motorzustands prognostiziert und die Zielvorgabe in Abhängigkeit von der prognostizierten Entwicklung des Motorzustands ermittelt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorsteuergerät die Entwicklung des Motorzustands auf der Grundlage der voraus gegangenen Entwicklung des Motorzustandes prognostiziert.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zielvorgabe ein Maß für die Oberflächentemperatur des Glühelements der Glühkerzen ist.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entscheidung, ob ein Vorglühvorgang erfolgen soll, im Glühkerzensteuergerät getroffen wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Glühkerzensteuergerät eine Entscheidung, ob der Glühbetrieb getaktet oder kontinuierlich erfolgt, getroffen wird.
8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zu den im Glühkerzensteuergerät gespeicherten Kennwerten einer oder mehrere der folgenden gehören: Der Motortyp; der Glühkerzentyp; der elektrische Widerstand der Glühkerzen bei einer Referenztemperatur; die Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von der Temperatur; die Wärmekapazität der Glühkerzen; das Abkühlverhalten der Glühkerzen in Abhängigkeit von der Drehzahl, von der Kühlmitteltemperatur und vom Vorzeichen einer Drehzahländerung des Dieselmotors; die Wärmezufuhr aus Verbrennungen unter einem oder mehreren ausgewählten Lastzuständen des Motors; Grenzwerte und Schwellenwerte, welche die Umsetzung der vom Motorsteuergerät übermittelten Zielvorgabe im Glühkerzensteuergerät begrenzen, insbesondere Grenzwerte und Schwellenwerte der Temperatur der Glüh Elemente und des Kühlmittels.
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Glühkerzensteuergerät die maximal mögliche Temperatur für den gegebenen Glühkerzentyp, z. B. beim Einsatz von Stahl-Glühkerzen, berücksichtigt.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Glühkerzensteuergerät auf der Basis des durch das Glühkerzensteuergerät ermittelten oder eines ihm mitgeteil-

ten Glühkerzentypes die vom Motorsteuergerät vorgegebene Temperatur begrenzt oder interpretiert.

11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Glühkerzensteuergerät bei der Umsetzung der Zielvorgabe Parameter berücksichtigt, welche ihm zugeführt werden und zu welchen einer oder mehrere der folgenden gehören: Die Kraftstoff-Einspritzmenge; die Kühlmitteltemperatur; die Drehzahl des Dieselmotors; das Vorzeichen einer Drehzahländerung des Dieselmotors; die Temperatur der in die Zylinder des Dieselmotors einströmenden Verbrennungsluft. 5
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Parameter dem Glühkerzensteuergerät vom Motorsteuergerät zugeführt werden. 10
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Größe, welche ein Maß für die Temperatur ist, welche am Glühhelement auftreten soll, die einzige Zielvorgabe ist, welche das Glühkerzensteuergerät von dem Motorsteuergerät erhält. 20
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Algorithmus einen Entscheidungsbaum beinhaltet. 25

Claims

1. Method of operating glow plugs, which comprise a housing and a heater element projecting beyond that housing, in a diesel engine which interacts with an engine control unit and with a glow plug control unit which latter, following a preheating phase, controls the electric power supplied to the glow plugs, wherein the engine control unit determines a value representative of a temperature that is to be reached at the heater element, and that the value so determined is transmitted by the engine control unit as target value to the glow plug control unit which implements that target value using an algorithm stored in the glow plug control unit and with consideration to characteristic values stored in the glow plug control unit, **characterized in that** the target value is variable in the running state of the diesel engine and is determined as a function of the operating state of the diesel engine, for a phase that follows the preheating phase (post-heating phase) a basic temperature is set as a target for the heater element of the glow plugs, and a lower temperature than the basic temperature is set as a target for one or more of the following cases: 50

- the diesel engine is in overrun mode;

- the coolant temperature exceeds a threshold value;
- the temperature of the combustion air flowing into the cylinders exceeds a threshold value;
- the voltage of the electric power source is below a threshold value,

wherein a higher temperature than the said lower temperature or than the base temperature is specified as a target if one or more of the following cases occur:

- the content of pollutants in the exhaust gas of the diesel engine exceeds one or more limit values;
- an overrun phase of the diesel engine is terminated;
- the coolant temperature is below a threshold value;
- the temperature of the combustion air flowing into the cylinders is below a threshold value;
- the fuel injection rate exceeds a threshold value;
- the load of the diesel engine rises and/or exceeds a threshold value;
- the temperature of a particle filter present in the exhaust line of the diesel engine is raised for regeneration purposes.

2. The method according to claim 1, **characterized in that** the target value is determined as a function of the previous development of the operating state of the diesel engine. 30
3. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the engine control unit predicts the development of the engine state and determines the target value as a function of the predicted development of the engine state. 35
4. The method according to claim 3, **characterized in that** the engine control unit predicts the development of the engine state based on the previous development of the engine state. 40
5. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the target value is indicative of the surface temperature of the heater element of the glow plugs. 45
6. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the decision whether a preheating operation is to be carried out is made in the glow plug control unit. 50
7. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** a decision is made in the glow plug control unit if the glow operation is to 55

be carried out under the control of timing pulses or continuously.

8. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the characteristics stored in the glow plug control unit include one or more of the following: The type of engine; the type of glow plug; the electric resistance of the glow plugs at a reference temperature; the temperature dependence of the electric resistance of the glow plugs; the thermal capacity of the glow plugs; the cooling-down behavior of the glow plugs as a function of engine speed; the coolant temperature and the sign of a speed change of the engine; the heat supply from combustion under one or more selected load conditions of the engine; limit values and threshold values that restrict the glow plug control unit in implementing the target value supplied, especially limit values and threshold values of the temperature of the heater element and of the coolant. 5 10 15 20
9. The method according to according to any of the preceding claims, **characterized in that** the glow plug control unit takes into account the temperature maximally possible for the given type of glow plug, for example when steel glow plugs are used. 25
10. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the glow plug control unit limits or interprets the temperature specified by the glow plug control unit on the basis of information on the type of glow plug determined by the glow plug control unit, or entered into the glow plug control unit. 30
11. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** in implementing the target value the glow plug control unit takes into account parameters that are supplied to it and that include one or more of the following: The rate of fuel injection per cycle; the coolant temperature; the speed of the diesel engine; the sign of any variation in speed of the diesel engine; the temperature of the combustion air flowing into the cylinders of the diesel engine. 35 40 45
12. The method according to claim 11, **characterized in that** the parameters are supplied to the glow plug control unit from the engine control unit. 50
13. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the value indicative of the temperature that is to occur at the heater element is the only target value which is received by the glow plug control unit from the engine control unit. 55
14. The method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the algorithm includes a decision tree.

Revendications

1. Procédé de fonctionnement de bougies de préchauffage, lesquelles possèdent un culot et un élément à incandescence ressortant au-dessus du culot, dans un moteur Diesel, lequel coopère avec un appareil de commande du moteur et avec un appareil de commande de bougie de préchauffage, lequel commande la puissance électrique fournie aux bougies de préchauffage à la suite d'une phase de préchauffage, l'appareil de commande du moteur déterminant une grandeur, laquelle est une mesure pour une température, qui doit intervenir sur l'élément à incandescence et transmettant cette grandeur en tant qu'objectif à l'appareil de commande des bougies de préchauffage, lequel convertit cet objectif avec un algorithme mémorisé dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage et en tenant compte des valeurs caractéristiques mémorisées dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, **caractérisé en ce que** l'objectif est variable lorsque le moteur Diesel fonctionne et est déterminé en fonction de l'état de fonctionnement du moteur Diesel, **en ce que** pour la phase succédant à une phase de préchauffage (phase de post-chauffage) pour l'élément à incandescence des bougies de préchauffage, une température de base est d'abord prédéfinie comme objectif, et **en ce qu'**une température plus basse que la température de base est préalablement donnée comme objectif dans un ou plusieurs des cas suivants :
 - le moteur Diesel se trouve en fonctionnement de décélération,
 - la température de réfrigérant dépasse une valeur de seuil,
 - la température de l'air de combustion affluant dans les cylindres dépasse une valeur de seuil,
 - la température de la source de courant électrique présente dans le véhicule tombe en dessous d'une valeur limite,
 dans lequel une température plus élevée que la température plus basse citée ou que la température de base est préalablement donnée comme objectif, si un ou plusieurs des cas suivants sont présents :
 - la teneur en polluants dans les gaz d'échappement du moteur Diesel dépasse une ou plusieurs valeurs limites,
 - une phase de décélération du moteur Diesel est terminée,
 - la température du réfrigérant tombe en dessous d'une valeur de seuil,
 - la température de l'air de combustion affluant dans les cylindres tombe en dessous d'une va-

- leur de seuil,
 - la quantité d'injection de carburant dépasse une valeur de seuil,
 - la charge du moteur Diesel augmente et/ou dépasse une valeur de seuil,
 - la température d'un filtre à particules présent dans la ligne d'échappement du moteur Diesel est augmentée à des fins de régénération.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'objectif est déterminé en fonction du développement antécédent de l'état de fonctionnement du moteur Diesel.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande du moteur pronostique le développement de l'état du moteur et détermine l'objectif en fonction du développement pronostiqué de l'état du moteur.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande du moteur pronostique le développement de l'état du moteur sur la base du développement antécédent de l'état du moteur.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'objectif est une mesure pour la température de surface supérieure de l'élément à incandescence des bougies de préchauffage.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la décision de savoir si une opération de préchauffage doit avoir lieu, est prise dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une décision est prise dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, quant au fait de savoir si le fonctionnement de préchauffage a lieu de façon cyclique ou en continu.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour les valeurs caractéristiques mémorisées dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, un ou plusieurs des points suivants entrent en ligne de compte : le type de moteur, le type de bougie de préchauffage, la résistance électrique des bougies de préchauffage à une température de référence, la résistance électrique en fonction de la température, la capacité thermique des bougies de préchauffage, le comportement de refroidissement des bougies de préchauffage en fonction de la vitesse de rotation, de la température du réfrigérant et du signe d'une
- variation de la vitesse du moteur Diesel, l'apport en chaleur des combustions dans un ou plusieurs états de charge du moteur, les valeurs limites et valeurs seuil, lesquelles limitent la conversion de l'objectif transmis par l'appareil de commande du moteur dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, notamment les valeurs limites et valeurs de seuil de la température des éléments à incandescence et du réfrigérant.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande des bougies de préchauffage tient compte de la température maximale possible pour le type de bougie de préchauffage donné, par ex : lors de l'utilisation de bougies de préchauffage en acier.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande des bougies de préchauffage limite ou interprète la température préalablement donnée par l'appareil de commande du moteur sur la base du type de bougie de préchauffage déterminé par l'appareil de commande des bougies de préchauffage ou d'un type qui lui est communiqué.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande des bougies de préchauffage tient compte lors de la conversion de l'objectif de paramètres, lesquels lui sont fournis et auxquels appartiennent un ou plusieurs des éléments suivants : la quantité d'injection de carburant, la température du réfrigérant, la vitesse de rotation du moteur Diesel, le signe d'une variation de la vitesse du moteur Diesel, la température de l'air de combustion affluant dans les cylindres du moteur Diesel.
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** les paramètres sont fournis à l'appareil de commande des bougies de préchauffage par l'appareil de commande du moteur.
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur, qui est une mesure pour la température, laquelle doit se produire sur l'élément à incandescence, est le seul objectif, que l'appareil de commande de bougie de préchauffage reçoit de l'appareil de commande de moteur.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'algorithme contient un arbre de décisions.

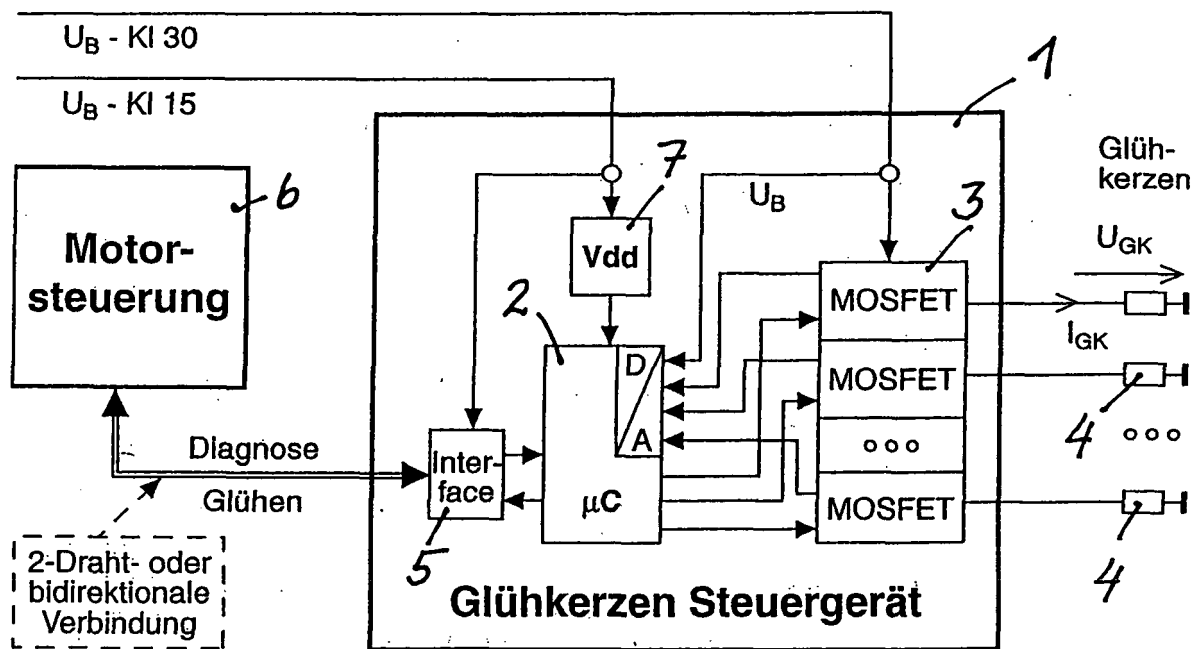


Fig. 1

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

- US 20050039732 A1 [0001] [0002]
- JP 4350368 A [0003]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- DE-Z MTZ Motortechnische Zeitschrift 61, 2000, vol. 10, 668-675 [0004]
- Nach der Offenbarung in MTZ 61, 2000, vol. 10, 668.675 [0008]