

(19)



(11)

EP 2 012 002 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
09.11.2016 Patentblatt 2016/45

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

(21) Anmeldenummer: **08011013.3**

(22) Anmeldetag: **18.06.2008**

(54) Verfahren zum Betreiben von Glühkerzen in Dieselmotoren

Method for operating glow plugs in diesel engines

Procédé de fonctionnement de bougies de préchauffage dans des moteurs diesel

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

(30) Priorität: **06.07.2007 DE 102007031613**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
07.01.2009 Patentblatt 2009/02

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

(72) Erfinder:
• **Kernwein, Markus
75015 Bretten-Büchig (DE)**
• **Bleil, Andreas
71636 Ludwigsburg (DE)**
• **Stöckle, Jörg
71642 Ludwigsburg (DE)**

• **Toedter, Olaf, Dr.
75045 Walzbachtal (DE)**
• **Houben, Hans
52146 Würselen (DE)**

(74) Vertreter: **Mommer, Niels
Twelmeier Mommer & Partner
Westliche 56-58
75172 Pforzheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 852 604 EP-A2- 1 408 233
DE-A1- 3 729 638 DE-A1-102006 010 082
US-A- 4 478 181**

• **HANS HOUBEN ET AL: "Das elektronisch
gesteuerte Glühsystem ISS für Dieselmotoren"
MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT,
VIEWEG VERLAG, WIESBADEN, DE, Bd. 61, Nr.
10, 30. Oktober 2000 (2000-10-30), Seiten 668-675,
XP002491100 ISSN: 0024-8525**

EP 2 012 002 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, wie es aus der Ep 1 408 233 A2 bekannt ist. Ein weiteres Verfahren ist aus der nachveröffentlichten EP 1 852 604 A1 bekannt.

[0002] Ein Verfahren zum Betreiben von Dieselmotoren ist auch aus dem Aufsatz "Das elektronisch gesteuerte Glühsystem ISS für Dieselmotoren, veröffentlicht in der DE-Z MTZ Motortechnische Zeitschrift 61, (2000) 10, S. 668-675. 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.

[0003] 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.

[0004] 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 Stahlgilühkerzen ca. 1000° C ein typischer Wert ist. Um die Beharrungstemperatur beizubehalten, wird bei modernen Glühkerzen nicht die volle Spannung aus dem Bordnetz des Fahrzeuges benötigt, sondern lediglich eine Spannung von typisch 5 Volt bis 6 Volt. Der Mikroprozessor 2 steuert die Leistungshalbleiter 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 Fahrzeuges zugeführt wird, so moduliert wird, dass die gewünschte Spannung an den Glühkerzen im zeitlichen Mittel anliegt.

[0005] 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.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den Aufwand für das Verwirklichen der Steuerung von Glühkerzen zu verringern.

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben von Glühkerzen, die mit einem Glühelement in einen Dieselmotor hineinragen, 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 steuert, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Motorsteuergerät eine Größe ermittelt, welche ein Maß für eine Sollbeharrungstemperatur 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, wobei die Zielvorgabe eine Änderung der Beharrungstemperatur des Glühelements von einer ersten Soll-Beharrungstemperatur zu einer zweiten Soll-Beharrungstemperatur bewirkt.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Temperatur des Glühelements bei laufendem Motor in Abhängigkeit von dem Betriebszustand des Dieselmotors geändert werden. Für die Temperatur einer Glühkerze im Anschluss an eine Vorglühpase, also bei laufendem Motor, hat sich der Begriff Beharrungstemperatur eingebürgert, da diese nach dem Stand der Technik möglichst konstant gehalten wird. Obwohl bei einem erfindungsgemäßen Verfahren die Temperatur bei laufendem Motor nach Vorgaben des Motorsteuergeräts geändert werden kann, und folglich nicht konstant bleibt, wird der gebräuchliche Begriff Beharrungstemperatur beibehalten. Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren gibt es im Unterschied zum Stand der Technik eben nicht nur eine einzige, sondern mehrere Soll-Beharrungstemperaturen, gemäß welchen das Glühkerzensteuergerät die Temperatur des Glühelements steuert.

[0014] 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 wei-

teren 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 vernachlässigbar ist. Es ist deshalb optimal, wenn das Motorsteuergerät eine Größe ermittelt, die ein Maß für die Temperatur, die am Glühelement der Glühkerzen auftreten soll. Diese Größe kann mit der Soll-Temperatur übereinstimmen oder systematisch geringfügig von ihr abweichen.
- 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.

[0015] Im Stand der Technik werden die Glühkerzen

im Anschluss an eine Vorglühphase 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, so dass die Beharrungstemperatur an den Betriebszustand des Dieselmotors angepasst werden kann. 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 Dieselmotorkraftstoff in die Zylinder während der Expansionsphase erreicht werden. Wird in dieser Phase das Glühelement bei niedriger Temperatur betrieben, begünstigt das die Temperaturerhöhung am Partikelfilter. Besonders hervorzuheben ist die Möglichkeit, die Glüh-

kerzentemperatur dann abzusenken, wenn die im Stand der Technik eingestellte relativ hohe Beharrungstemperatur von z. B. 1000°C bei Stahlglühkerzen 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.

[0016] 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. Insbesondere kann das das Motorsteuergerät die Entwicklung des Motorzustands prognostizieren und die Zielvorgabe in Abhängigkeit von der prognostizierten Entwicklung des Motorzustands ermitteln. Dabei kann das Motorsteuergerät die Entwicklung des Motorzustands auf der Grundlage der vorausgegangenen Entwicklung des Motorzustandes prognostizieren.

[0017] Bevorzugt unterscheiden sich die erste und die zweite Soll-Beharrungstemperatur höchstens um 300 K, besonders bevorzugt um nicht mehr als 200 K. Die für verschiedene Betriebszustände eines Dieselmotors optimalen Temperaturen liegen typischerweise in einem Bereich von 1000°C bis 1300°C, so dass die erste Soll-Beharrungstemperatur bevorzugt mindestens 1000°C beträgt. Anpassungen der Soll-Beharrungstemperatur an geänderte Umstände machen deshalb nur sehr selten größere Temperatursprünge als 300 K erforderlich; meist liegt der Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Beharrungstemperatur bei nicht mehr als 200 K, insbesondere bei nicht mehr als 150K.

[0018] Je nachdem ob die zweite Soll-Beharrungstemperatur größer oder kleiner als die erste Soll-Beharrungstemperatur ist, wird das Glühelement zur Änderung der Beharrungstemperatur aufgeheizt oder abgekühlt. Der bei einem Aufheizen von dem Glühkerzensteuergerät ausgeführte Algorithmus bewirkt ein Überschwingen der Temperatur des Glühelements über die zweite Soll-Beharrungstemperatur hinaus. Dies hat den Vorteil einer besonders schnellen Anpassung der Glühtemperatur an einen geänderten Betriebszustand des Motors. In entsprechender Weise bewirkt der bei einem Abkühlen von dem Glühkerzensteuergerät ausgeführte Algorithmus ein Überschwingen, eigentlich ein Unterschwingen, der

Temperatur des Glühelements unter die zweite Soll-Beharrungstemperatur.

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

[0020] Die Oberflächentemperatur des Glühelements der Glühkerzen kann insbesondere bei keramischen Glühkerzen aus dem temperaturabhängigen Wertes des elektrischen Widerstands 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 Glühelements, 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 Glühelements 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 sie 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 Glühelements 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] Vorzugsweise wird die Zielvorgabe für die Temperatur des Glühelements vom Motorsteuergerät 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 Motorsteuergerät vorgegebene Temperatur 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

motors 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, die mit einem Glühelement in einen Dieselmotor hineinragen, welcher mit einem Motorsteuergerät und mit einem Glühkerzensteuergerät zusammenarbeitet, welches im Anschluss an eine Vorglühphase die den Glühkerzen zugeführte elektrische Leistung in Abhängigkeit von einer vom Motorsteuergerät erhaltenen Vorgabe steuert, wobei das Motorsteuergerät eine Größe ermittelt, welche ein Maß für eine Soll-Beharrungstemperatur 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** wobei die Zielvorgabe eine Änderung der Beharrungstemperatur des Glühelements von einer ersten Soll-Beharrungstemperatur zu einer zweiten Soll-Beharrungstemperatur bewirkt, wobei der bei

einem Aufheizen ausgeführte Algorithmus ein Überspringen der Temperatur des Glühelements über die zweite Soll-Beharrungstemperatur hinaus bewirkt und der bei einem Abkühlen ausgeführte Algorithmus ein Unterschlagen der Temperatur des Glühelements unter die zweite Soll-Beharrungstemperatur bewirkt.

2. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die erste und die zweite Soll-Beharrungstemperatur höchstens um 300 K, vorzugsweise höchstens um 200 K, unterscheiden.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zielvorgabe bei laufendem Dieselmotor veränderlich ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zielvorgabe in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Dieselmotors ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zielvorgabe in Abhängigkeit von der voraus gegangenen Entwicklung des Betriebszustandes des Dieselmotors ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Motorsteuergerät die Entwicklung des Motorzustands prognostiziert und die Zielvorgabe in Abhängigkeit von der prognostizierten Entwicklung des Motorzustands ermittelt.
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 Glühelemente und des Kühlmittels.

9. 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 10
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Parameter dem Glühkerzensteuergerät vom Motorsteuergerät zugeführt werden. 15
11. 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
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Algorithmus einen Entscheidungsbaum beinhaltet. 25
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Beharrungstemperatur in einem oder mehreren der nachfolgenden Fälle kleiner als die erste Beharrungstemperatur vorgegeben wird: Der Dieselmotor befindet sich im Schubbetrieb; 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. 30 35
14. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Beharrungstemperatur in einem oder mehreren der nachfolgenden Fälle größer als die erste Beharrungstemperatur vorgegeben wird: 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. 40 45 50 55

Claims

1. Method for the operating glow plugs that project with a glow element into a diesel engine which interacts with an engine control unit and with a glow plug control unit which, following a preheating phase, controls the electric power supplied to the glow plugs in dependence on an input received from the engine control unit, wherein the engine control unit determines a value defining a reference steady-state temperature that is to be reached at the glow element, and transmits this value as target value to the glow plug control unit which implements this target with an algorithm stored in the glow plug control unit taking into account characteristic values stored in the glow plug control unit, **characterized in that** the target value effectuates a change of the steady-state temperature of the heater element from a first reference steady-state temperature to a second reference steady-state temperature, wherein the algorithm executed during heat-up effectuates an overshooting of the temperature of the glow element over the second reference steady-state temperature and the algorithm executed during cooling effectuates an undershooting of the temperature of the glow element over the second reference steady-state temperature.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the difference between the first and the second reference steady-state temperatures is 300 K at the most, preferably 200 K at the most.
3. Method according to any of above claims, **characterized in that** the target value is variable while the engine is running.
4. Method according to claim 3, **characterized in that** the target value is determined in dependence on the operating state of the diesel engine.
5. Method according to either claim 3 or 4, **characterized in that** the target value is determined in dependence on the previously effectuated evolution of the operating state of the diesel engine.
6. Method according to any of above claims, **characterized in that** the engine control unit predicts the evolution of the engine state and determines the target value in dependence on the predicted evolution of the engine state.
7. Method according to any of above claims, **characterized in that** the glow plug control unit decides whether or not the heater operation is effectuated clocked or continuously.
8. Method according to any of above claims, **character-**

terized in that the characteristics stored in the glow plug control unit comprise 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 dependence of the electric resistance of the glow plugs on temperature; the thermal capacity of the glow plugs; the cooling-down behavior of the glow plugs as a function of engine speed, of coolant temperature and of the algebraic sign of a change in speed of the diesel 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 converting the target value supplied by the engine control unit, especially the limit values and threshold values of the temperature of the heater element and of the coolant.

9. Method according to any of above claims, **characterized in that** the glow plug control unit, for the implementation of the target values, takes into consideration parameters that are supplied to it and that comprise one or several of the following: the fuel injection rate; the coolant temperature; the speed of the diesel engine; the algebraic sign of a change in speed of the diesel engine; the temperature of the combustion air flowing into the cylinders of the diesel engine.
10. Method according to claim 9, **characterized in that** the engine control unit supplies the glow plug control unit with the parameters.
11. Method according to any of above claims, **characterized in that** the value defining the temperature to be reached at the glow element is the only target value the glow plug control unit receives from the engine control unit.
12. Method according to any of above claims, **characterized in that** the algorithm includes a decision tree.
13. Method according to any of above claims, **characterized in that** in one or several of below itemized instances, the second steady-state temperature is set lower than the first steady-state temperature: the diesel engine is in the thrust phase; the coolant temperature exceeds a threshold value; the temperature of the combustion air flowing into the cylinders exceeds a threshold value; the temperature of the electric power source of the vehicle is below a limit value.
14. Method according to any of above claims, **characterized in that** in one or several of below itemized instances, the second steady-state temperature is set higher than the first steady-state temperature: the pollutants content in the exhaust gas of the diesel engine exceeds one or more limit values; a thrust

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 provided in the exhaust line of the diesel engine is raised for regeneration purposes.

Revendications

1. Procédé de fonctionnement de bougies de préchauffage, qui dépassent à l'intérieur d'un moteur diesel avec un élément de préchauffage, lequel moteur travaille en collaboration avec un appareil de commande du moteur et avec un appareil de commande des bougies de préchauffage, lequel commande, à la suite d'une phase préliminaire au préchauffage, l'énergie électrique apportée aux bougies de préchauffage en fonction d'une consigne reçue de l'appareil de commande du moteur, où l'appareil de commande du moteur détermine une grandeur, laquelle est une mesure pour une température de persistance de référence qui doit se produire sur l'élément de préchauffage, et transmet cette grandeur en tant que consigne ciblée à l'appareil de commande des bougies de préchauffage, lequel transforme cette consigne ciblée avec un algorithme mémorisé dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage et en tenant compte de valeurs caractéristiques mémorisées dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, **caractérisé en ce que** la consigne ciblée provoque une modification de la température de persévérance de l'élément de préchauffage à partir d'une première température de persévérance de référence vers une deuxième température de persévérance de référence, où, lors d'un échauffement, l'algorithme appliqué provoque un dépassement de la température de l'élément de préchauffage au delà de la deuxième température de persévérance de référence et lors d'un refroidissement, l'algorithme appliqué provoque une valeur insuffisante de la température de l'élément de préchauffage en dessous d'une deuxième température de persévérance de référence.
2. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les première et deuxième températures de persévérance de référence se différencient au maximum de 300 K, de préférence, au maximum de 200 K.
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la consigne ciblée est variable lors de la marche du moteur diesel.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la consigne ciblée est déterminée en fonction de l'état de fonctionnement du moteur diesel.
5. Procédé selon la revendication 3, ou 4, **caractérisé en ce que** la consigne ciblée est déterminée en fonction de l'évolution de l'état de fonctionnement du moteur diesel ayant eu lieu précédemment.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande du moteur prévoit l'évolution de l'état du moteur et détermine la consigne ciblée en fonction de l'évolution prévue de l'état du moteur.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** choix, si le fonctionnement du préchauffage s'effectue de manière cadencée ou continue, est pris dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'en** plus des valeurs caractéristiques mémorisées dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, une ou plusieurs des caractéristiques suivantes en font partie : le type de moteur ; le type de bougies de préchauffage ; la résistance électrique des bougies de préchauffage pour une température de référence ; la relation de la résistance électrique avec la température ; la capacité calorifique des bougies de préchauffage ; le comportement au refroidissement des bougies de préchauffage en fonction du nombre de tours, de la température du fluide de refroidissement et du sens d'une modification d'un nombre de tours du moteur diesel ; l'apport calorifique provenant des combustions sous un ou plusieurs états de charge choisis du moteur ; de valeurs limites et de valeurs de seuil, lesquelles limitent, dans l'appareil de commande des bougies de préchauffage, la conversion de la consigne ciblée transmise de l'appareil de commande du moteur, notamment des valeurs limites et des valeurs de seuil de la température des éléments de préchauffage et du fluide de refroidissement.
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'appareil de commande des bougies de préchauffage, lors de la conversion de la consigne ciblée, tient compte de paramètres, lesquels lui sont transmis et dont quelques uns ou plusieurs sont les suivants : la quantité de carburant injectée ; la température du fluide de refroidissement ; le nombre de tours du moteur diesel ; la prévision d'une modification du nombre de tours du moteur diesel ; la température de l'air de combustion entrant dans les cylindres du moteur diesel.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les paramètres sont transférés de l'appareil de commande du moteur à l'appareil de commande des bougies de préchauffage.
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur, laquelle est une mesure pour la température, laquelle doit régner sur l'élément de préchauffage, est l'unique consigne ciblée, laquelle est reçue par l'appareil de commande des bougies de préchauffage à partir de l'appareil de commande du moteur.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'algorithme contient un arbre de décision.
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la deuxième température de persévérance est prédéfinie inférieure à la première température de persévérance dans un ou plusieurs des cas suivants : le moteur diesel se trouve en régime de poussée ; la température du fluide de refroidissement dépasse une valeur de seuil ; la température de l'air de combustion entrant dans les cylindres dépasse une valeur de seuil ; la température de la source de courant électrique présente dans le véhicule se situe en dessous d'une valeur limite.
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la deuxième température de persévérance est prédéfinie supérieure à la première température de persévérance dans un ou plusieurs des cas suivants : la teneur en polluants dans le gaz d'échappement du moteur diesel dépasse une ou plusieurs valeurs limites ; une phase de poussée du moteur diesel s'achève ; la température du fluide de refroidissement est en dessous d'une valeur de seuil ; la température de l'air de combustion entrant dans les cylindres est en dessous d'une valeur de seuil ; la quantité de carburant injectée 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 se trouvant dans la conduite de gaz d'échappement du moteur diesel est augmentée du fait de la régénération.

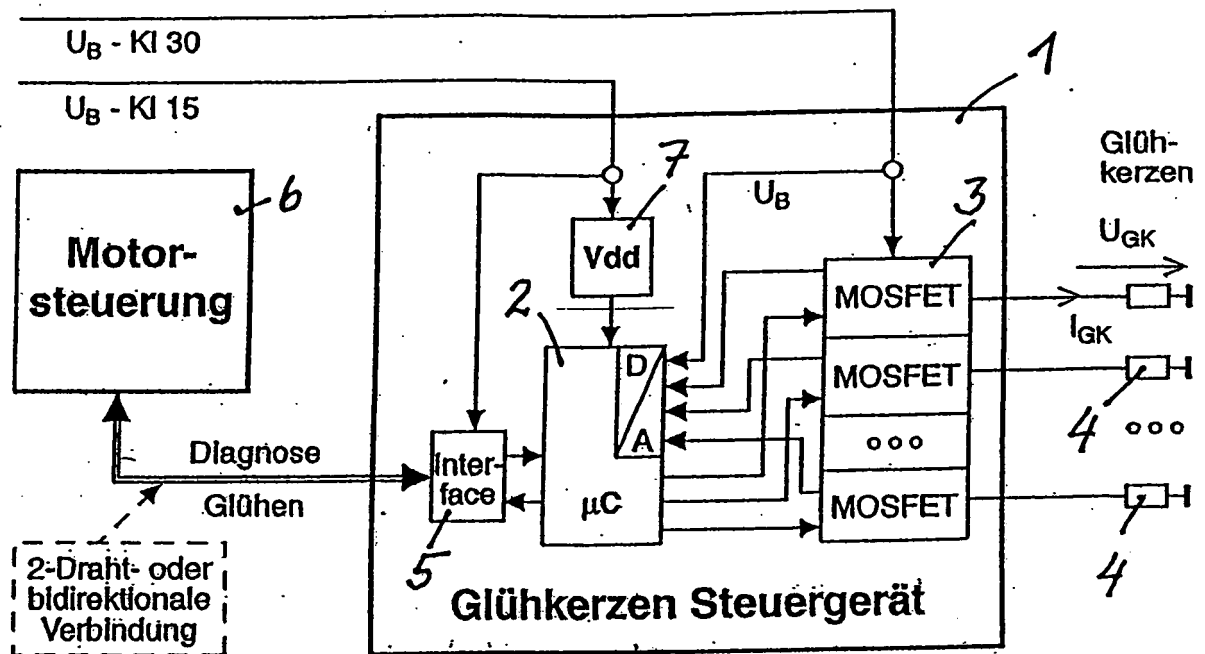


Fig. 1

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

- EP 1408233 A2 [0001]
- EP 1852604 A1 [0001]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Motortechnische Zeitschrift*, 2000, vol. 61 (10), 668-675 [0002]
- *Nach der Offenbarung in MTZ*, 2000, vol. 61 (10), 668.675 [0005]