



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.2008 Patentblatt 2008/26

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

(21) Anmeldenummer: **07122064.4**

(22) Anmeldetag: **03.12.2007**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

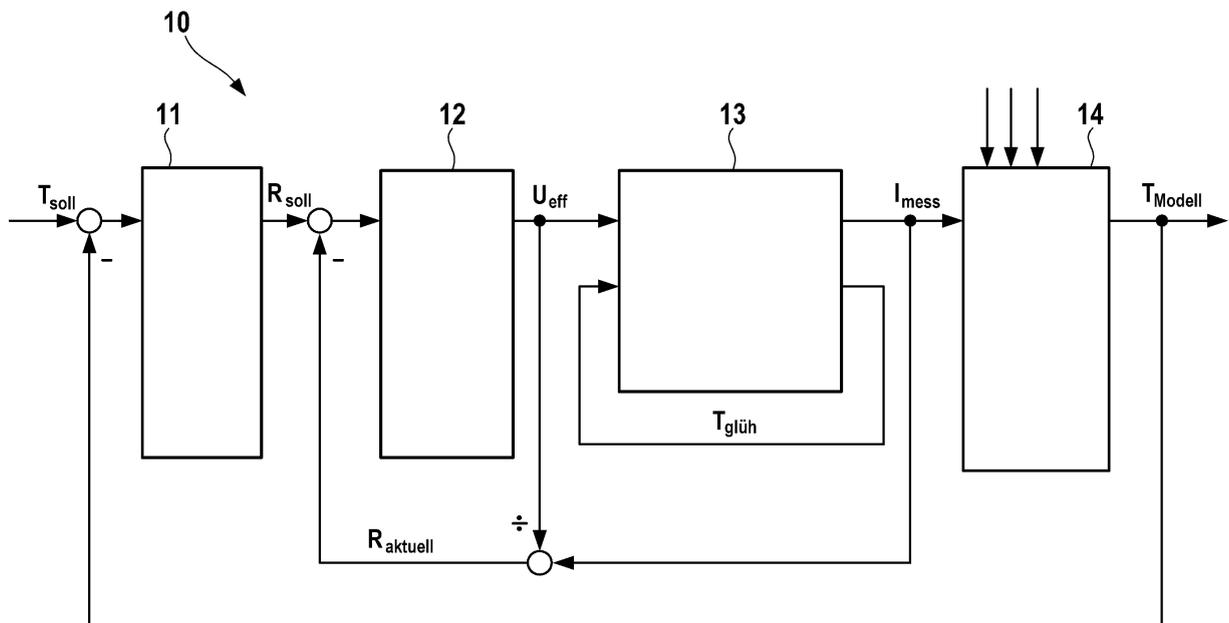
(72) Erfinder:
• **Bauer, Hans-Peter**
71254, Ditzingen (DE)
• **Moritz, Rainer**
70794, Filderstadt (DE)

(30) Priorität: **21.12.2006 DE 102006060632**

(54) **Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Glühkerze einer Brennkraftmaschine**

(57) Es wird ein Verfahren zur Regelung (10) der Temperatur einer Glühkerze (13) einer Brennkraftmaschine beschrieben. Bei dem Verfahren wird eine Temperatur (T_{Modell}), die der Oberflächentemperatur der Glühkerze (13) entspricht, mit einer Soll-Temperatur (T_{soll}) verglichen. Weiterhin wird von einer ersten Regelung (11) die Temperatur (T_{Modell}), die der Oberflächentemperatur entspricht, in Abhängigkeit von dem Ver-

gleichsergebnis auf die Soll-Temperatur (T_{soll}) geregelt. Von der ersten Regelung (11) wird ein Soll-Widerstand (R_{soll}) für die Glühkerze (13) erzeugt. Der Soll-Widerstand (R_{soll}) wird mit einem aktuellen Widerstand (R_{aktuell}) der Glühkerze (13) verglichen. Von einer zweiten Regelung (12) wird der aktuelle Widerstand (R_{aktuell}) in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis auf den Soll-Widerstand (R_{soll}) geregelt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Glühkerze einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft ebenfalls ein entsprechendes Computerprogramm, ein entsprechendes Speichermedium und ein entsprechendes Steuergerät.

[0002] Aus der EP 315 034 B1 ist ein Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Glühkerze einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem zwei Regler vorhanden sind. Der erste Regler ist dazu vorgesehen, die Oberflächentemperatur der Glühkerze auf einen vorgebbaren Sollwert zu regeln. Der zweite Regler ist dazu vorgesehen, die Wendeltemperatur der Glühwendel zu regeln. Der erste Regler ist dabei dem zweiten Regler übergeordnet und der Sollwert des zweiten Reglers ist auf eine maximale Wendeltemperatur begrenzt. Die Istwerte der Oberflächentemperatur und der Wendeltemperatur der Glühkerze müssen entweder gemessen oder mit Hilfe eines Modells der Glühkerze rechnerisch ermittelt werden.

Offenbarung der Erfindung

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, das Verfahren der eingangs genannten Art zu verbessern.

[0004] Die Erfindung löst diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Glühkerze einer Brennkraftmaschine nach dem Anspruch 1. Die Erfindung löst diese Aufgabe auch durch ein Computerprogramm nach dem Anspruch 10, ein Speichermedium nach dem Anspruch 11 und ein Steuergerät nach dem Anspruch 12. Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0005] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass von der zweiten Regelung der Widerstand der Glühkerze geregelt wird. Dieser Widerstand stellt einen messbaren Parameter der Glühkerze dar, so dass die zweite Regelung auf einen Parameter der Glühkerze als solcher bezogen ist und nicht auf eine von der Glühkerze erzeugte Temperatur. Damit ist es insbesondere möglich, den von der ersten Regelung vorgegebenen Soll-Widerstand durch entsprechende obere und/oder untere Widerstandswerte zu begrenzen. Diese Grenzwerte bilden einen wirkungsvollen Schutz der Glühkerze vor Zerstörung. Selbst bei einer Ansteuerung der Glühkerze mit einer fehlerhaften Soll-Temperatur kann der vorgegebene Widerstandsgrenzwert nicht überschritten und die Glühkerze damit nicht beschädigt werden.

[0006] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass bei der Widerstandsregelung auch der aktuelle Widerstand der Glühkerze ermittelt wird. Aus diesem aktuellen Widerstand kann über der Zeit ein Widerstandsgradient der Glühkerze ermittelt werden. Aus diesem Widerstandsgradienten kann insbesondere eine Alterung der

Glühkerze erkannt werden. Einem alterungsbedingtes Driften der Parameter der Glühkerzen kann dann durch eine entsprechende Beeinflussung der erfindungsgemäßen Regelung in Abhängigkeit von dem Widerstandsgradienten entgegengewirkt werden.

[0007] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass durch die Ermittlung des aktuellen Widerstands der Glühkerze der Typ der Glühkerze automatisch festgestellt werden kann. Damit ist es möglich, die Parameter des erkannten Glühkerzen-Typs automatisch der Glühkerze zuzuordnen und die erfindungsgemäße Regelung mit diesen Parametern zu betreiben.

[0008] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass Glühkerzen ein- und desselben Typs einen spezifischen Widerstand besitzen. Aufgrund von fertigungstechnischen Toleranzen kann dieser spezifische Widerstand bei verschiedenen Glühkerzen desselben Typs geringfügig schwanken. Da bei der Widerstandsregelung der aktuelle Widerstand der Glühkerze ermittelt wird, kann bei einer neuen Glühkerze die Abweichung des Widerstands derselben von dem an sich vorgesehenen spezifischen Widerstand ermittelt werden. Diese Abweichung kann dann mit Hilfe entsprechender Korrekturfaktoren kompensiert werden.

[0009] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die einzige Figur der Zeichnung zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung der Temperatur einer Glühkerze einer Brennkraftmaschine.

Ausführungsform(en) der Erfindung

[0011] In der Figur ist eine Regelung 10 gezeigt, die sich aus einer Temperaturregelung 11, einer Widerstandsregelung 12, einer Glühkerze 13 und einer Modellierung 14 der Glühkerze 13 zusammensetzt. Die Regelung 10 ist dazu vorgesehen, die Temperatur der Glühkerze 13 zu regeln. Die Glühkerze 13 ist dabei zum Betrieb in einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine vorgesehen.

[0012] Entsprechend der EP 315 034 B1 weist die Glühkerze 13 eine Glühwendel auf, die im Betrieb auf eine Wendeltemperatur $T_{\text{glüh}}$ aufgeheizt wird. Weiterhin weist die Glühkerze 13 gemäß der EP 315 034 B1 eine Oberfläche auf, die im Betrieb auf eine Oberflächentemperatur aufgeheizt wird.

[0013] Im Betrieb wird die Glühkerze 13 von einer Spannung beaufschlagt. Diese Spannung wird durch eine Steuerspannung U_{eff} hervorgerufen, die, wie noch erläutert werden wird, von der Widerstandsregelung 12 erzeugt wird. Die Spannung an der Glühkerze 13 hat zur Folge, dass ein Strom über die Glühkerze 13 fließt. Dieser Strom wird direkt oder indirekt gemessen und als Messstrom I_{mess} der Modellierung 14 zur Verfügung gestellt. Die Wendeltemperatur $T_{glüh}$ der Glühkerze 13 wird nicht gemessen oder modelliert.

[0014] Wie erwähnt, wird der Messstrom I_{mess} der Modellierung 14 zugeführt. Diese Modellierung 14 wird des Weiteren von Parametern der Glühkerze 13 und/oder sonstigen Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine beaufschlagt. In Abhängigkeit von diesen Eingangsgrößen ermittelt die Modellierung 14 eine Größe, die der Oberflächentemperatur der Glühkerze 13 entspricht, und die deshalb als modellierte Oberflächentemperatur T_{modell} weiterverwendet wird.

[0015] Als Sollwert für die Regelung 10 wird eine Soll-Temperatur T_{soll} vorgegeben. Diese Soll-Temperatur T_{soll} bezieht sich auf die Oberfläche der Glühkerze 13. Die Soll-Temperatur T_{soll} wird mit der modellierten Oberflächentemperatur T_{modell} verglichen. Die resultierende Differenz beaufschlagt die Temperaturregelung 11.

[0016] Die Temperaturregelung 11 ermittelt aus der genannten Differenz einen Soll-Widerstand R_{soll} für die Glühkerze 13. Hierzu kann die Temperaturregelung 11 als Proportional-, Integral- und/oder Differentialregler ausgebildet sind. Weiterhin kann die Temperaturregelung 11 ein Kennfeld enthalten, mit dessen Hilfe der Soll-Widerstand R_{soll} zusätzlich in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder der an der Brennkraftmaschine anliegenden Last beeinflusst wird. Der von der Temperaturregelung 11 ermittelte Soll-Widerstand R_{soll} kann auf einen unteren und/oder oberen Widerstandswert begrenzt werden, um insbesondere ein Überhitzen der Glühwendel der Glühkerze 13 zu vermeiden.

[0017] Der Soll-Widerstand R_{soll} wird mit einem aktuellen Widerstand $R_{aktuell}$ der Glühkerze 13 verglichen. Die Ermittlung des aktuellen Widerstands $R_{aktuell}$ wird noch beschrieben werden. Die Differenz der beiden vorgenannten Widerstände beaufschlagt die Widerstandsregelung 12.

[0018] Die Widerstandsregelung 12 ermittelt aus der genannten Differenz die bereits erwähnte Spannung U_{eff} , entsprechend der, wie bereits erläutert wurde, die Glühkerze 13 mit einer Spannung beaufschlagt wird. Hierzu kann die Widerstandsregelung 12 als Proportional-, Integral- und/oder Differentialregler ausgebildet sind. Weiterhin kann die Widerstandsregelung 12 ein Kennfeld enthalten, mit dessen Hilfe die Spannung U_{eff} zusätzlich in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder der an der Brennkraftmaschine anliegenden Last beeinflusst wird. Die von der Widerstandsregelung 11 ermittelte Spannung U_{eff} kann auf einen unteren und/oder oberen Spannungswert begrenzt

werden.

[0019] Am Ausgang der Widerstandsregelung 12 ist somit die die Glühkerze 13 beaufschlagende Spannung U_{eff} vorhanden. Wie bereits erläutert wurde, liegt der die Glühkerze 13 durchfließende Strom als Messstrom I_{mess} vor. Es wird nunmehr die Spannung U_{eff} durch den Messstrom I_{mess} dividiert. Das Ergebnis dieser Division stellt den bereits erwähnten aktuellen Widerstand $R_{aktuell}$ der Glühkerze 13 dar.

[0020] Wird die Glühkerze 13 beispielsweise während einer Startphase der Brennkraftmaschine eingeschaltet, so wird eine erwünschte Soll-Temperatur T_{soll} für die Glühkerze 13 vorgegeben. Gleichzeitig ist die modellierte Oberflächentemperatur T_{modell} der Glühkerze 13 noch gering. Die Differenz zwischen der Soll-Temperatur T_{soll} und der modellierten Oberflächentemperatur T_{modell} ist damit groß, so dass die Temperaturregelung 11 den Soll-Widerstand R_{soll} derart erzeugt, dass ein schnelles Aufheizen der Glühkerze 13 erreicht wird.

[0021] Kurz nach dem Einschalten der Glühkerze 13 ist der Strom durch die Glühkerze 13 im wesentlichen noch Null. Dies hat einen großen aktuellen Widerstand $R_{aktuell}$ zu Folge.

[0022] Die Differenz zwischen dem Soll-Widerstand R_{soll} und dem aktuellen Widerstand $R_{aktuell}$ der Glühkerze 13 ist damit groß, so dass die Widerstandsregelung 12 die Spannung U_{eff} derart erzeugt, dass dies ebenfalls zu einem schnellen Aufheizen der Glühkerze 13 führt.

[0023] Dies hat zur Folge, dass der Strom durch die Glühkerze 13 groß wird, damit der aktuelle Widerstand $R_{aktuell}$ kleiner wird, und damit die Differenz zwischen dem Soll-Widerstand R_{soll} und dem aktuellen Widerstand $R_{aktuell}$ ebenfalls kleiner wird. Der aktuelle Widerstand $R_{aktuell}$ wir sich auf diese Weise an die Soll-Temperatur T_{soll} annähern.

[0024] Der Strom durch die Glühkerze 13 hat zur Folge, dass die modellierte Oberflächentemperatur T_{modell} ansteigt. Erreicht diese modellierte Oberflächentemperatur T_{modell} die Soll-Temperatur T_{soll} , so reduziert der Temperaturregler 11 den ausgangsseitigen Soll-Widerstand R_{soll} , so dass sich die modellierte Oberflächentemperatur T_{modell} der erwünschten Soll-Temperatur T_{soll} annähert.

[0025] In einem stationären Zustand entspricht die modellierte Oberflächentemperatur T_{modell} im wesentlichen der Solltemperatur T_{soll} und der aktuelle Widerstand $R_{aktuell}$ entspricht im wesentlichen dem Soll-Widerstand R_{soll} . Die eingangsseitig an der Temperaturregelung 11 und an der Widerstandsregelung 12 anliegenden Differenzen sind damit im wesentlichen Null. Insgesamt wird damit von der Regelung 10 die Oberflächentemperatur der Glühkerze 13 auf die vorgebbare Soll-Temperatur T_{soll} geregelt.

[0026] Im Hinblick auf die Temperaturregelung 11 ist es zweckmäßig, wenn die thermische Strecke zwischen der Glühwendel und der Oberfläche der Glühkerze 13 nur wenig abhängig ist von fertigungs- oder alterungsbedingten Parameterschwankungen. Weiterhin ist es

zweckmäßig, wenn im wesentlichen nur die Glühwendel einen Temperaturgang aufweist, die Zuleitungen zu der Glühwendel im wesentlichen jedoch temperatur-invariant sind.

[0027] Sollten die vorstehenden Kriterien nicht oder nicht ausreichend erfüllt werden können, so ist es möglich, kann die Modellierung 14 der Glühkerze 13 durch ein Alterungsmodell ergänzt werden. Dabei können die Glühphasen der Glühkerze 13 gezählt und in Abhängigkeit davon die Modellierung 14 beeinflusst werden. Weiterhin ist es möglich, die Modellierung 14 durch ein Abkühlungsmodell der Glühkerze 13 und/oder ein Modell zu ergänzen, das den Einfluss der in der zugehörigen Brennkammer ablaufenden Verbrennungen auf die Glühkerze 13 berücksichtigt.

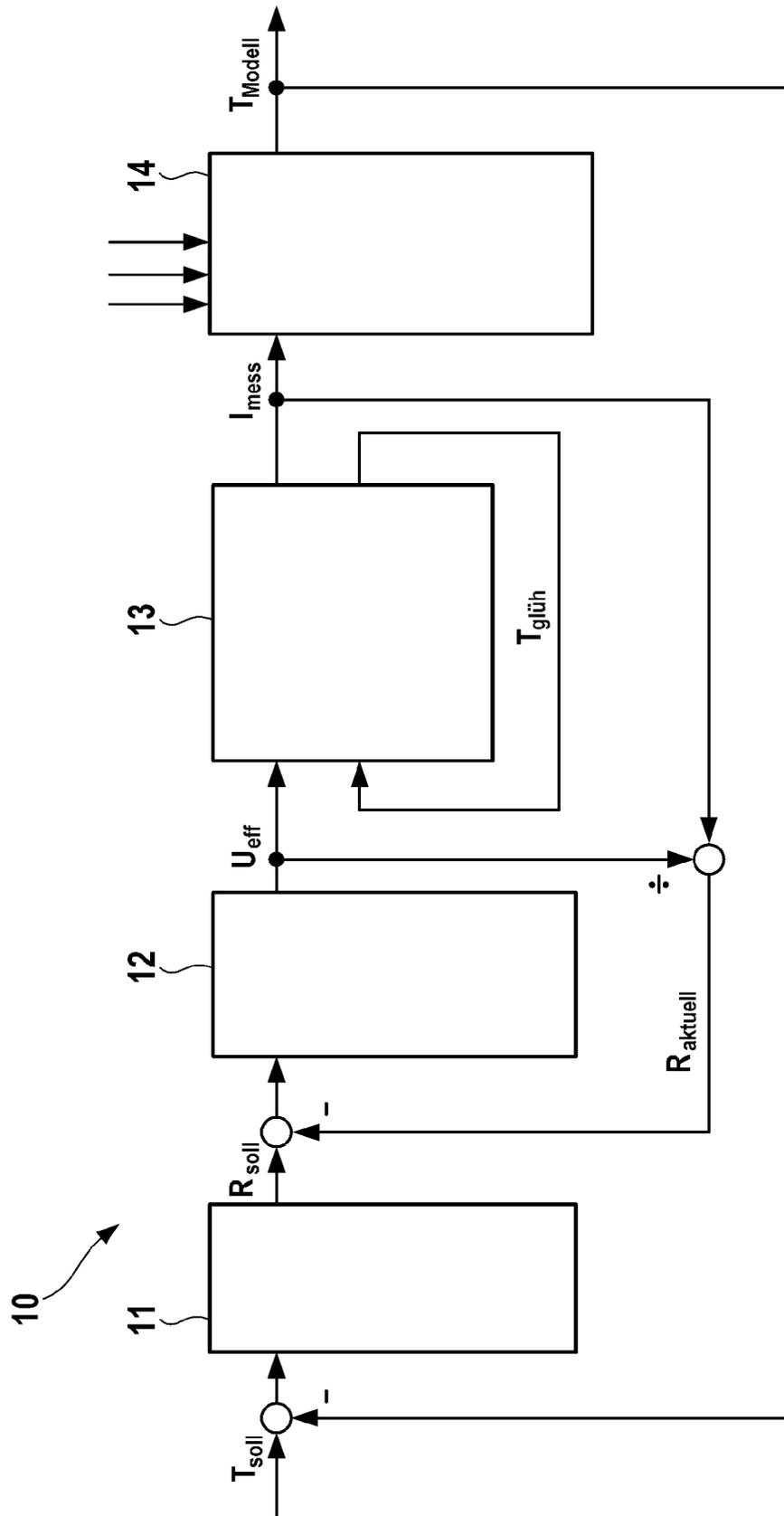
[0028] Die Regelung 10 kann, wie erläutert, auf eine einzelne Glühkerze ausgerichtet sein. Alternativ ist es ebenfalls möglich, dass die Regelung 10 zur Regelung der Temperatur mehrerer Glühkerzen vorgesehen ist.

[0029] Die gesamte Regelung 10 kann als analoge Schaltung ausgebildet sein. Vorzugsweise ist jedoch ein Computer, beispielsweise ein Mikroprozessor vorgesehen, dem ein Speichermedium, beispielsweise ein Flash Memory, zugeordnet ist. Auf dem Speichermedium ist ein Computerprogramm abgespeichert, das derart programmiert ist, dass bei dessen Ablauf auf dem Computer das Verfahren der Regelung 10 in digitaler Weise ausgeführt wird. Die analoge oder digitale Regelung 10 kann ein Bestandteil eines Steuergeräts sein, das zur Steuerung und/oder Regelung von Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine vorgesehen ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung (10) der Temperatur einer Glühkerze (13) einer Brennkraftmaschine, bei dem eine Temperatur (TModell), die der Oberflächentemperatur der Glühkerze (13) entspricht, mit einer Soll-Temperatur (Tsoll) verglichen wird, und bei dem eine erste Regelung (11) die Temperatur (TModell), die der Oberflächentemperatur entspricht, in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis auf die Soll-Temperatur (Tsoll) regelt, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der ersten Regelung (11) ein Soll-Widerstand (Rsoll) für die Glühkerze (13) erzeugt wird, dass der Soll-Widerstand (Rsoll) mit einem aktuellen Widerstand (Raktuell) der Glühkerze (13) verglichen wird, und dass eine zweite Regelung (12) den aktuellen Widerstand (Raktuell) in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis auf den Soll-Widerstand (Rsoll) regelt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei von der zweiten Regelung (12) eine Spannung (Ueff) erzeugt wird, die der Spannung entspricht, mit der die Glühkerze (13) beaufschlagt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei ein Strom (Imess) ermittelt wird, der dem Strom durch die Glühkerze (13) entspricht, und wobei der aktuelle Widerstand (Raktuell) mittels einer Division der Spannung (Ueff) durch diesen Strom (Imess), der dem Strom durch die Glühkerze (13) entspricht, ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die Temperatur (TModell), die der Oberflächentemperatur der Glühkerze (13) entspricht, mittels einer Modellierung (14) aus dem Strom (Imess), der dem Strom durch die Glühkerze (13) entspricht, ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei die Temperatur (TModell), die der Oberflächentemperatur der Glühkerze (13) entspricht, in Abhängigkeit von Parametern der Glühkerze (13) und/oder sonstigen Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Strom (Imess), der dem Strom durch die Glühkerze (13) entspricht, direkt oder indirekt gemessen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der von der ersten Regelung (11) erzeugte Soll-Widerstand (Rsoll) auf einen oberen und/oder unteren Widerstandswert begrenzt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die von der zweiten Regelung (11) erzeugte Spannung (Ueff) auf einen oberen und/oder unteren Spannungswert begrenzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die erste und/oder die zweite Regelung (11, 12) in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder der an der Brennkraftmaschine anliegenden Last beeinflusst wird.
10. Computerprogramm für einen Computer, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Computerprogramm zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 programmiert ist.
11. Speichermedium, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf ihm ein Computerprogramm abgespeichert ist, das zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 programmiert ist.
12. Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 hergerichtet ist.



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 315034 B1 [0002] [0012] [0012]