

(19)



(11)

EP 1 853 807 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
08.01.2014 Patentblatt 2014/02

(51) Int Cl.:
F02D 41/14 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06707876.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/050495

(22) Anmeldetag: **27.01.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/087261 (24.08.2006 Gazette 2006/34)

(54) **VERFAHREN ZUR SPANNUNGSGESTEUERTEN LEISTUNGSEINSTELLUNG DER HEIZUNG EINER ABGASSONDE**

METHOD FOR THE VOLTAGE-CONTROLLED PERFORMANCE REGULATION OF THE HEATING OF AN EXHAUST-GAS PROBE

PROCEDE D'AJUSTEMENT, A REGULATION PAR TENSION, DE LA PUISSANCE DU CHAUFFAGE D'UNE SONDE DE GAZ D'ECHAPPEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR IT

(30) Priorität: **15.02.2005 DE 102005006760**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.11.2007 Patentblatt 2007/46

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **WAHL, Thomas
75172 Pforzheim (DE)**
• **STRASSNER, Walter
73614 Schorndorf (DE)**

- **DIEHL, Lothar
70839 Gerlingen (DE)**
- **RODEWALD, Stefan
71254 Ditzingen (DE)**
- **SINDEL, Jürgen
71665 Vaihingen/Enz (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
US-A1- 2002 078 938

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 2003, Nr. 12, 5. Dezember 2003 (2003-12-05) & JP 2004 360526 A (HITACHI LTD; HITACHI CAR ENG CO LTD), 24. Dezember 2004 (2004-12-24)**

EP 1 853 807 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

Stand der Technik

[0001] Die Gemischregulierung von Brennkraftmaschinen erfolgt heute in Abhängigkeit von der Verbrennung und der daraus resultierenden Zusammensetzung des Abgases. Dazu sind im Abgas der Brennkraftmaschine eine oder mehrere Sonden angeordnet, die typischerweise den Restsauerstoffgehalt des Abgases bestimmen. Auf Basis dieser Messung lässt sich die Qualität der Verbrennung ermitteln. Über eine Steuer- oder Regeleinheit dient dieses Messsignal, zusammen mit anderen Kenngrößen wie Drehzahl, Luftdurchsatz oder Drosselklappenwinkel, der Kraftstoffzumessung.

[0002] Ein derartiges Verfahren zur Leistungseinstellung einer Sondenheizung im Abgassystem einer Brennkraftmaschine ist in der US 2002/0078938 A1 gezeigt. Hierbei wird in der Aufheizphase der Heizung die der Heizung zugeführte elektrische Leistung sehr schnell auf einen hohen Wert gebracht und anschließend entsprechend einer Ziel-Heizleistung gesteuert.

[0003] Wie aus der DE 28 05 805 bekannt, muss die Sonde eine ausreichende Betriebstemperatur aufweisen. In der Aufwärmphase der Sonde, zum Beispiel nach dem Motorstart, steht das Sondensignal daher nicht zur Verfügung. Bis zum Erreichen einer ausreichenden Sondentemperatur wird daher die Kraftstoffregelung durch eine Kraftstoffsteuerung ersetzt. Dies hat zur Folge, dass in dieser Zeit keine optimalen Verbrennungswerte erreicht werden.

Um die Zeit bis zum Erreichen einer ausreichenden Betriebstemperatur der Sonde zu minimieren sind diese mit elektrischen Zusatzheizungen ausgestattet. Die Steuerung der Heizleistung ist dabei so auszulegen, dass die Betriebstemperatur möglichst schnell erreicht wird, ohne dabei die Sonde zu beschädigen oder zu zerstören.

Als kritische Faktoren in Bezug auf eine Beschädigung der Sonde sind starke Temperaturgradienten innerhalb der Sonde zu sehen, die aufgrund der daraus resultierenden unterschiedlichen thermischen Dehnung des Sondenkörpers zu Spannungsrissen führen können.

[0004] Bei planaren Breitband-Lambdasonden liegt zum Beispiel der Heizer im Inneren der Sonde und ist durch eine Al_2O_3 -Schicht oder eine Al_2O_3 -Isolationsfolie von dem Sensorelement isoliert. Die Sonde wird so von innen heraus erwärmt. Wird dabei eine zu hohe Heizrate gewählt, dann wird der Temperaturgradient vom Inneren der Sonde zur Sondenoberfläche so groß, dass Risse von der unter Zugspannung stehenden Sondenoberfläche ausgehen können.

Um dies zu vermeiden, wird die Heizspannung beim Einschalten als Rampe von einer geeigneten Startspannung, beispielsweise von 10V, auf die volle Heizspannung, beispielsweise von 13V, gesteuert. Dabei wird die Rampe erst dann gestartet, wenn im Abgassystem der Taupunkt überschritten ist, da ansonsten auf die Sonde auftreffende Feuchtigkeit die Sondenoberfläche stark

abkühlt und so zu großen Temperaturgradienten mit den beschriebenen Auswirkungen führt.

[0005] Bei dieser Form der Sondenheizung hat es sich als nachteilig erwiesen, dass, bedingt durch die Rampe und durch die Taupunktverzögerung, die Betriebstemperatur der Sonde erst relativ spät erreicht wird. Bei einer möglichst schnellen Sodenauflheizung und somit kurzen Rampe zeigen der Temperaturgradient und damit die mechanische Spannung in der Sensoroberfläche bei Erreichen der maximalen Heizspannung ein Maximum. Die Rampe ist so auszulegen, dass diese maximale mechanische Spannung sicher unter der Eigenfestigkeit des Sondenmaterials liegt.

[0006] Aus der DE 40 19 067 ist eine Einrichtung zur Steuerung und Regelung einer Heizung, insbesondere der Heizung einer Sonde im Abgas einer Brennkraftmaschine, bekannt, bei der das Einschaltsignal für die Heizung durch einen zeitlich vor der Zündschlossbetätigung liegenden Vorgang ausgelöst wird. Dieser Vorgang kann beispielsweise das Öffnen einer Fahrzeugaufschlüsselung sein oder durch einen Kontakt im Fahrersitz ausgelöst werden.

Die Sonde muss so nach dem Motorstart nicht mehr den gesamten Temperaturbereich von kalt bis auf Betriebstemperatur durchfahren sondern ist bereits vorgeheizt, wodurch die beschriebene Heizrampe entsprechend schneller durchfahren werden kann. Dennoch bleibt der beschriebene Nachteil, dass die größten mechanischen Spannungen am Ende der Rampe auftreten, was die maximal zulässige Anstiegsgeschwindigkeit der Heizleistung begrenzt.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Heizung einer Sonde im Abgas einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, bei dem die Betriebstemperatur der Sonde in kürzester Zeit erreicht wird, ohne dass die Sonde dabei beschädigt wird.

Vorteile der Erfindung

[0008] Die das Verfahren betreffende Aufgabe wird wie im Anspruch 1 gelöst.

[0009] Eine bevorzugte Variante sieht vor, dass die Reduzierung der Heizspannung vorzugsweise in Schritten zwischen 0,1 V/s und 0,3 V/s erfolgt. Dadurch entstehen kleinere Zugspannungen in der Oberfläche, weil der maximal mögliche Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und dem Inneren der Lambda - Sonde gesenkt wird.

[0010] Bei Sensorelementen mit hoher Wärmekapazität hat die Erfindung den Vorteil, dass die Reduzierung bis zu einem vorgegebenen konstanten Wert oder bis zum völligen Ausschalten der Sondenheizung erfolgt.

[0011] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die rampenförmige Heizspannung so ausgelegt wird, dass die entstehenden Zugspannungen in der Oberfläche der Sonde über die Aufheizphase einen annähernd konstanten Wert annehmen, der geringer ist als die materialspezifische Festigkeit des Oberflächenmaterials der Sonde. Dadurch kann die eingebrachte Heizleistung als Wärme-

quelle frühzeitig die Sensorelementoberfläche erreichen und den maximalen Temperaturgradient zwischen Oberfläche und Innerem der Sonde absenken. Dies wirkt sich positiv auf die Lebensdauer der Sonde aus.

[0012] Da die Gefahr von Wassertransport im Abgassystem extrem steigt, wenn der Motor gestartet wird, sieht die Erfindung vor, dass das Anlegen der hohen Heizspannung und die darauffolgende Reduzierung der Heizspannung mit dem Motorstart erfolgt. Dadurch kehren sich die Spannungsverhältnisse im Sensorelement um. Die entstehenden Druckspannungen der schnell erwärmten Heizerumgebung erzeugen nur noch kleine Zugspannungen auf der Sensorelementoberfläche.

[0013] Damit sich das Sensorelement durch die geringe Heizleistung auf etwa 200°C erwärmen kann, ist vorgesehen, dass die Sonde bereits bei einem zeitlich vor dem Motorstart liegendem Signal, vorzugsweise dem Öffnen der Fahrertür oder dem Einstecken des Zündschlüssels, vorgeheizt wird.

[0014] Eine Ausführungsform sieht vor, dass die Vorheizung bei einer geringen effektiven Heizspannung, vorzugsweise bei 2 V, erfolgt. Die Vorheizung ist so gewählt, dass beliebige Wassermengen nicht zu einer Zerstörung des Sensorelementes führen können.

[0015] Eine besonders einfache Ausführungsform sieht vor, dass die Vorheizung gestaffelt durchgeführt wird. Dies hat den Vorteil, dass die Wartezeit vor dem Motorstart erheblich verkürzt wird. Dabei ist vorgesehen, dass bei einem ersten zeitlich vor dem Motorstart liegenden Signal eine erste Heizleistung mit einem kleinen Bruchteil der vollen Heizleistung und bei einem nachfolgendem zweiten vor dem Motorstart liegenden Signal eine zweite höhere Heizleistung mit einem größeren Bruchteil der vollen Heizleistung eingestellt wird.

[0016] Eine Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass nach dem Motorstart die Heizleistung gegenüber der Einschaltleistung reduziert wird. Dies begründet sich darin, dass sobald der Motor startet die Gefahr von Wassertransport im Abgassystem steigt. Die Spannungsverhältnisse kehren sich im Sensorelement um und die entstehenden Druckspannungen erzeugen somit kleine Zugspannungen auf der Sensorelementoberfläche.

Zeichnung

[0017] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Heizrampe und ein Zugspannungsverlauf gemäß dem Stand der Technik

Figur 2 eine anfangskonzentrierte Heizrampe sowie der zugehörige Zugspannungsverlauf

Figur 3 eine Darstellung des Vorheizens und des Zugspannungsverlaufs beim Einstecken des Zündschlüssels

Figur 4 eine Darstellung für das weitere Aufheizen bei eingeschalteter Zündung sowie der zugehörige

Verlauf der Zugspannungen

Figur 5 eine Darstellung der Reduktion der Heizleistung beim Motorstart und Zugspannungsverlauf

5 Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0018] Figur 1 veranschaulicht eine Heizrampe gemäß dem Stand der Technik. Dabei ist zu erkennen, dass beim Einschalten der Heizspannung diese von einer geeigneten Startspannung (hier: 10 V) stetig auf die volle zur Verfügung stehende Heizspannung (hier: 13 V) hochgefahren wird. Die Heizrampe wird dabei erst dann gestartet, wenn im Abgassystem der Taupunkt überschritten ist, da sonst eventuelle Feuchtigkeit die Sondenoberfläche stark abkühlt und es so zur Rissbildung kommen kann. Sobald der Motor startet wird die Heizleistung wieder reduziert. Dies geschieht gemäß dem Stand der Technik dadurch, dass der Zielinnenwiderstand der Nernstzelle das Erreichen der Betriebstemperatur anzeigt. Die Spannungsverhältnisse im Sensorelement kehren sich dabei um und es werden keine Zugspannungen auf der Sensorelementoberfläche mehr erzeugt. Weiterhin ist in Figur 1 auf der rechten Seite die Zugspannung in MPa angegeben. Der Verlauf der Zugspannung zeigt, dass, obwohl die Spannung reduziert wird, gleichzeitig auch ein Fast - Light - off möglich ist.

[0019] Figur 2 zeigt eine anfangskonzentrierte Heizrampe, die mit voller Betriebsspannungen beginnt. Die Heizspannung wird mit einer geringen Rate entlang einer Rampe abgesenkt. Auch hier ist die Rampe wieder so ausgelegt, dass die simulierte Zugspannung in der Oberfläche des Sensorelementes möglichst früh aufgebaut wird. Die Zugspannung bleibt dann konstant auf einem Wert, der sich aus der materialspezifischen Festigkeit und einem Sicherheitsfaktor ergibt. Auch hier wird der Innenwiderstand der Nernstzelle zum Erreichen der Betriebstemperatur genutzt.

[0020] In Figur 3 ist das Vorheizen beim Einstecken des Zündschlüssels ins Zündschloss bzw. das Öffnen der Fahrertür darstellt. Bereits bei diesen Vorgängen wird die Sonde mit einer geringen effektiven Heizspannung getaktet. Dadurch erwärmt sich das Sensorelement durch die geringe Heizspannung auf etwa 200°C. Diese Temperatur wird entsprechend der Materialzusammensetzung so gewählt, dass auch beliebige Wassermengen nicht zu einer Zerstörung des Sensorelementes führen können.

Die Zugspannungen verhalten sich dabei ähnlich. Durch die geringe Erwärmung steigen auch die Zugspannungen nur gering an. Wird der Motor dann gestartet, verhalten sich die Zugspannungen analog zu denen in Figur 2.

[0021] Figur 4 beschreibt das weitere Aufheizen beim Einschalten der Zündung. Da das Einschalten der Zündung den baldigen Motorstart ankündigt, wird mit erhöhter Heizleistung an ruhender Luft geheizt. Wird der Motor nun gestartet, so springt die Heizung auf ihren maximalen Wert und regelt sich dann, gemäß dem Innenwider-

stand der Nernstzelle, auf die Betriebstemperatur und damit auf die Betriebsspannung ein. Die Regelung folgt dabei wieder der vorher beschriebenen Heizrampe. Auch hier steigen die Zugspannungen entsprechend den verschiedenen Heizleistungen nur langsam an, was sich auf die Lebensdauer des Sensorelementes positiv auswirkt.

[0022] In Figur 5 ist die Reduktion der Heizleistung beim Motorstart gezeigt. Die Gefahr von Wassertransport im Abgassystem steigt extrem an, sobald der Motor gestartet wird. Um das Sensorelement vor Zugspannungen zu schützen, wird die Heizleistung wieder entlang einer Rampe reduziert. Dadurch kehren sich die Spannungsverhältnisse im Sensorelement um. Die Heizerumgebung erwärmt sich sehr schnell und es bildet sich eine Druckspannung aus, die jedoch auf der Sensorelementoberfläche keine schädigenden Zugspannungen mehr erzeugen kann. Dies zeigt sich auch im eingezeichneten Verlauf der Zugspannungen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur spannungsgesteuerten Leistungseinstellung einer Sondenheizung im Abgassystem einer Brennkraftmaschine, wobei in der Aufheizphase die Heizspannung sehr schnell bezüglich einer Nachfolgephase oder sprunghaft auf einen hohen Wert, vorzugsweise die volle Betriebsspannung, gebracht wird und anschließend die Heizspannung kontinuierlich oder quasi kontinuierlich bis zu einem vorgegebenen konstanten Wert oder bis zum völligen Ausschalten der Sondenheizung reduziert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sonde bereits bei einem zeitlich vor dem Motorstart liegenden Signal, vorzugsweise dem Öffnen der Fahrzeugschür oder dem Einstecken des Zündschlüssels, vorgeheizt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Reduzierung der Heizspannung vorzugsweise in Schritten zwischen etwa 0,1 V/s und 0,3 V/s erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die rampenförmige Heizspannung so ausgelegt wird, dass die entstehenden Zugspannungen in der Oberfläche der Sonde über die Aufheizphase einen annähernd konstanten Wert annehmen, der geringer ist als die materialspezifische Festigkeit des Oberflächenmaterials der Sonde.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anlegen der hohen Heizspannung und die darauf folgende Reduzierung der Heizspannung mit

dem Motorstart erfolgen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorheizung mit einer geringen effektiven Heizspannung, vorzugsweise bei 2V, erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorheizung gestaffelt durchgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem ersten zeitlich vor dem Motorstart liegenden Signal eine erste Heizleistung, mit einem kleineren Bruchteil vorzugsweise $\frac{1}{8}$ der vollen Heizleistung und bei einem nachfolgenden zweiten vor dem Motorstart liegenden Signal eine zweite höhere Heizleistung, mit einem größeren Bruchteil $\frac{1}{4}$ der vollen Heizleistung eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach dem Motorstart die Heizleistung gegenüber der Einschaltleistung reduziert wird.

Claims

1. Method for the voltage-controlled setting of the heating power of a probe in the exhaust system of an internal combustion engine, wherein in the heating phase the heating voltage is adjusted very quickly with respect to a subsequent phase or suddenly to a high value, preferably the full operating voltage, and the heating voltage is subsequently continuously or quasicontinuously reduced to a predefined constant value or until the probe heating switches off completely, **characterized in that** the probe is already preheated when there is a signal occurring chronologically before the engine start, preferably when the vehicle door opens or the ignition key is inserted.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the heating voltage is preferably reduced in increments between 0.1 V/s and 0.3 V/s.
3. Method according to one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the ramp-shaped heating voltage is configured in such a way that the tensile stresses which arise in the surface of the probe over the heating

phase assume an approximately constant value which is lower than the material-specific strength of the surface material of the probe.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the application of the high heating voltage and the subsequent reduction in the heating voltage occur with the engine start.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the preheating takes place with a low effective heating voltage, preferably at 2V.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the preheating is carried out in a staggered fashion.
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** when there is a first signal which occurs chronologically before the engine start a first heating power, with a relatively small fraction of preferably $\frac{1}{8}$ of the full heating power, is set, and when there is a subsequent second signal which occurs before the engine start a second relatively high heating power, with a relatively large fraction of $\frac{1}{4}$ of the full heating power, is set.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** after the engine start the heating power is reduced with respect to the switch-on power.

Revendications

1. Procédé de réglage à commande par la tension de la puissance d'un chauffage de sonde dans un circuit d'échappement d'un moteur à combustion interne, selon lequel, dans la phase de montée en température, la tension de chauffage est amenée très rapidement par rapport à une phase suivante ou brusquement à une valeur élevée, de préférence la pleine tension de service, et la tension de chauffage est ensuite continuellement ou quasi-continuellement réduite jusqu'à une valeur constante prédéfinie ou jusqu'à la déconnexion complète du chauffage de sonde, **caractérisé en ce que** la sonde est déjà préchauffée en présence d'un signal antérieur au démarrage du moteur, de préférence à l'ouverture de la portière du véhicule ou à l'insertion de la clé de contact.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce**

que la réduction de la tension de chauffage s'effectue de préférence par des paliers entre environ 0,1 V/s et 0,3 V/s.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la tension de chauffage en forme de rampe est conçue de telle sorte que les contraintes de traction qui se produisent dans la surface de la sonde lors de la phase de montée en température prennent une valeur quasiment constante qui est inférieure à la résistance spécifique au matériau du matériau de surface de la sonde.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'application de la tension de chauffage élevée et la réduction qui suit de la tension de chauffage ont lieu avec le démarrage du moteur.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le préchauffage s'effectue avec une faible tension de chauffage effective, de préférence de 2 V.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le préchauffage est réalisé de manière échelonnée.
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'en** présence d'un premier signal antérieur au démarrage du moteur, une première puissance de chauffage, avec une plus petite fraction, de préférence de $\frac{1}{8}$ de la pleine puissance de chauffage, est réglée et, en présence d'un deuxième signal suivant antérieur au démarrage du moteur, une deuxième puissance de chauffage plus élevée, avec une fraction plus élevée de $\frac{1}{4}$ de la pleine puissance de chauffage, est réglée.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'après** le démarrage du moteur, la puissance de chauffage est réduite par rapport à la puissance à la mise en marche.

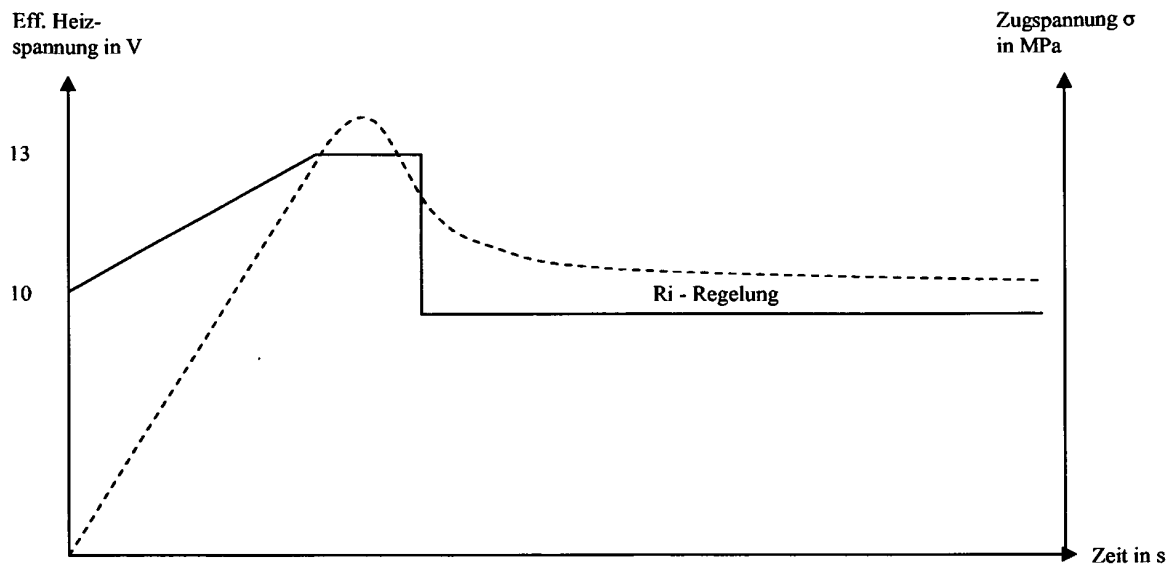


Fig. 1

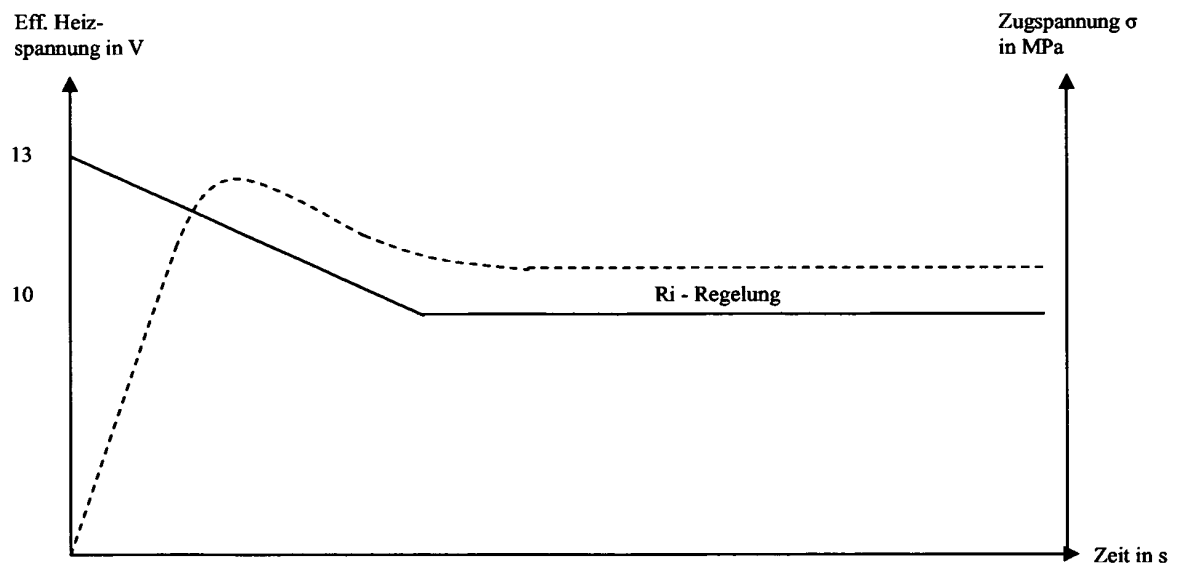


Fig. 2

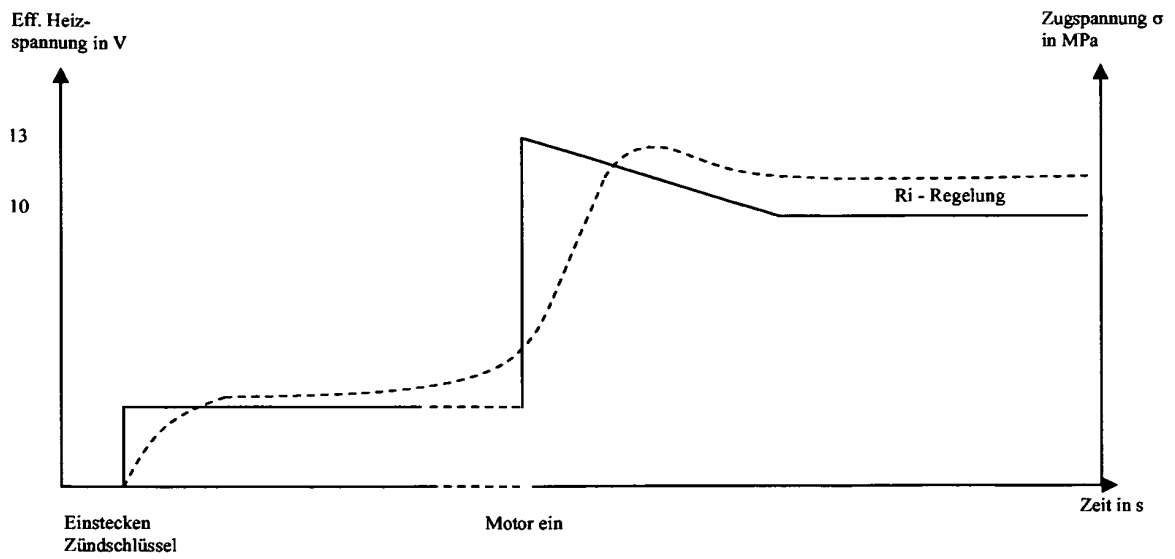


Fig. 3

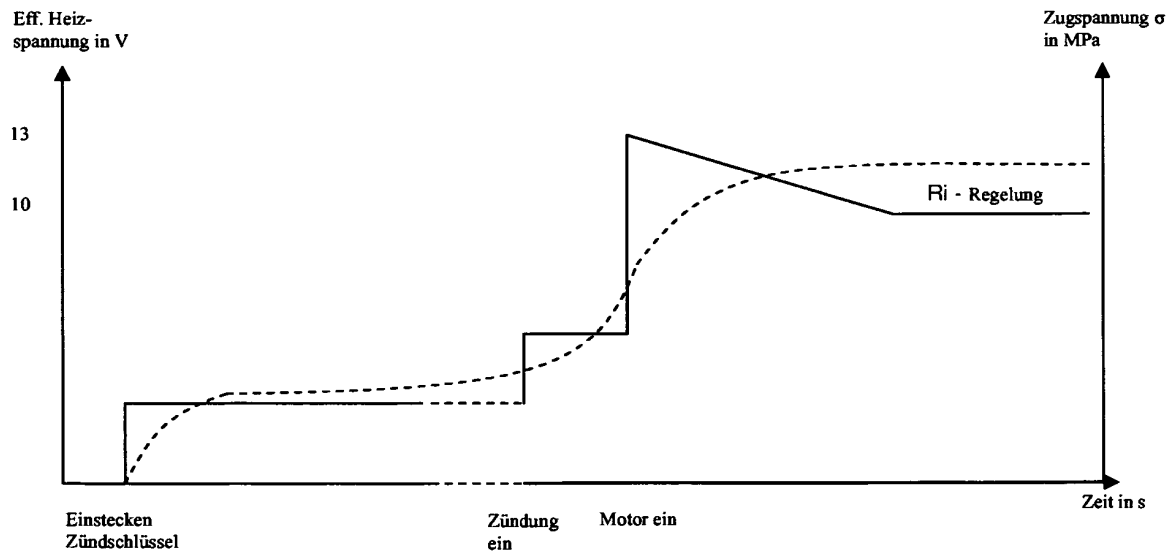


Fig. 4

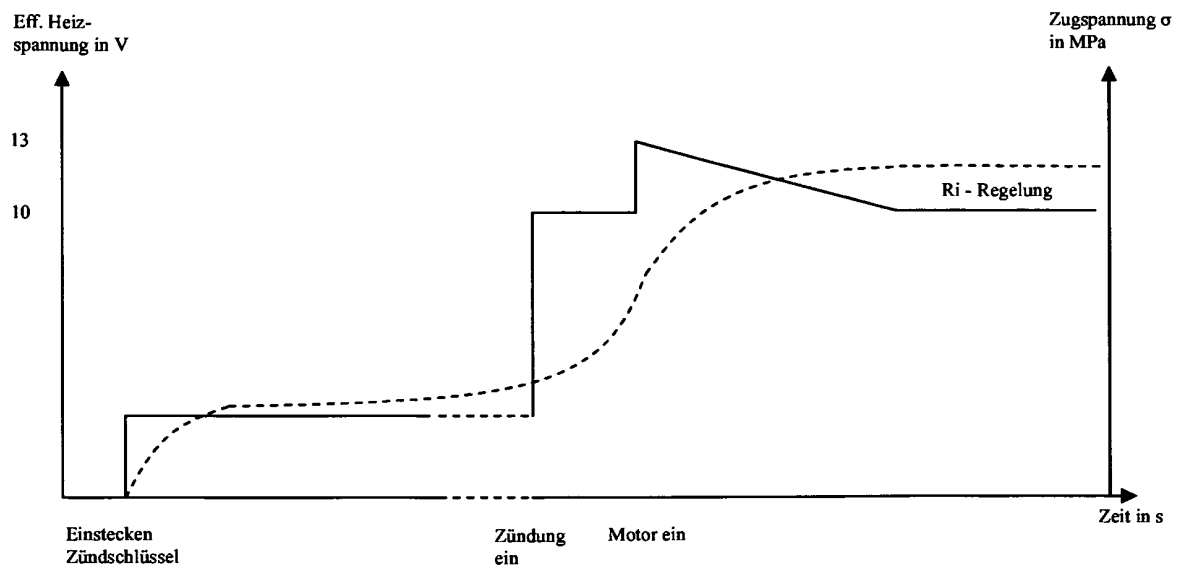


Fig. 5

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 20020078938 A1 [0002]
- DE 2805805 [0003]
- DE 4019067 [0006]