

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Dezember 2007 (13.12.2007)

PCT

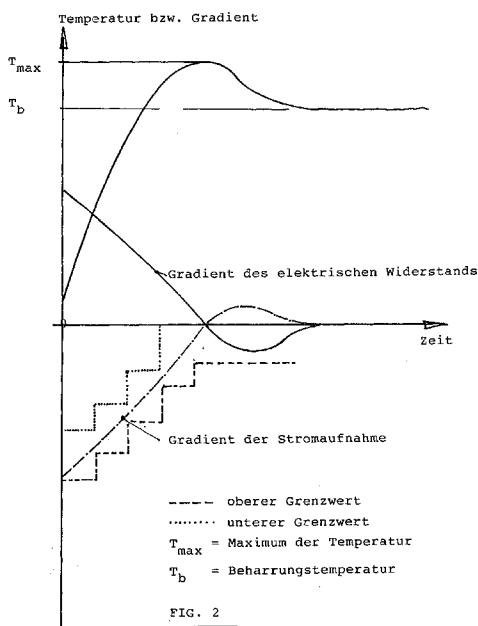
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/140922 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02P 19/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/004813
- (22) Internationales Anmeldedatum:
31. Mai 2007 (31.05.2007)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2006 025 834.7 2. Juni 2006 (02.06.2006) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): BERU AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];
Mörikestrasse 155, 71636 Ludwigsburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KERNWEIN, Markus [DE/DE]; Über der Höhe 2, 75015 Bretten-Büchig (DE).
- (74) Anwalt: TWELMEIER MOMMER & PARTNER;
Westliche 56-68, 75172 Pforzheim (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, ZM, ZW).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A GLOW PLUG IN A DIESEL ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM STEUERN EINER GLÜHKERZE IN EINEM DIESELMOTOR



Temperatur bzw. Gradient ... temperature or gradient
Gradient des elektrischen Widerstands ... gradient of electric resistance
Zeit ... time
Gradient der Stromaufnahme ... gradient of current consumption
oberer Grenzwert ... upper threshold value
unterer Grenzwert ... lower threshold value
Maximum der Temperatur ... maximum temperature
Beharrungstemperatur ... steady-state temperature

(57) Abstract: A method for controlling a glow plug in a diesel engine, in particular in the preheating phase, is described. According to the invention, it is provided that the time gradient of an electrical variable which varies according to the temperature of the glow plug is measured and compared with a threshold value, and when said time gradient exceeds or drops below the threshold value, the electric supply voltage of the glow plug is changed.

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Verfahren zum Steuern einer Glühkerze in einem Dieselmotor, insbesondere in der Vorheizphase. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der zeitliche Gradient einer an der Glühkerze temperaturabhängig auftretenden elektrischen Größe gemessen, mit einem Grenzwert verglichen und beim Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes die elektrische Versorgungsspannung der Glühkerze geändert wird.

WO 2007/140922 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**Verfahren zum Steuern einer Glühkerze in
einem Dieselmotor**

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Glühkerze in einem Dieselmotor.

Figur 1 zeigt das Blockschaltbild eines Glühkerzen-Steuergerätes 1 zum Durchführen eines Verfahrens, welches aus dem Aufsatz „Das elektronisch gesteuerte Glühsystem ISS für Dieselmotoren“, veröffentlicht in der DE-Z MTZ Motortechnische Zeitschrift 61, (2000) 10, S. 668-675, bekannt ist. 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 zur Verbindung 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" eines Fahrzeuges Verbindung mit einer Fahrzeugbatterie.

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
5 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.

10 Wird der Dieselmotor kalt gestartet, dann versorgt das Steuergerät 1 die Glühkerzen 4 mit einer Aufheizspannung, die im zeitlichen Mittel z. B. 11 Volt beträgt, um möglichst rasch die Zündtemperatur – sie beträgt ca. 860°C – zu überschreiten und die Beharrungstemperatur zu erreichen, welche die Glühkerze nach dem Zünden des Motors annehmen und beibehalten soll, bis der Motor seine normale Betriebstemperatur erreicht hat.

15 Für die Beharrungstemperatur ist ca. 1000° C ein typischer Wert. Um die Beharrungstemperatur beizubehalten, wird eine niedrigere Spannung als für das Aufheizen der Glühkerze benötigt; sie beträgt bei modernen Glühkerzen im zeitlichen Mittel typisch lediglich 5 Volt bis 6 Volt.

20 Der Mikroprozessor 2 steuert die Leistungshalbleiter 3 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
25 anliegt.

Die Zündtemperatur und die Beharrungstemperatur sollen so rasch wie möglich erreicht werden. Bei modernen Glühkerzen wird eine Temperatur von 1000°C, ausgehend von einem kalten Motor (z. B. 0°C) schon nach ca. 2s erreicht. Ein so rascher
30 Temperaturanstieg kann nicht abrupt enden. Deshalb kommt es zu einem Überschwingen, d. h., die Temperatur steigt trotz Absenkens der effektiven Spannung von z. B. 11 Volt auf 6 Volt über die Beharrungstemperatur an und erreicht ein Maximum, welches typisch einige zehn Grad bis ca. 200°C über der angestrebten Beharrungstemperatur liegt, um dann auf die Beharrungstemperatur abzufallen.

Die Zeit des Aufheizens einer Glühkerze vom kalten Ausgangspunkt bis zum Überschreiten der Beharrungstemperatur wird auch als Vorheizzeit oder Vorheizphase bezeichnet. Damit sie erreicht, aber nicht soweit überschritten wird, dass die Glühkerze Schaden nimmt oder ihre Lebensdauer beeinträchtigt wird, ist es bekannt, der
5 Glühkerze in der Vorheizphase eine vorbestimmte Energie in Form von elektrischer Energie zuzuführen. Bei einem gegebenen Glühkerzentyp sind die Energie und die Zeitspanne, in welcher sie zugeführt wird, mitbestimmend dafür, wie rasch die Temperatur der Glühspitze der Glühkerze ansteigt, und sie beeinflussen zusammen mit
10 der Ausgangstemperatur der Glühkerze auch, wie hoch der Überschwinger der Temperatur der Glühspitze der Glühkerze ausfällt.

Ein rascher Anstieg der Glühkerzentemperatur ist zwar wünschenswert, um einen Dieselmotor möglichst verzögerungsfrei starten zu können, bringt für die Glühkerze
15 jedoch die Gefahr mit, dass sie überlastet wird und Schaden nimmt oder an Lebensdauer einbüßt. Ein Gefahrenpunkt ist das Erreichen einer zu hohen Temperatur, insbesondere als Folge eines zu hohen Überschingers im Temperaturverlauf. Ein anderer Gefahrenpunkt ergibt sich aus der unvermeidlichen thermischen Trägheit der
20 Glühkerze und aus der Tatsache, dass Glühkerzen aus Werkstoffen mit unterschiedlicher thermischer Trägheit zusammengesetzt sind, nämlich aus Werkstoffen mit unterschiedlicher Wärmekapazität und unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit. Deshalb treten in der Glühkerze insbesondere in Grenzbereichen zwischen unterschiedlichen
25 Werkstoffen Temperaturunterschiede auf, die mechanische Spannungen erzeugen, die umso größer sind, je größer die Temperaturunterschiede sind, und die Temperaturunterschiede sind umso größer, je schneller sich die Temperatur ändert. Die mechanischen Spannungen, die in jeder Vorheizphase auftreten, können die Glühkerze
schädigen und/oder ihre Lebensdauer verkürzen.

Deshalb besteht der Wunsch, die Temperatur der Glühkerze zu regeln. Bisher gelingt
30 das allenfalls in der sogenannten Nachheizphase, wenn die Glühkerze nach dem Starten des Motors ihre Beharrungstemperatur annehmen und beibehalten soll. In der Nachheizphase droht jedoch keine Überlastung der Glühkerze, wie sie in der Vorheizphase droht. Um die Temperatur der Glühkerze in der Vorheizphase regeln zu können, müsste man zunächst die Temperatur messen. Dafür kommt praktisch

nur eine Messung über den temperaturabhängigen elektrischen Widerstand der Glühkerze in Frage. Der Glühkerzenwiderstand unterliegt jedoch fertigungsbedingt deutlichen statistischen Streuungen, die die Aussagekraft einer Widerstandsmessung für die Glühkerzentemperatur einschränken. Es kommt hinzu, dass die Kürze
5 der Aufheizphase und die Steilheit des Temperaturanstieges die Temperaturmessung und eine daraufhin erfolgende Steuerung der Temperatur zusätzlich erschweren. Die Streuung der Widerstandswerte und die Dynamik des Temperaturanstiegs sind zusammengenommen eine denkbar schlechte Voraussetzung für eine Regelung der Temperatur in der Vorheizphase.

10

Angesichts dieser Schwierigkeiten schlägt die DE 102 47 042 B3 vor, das thermische Verhalten der Glühkerze bei ihrer Aufheizung durch ein physikalisches Modell abzubilden, z. B. durch einen Kondensator, welcher so ausgebildet ist, dass er eine ihm zugeführte elektrische Energie mit ähnlicher Dynamik speichert wie die Glühkerze,
15 welche die ihr bei Aufheizen zugeführte elektrische Energie in Wärme wandelt und speichert. Das physikalische Modell der Glühkerze wird nach der Lehre der DE 102 47 042 B3 im Steuergerät für die Glühkerze verwirklicht und parallel zur Beheizung der Glühkerze mit einem kleinen Strom versorgt. Handelt es sich um einen Kondensator, dann ist dieser so ausgelegt, dass sein Ladezustand proportional zur Temperatur der Glühkerze ist. Im Steuergerät wird anstelle der Temperatur der Glühkerze
20 der Ladezustand des Kondensators überwacht und unter der Annahme, dass sein Ladezustand der Temperatur der Glühkerze entspricht, die Glühkerze entsprechend dem Ladezustand gesteuert. Nachteilig dabei ist, dass das Ergebnis dieses Verfahrens nicht besser sein kann als das physikalische Modell. Die Temperaturentwicklung der Glühkerze hängt jedoch von vielen Faktoren ab: Von Schwankungen der
25 Versorgungsspannung, von statistischen Schwankungen des Glühkerzenwiderstandes, von den Einbaubedingungen der Glühkerze im Motor, von der Motortemperatur, vom Betriebszustand des Motors, insbesondere von der Motordrehzahl, von der Einspritzmenge, von der Motorlast und schließlich auch vom Alterungszustand der
30 Glühkerze.

Insbesondere die im Motor herrschenden Abkühlbedingungen lassen sich in einem solchen physikalischen Modell nicht oder nur schwierig berücksichtigen. Die DE 103 48 391 B3 schlägt deshalb vor, die Abkühlbedingungen durch ein mathematisches

Modell nachzubilden. Dadurch soll insbesondere eine Aussage über die Temperaturentwicklung einer Glühkerze ermöglicht werden, wenn der Motor abgestellt wurde und neu gestartet werden soll. Ist in einem solchen Fall die Glühkerze nämlich noch warm, darf sie nicht mit derselben Energie wie im Falle eines Kaltstarts beaufschlagt werden, weil die Glühkerze sonst zu heiß werden und Schaden nehmen könnte.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Weg aufzuzeigen, wie Glühkerzen in einem Dieselmotor rasch aufgeheizt werden können, ohne zu riskieren, dass sie durch zu schnelles oder zu hohes Aufheizen Schaden nehmen. Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß wird eine Glühkerze in einem Dieselmotor, insbesondere in der Vorheizphase, gesteuert, indem der zeitliche Gradient einer an der Glühkerze temperaturabhängig auftretenden elektrischen Größe gemessen, mit einem Grenzwert verglichen und beim Passieren des Grenzwertes die effektive elektrische Versorgungsspannung der Glühkerze geändert wird.

Diese Vorgehensweise hat wesentliche Vorteile:

- Die Erfindung umgeht die Schwierigkeiten, die sich dem Fachmann entgegenstellen, wenn er versucht, die Temperatur einer Glühkerze direkt oder unter Einbeziehung eines physikalischen oder mathematischen Modells der Glühkerze zu regeln, indem sie darauf verzichtet, die Temperatur der Glühkerze oder eine der Temperatur der Glühkerze nachgebildete Größe eines physikalischen Modells zu bestimmen. Vielmehr wird erfindungsgemäß der zeitliche Gradient einer elektrischen Größe, die an der Glühkerze auftritt und temperaturabhängig ist, bestimmt und mit einem oder mehreren Grenzwerten verglichen.
- Der Gradient einer temperaturabhängigen elektrischen Messgröße kann bestimmt werden, ohne dass man die absolute Größe der Temperatur kennen müsste. Das vereinfacht die Messaufgabe ganz wesentlich.
- Das erfindungsgemäße Verfahren ist weitgehend unabhängig von fertigungsbedingten Streuungen des Widerstandes der Glühkerzen.

- Die Steilheit des Temperaturanstiegs der Glühspitze einer Glühkerze, die für die Glühkerze zu einem Risiko wird, wenn sie zu groß ist und die einen schnellen Start des Dieselmotors verhindert, wenn sie zu klein ist, bildet sich unmittelbar in dem Gradienten der temperaturabhängigen elektrischen Größe ab, welche an der Glühkerze gemessen wird. Infolge dessen kann aus dem Gradienten unmittelbar abgelesen werden, wie schnell die Glühkerze aufgeheizt wird und wie stark die Glühkerze durch den Aufheizvorgang belastet wird.
- Erreicht oder überschreitet der Gradient eine vorgegebene Belastungsgrenze, kann die Belastung sofort verringert werden, indem die effektive elektrische Spannung, mit welcher die Glühkerze versorgt wird, herabgesetzt wird.
- Zeigt der Gradient hingegen an, dass der Temperaturanstieg, den er widerspiegelt, ohne Schaden für die Glühkerze größer sein könnte, dann kann die effektive elektrische Spannung, mit welcher die Glühkerze versorgt wird, noch in der laufenden Vorheizphase erhöht und dadurch das Erreichen der Zündtemperatur und in weiterer Folge das Erreichen der Beharrungstemperatur der Glühkerze ohne Schaden für die Glühkerze beschleunigt werden, denn die Überwachung des Gradienten gegenüber einem oberen Grenzwert verhindert eine zu starke Belastung der Glühkerze.
- Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich zur Optimierung des Aufheizvorganges der Glühkerzen, indem diese in der Nähe einer vorgegebenen Belastungsgrenze betrieben werden.
- Der Verlauf des Gradienten einer temperaturabhängigen elektrischen Größe ermöglicht eine Abschätzung, welche Endtemperatur erreicht werden würde, wenn in den Verlauf des Aufheizvorganges nicht steuernd eingegriffen würde. Eine solche Information kann z. B. dadurch gewonnen werden, dass man die zeitliche Entwicklung des Gradienten mit einer Referenzkennlinie vergleicht, die die zeitliche Entwicklung des Gradienten zeigt, welche mit einer Glühkerze gleichen Typs unter wirklichkeitstgetreuen Einbaubedingungen aufgenommen wurde. Insbesondere kann man den Verlauf des Gradienten mit dem Verlauf des Gradienten einer unter idealen Bedingungen aufgeheizten Glühkerze vergleichen und die effektive Versorgungsspannung reduzieren, wenn der beobachtete Gradient eine zu hohe Endtemperatur erwarten lässt, bzw. die Versorgungsspannung zeitweise anheben, wenn der beobachtete Gradient demgegenüber eine zu niedrige Endtemperatur erwarten lässt.

- In Extremfällen kann aufgrund einer Gradientenbestimmung der Aufheizvorgang der Glühkerze nicht nur gedämpft oder verzögert, sondern auch vollständig abgebrochen werden, um größeren Schaden zu vermeiden. In diesem Fall kann der Fahrer gewarnt werden, dass mit einer Glühkerze etwas nicht stimmt, und es kann ihm auch mitgeteilt werden, welche Glühkerze es betrifft.

Die Erfindung gewinnt eine nützliche Information über den Verlauf des Heizvorgangs einer Glühkerze aus dem zeitlichen Gradienten einer temperaturabhängigen elektrischen Messgröße. Als elektrische Größe, welche von der Temperatur abhängt, kann der elektrische Widerstand der Glühkerze beobachtet und sein Gradient bestimmt werden. Der Widerstand kann durch Messen der zur Verfügung stehenden Bordnetzspannung in Verbindung mit einer unabhängigen Strommessung bestimmt werden. Dabei wird vorzugsweise der an der Zuleitung zur Glühkerze auftretende Spannungsabfall berücksichtigt, um ein Messergebnis zu erhalten, welches im wesentlichen nur vom Widerstand des bzw. der in der Glühkerze vorgesehenen Heizleiter abhängt, nicht aber vom Zuleitungswiderstand. Wie man den Zuleitungswiderstand bei der Messung berücksichtigen kann, ist in der DE 10 2006 010 082 A1 offenbart, auf welche deswegen ausdrücklich verwiesen wird.

Moderne Stahlgühkerzen mit kurzer Aufheizzeit haben eine auf die Glühkerzenspitze konzentrierte Kombination aus Heizwendel und Sensorwendel, wobei der Widerstand der Heizwendel einen kleineren Temperaturkoeffizienten hat als der Widerstand der Regelwendel, welcher z. B. eine PTC-Charakteristik haben kann. Der Gradient des elektrischen Widerstandes ist bei kalter Glühkerze am größten. Mit steigender Temperatur fällt er ab und durchläuft den Wert Null, wenn die Temperatur der Glühkerze ihr Maximum durchläuft, wird negativ wenn die Glühkerzentemperatur wieder abfällt und nähert sich dem Wert Null an, so wie sich die Temperatur der Glühkerze der Beharrungstemperatur annähert. Die Begrenzung des Maximums des Gradienten des Widerstandes ist die einfachste Möglichkeit, die Steilheit des Temperaturanstiegs zu begrenzen. Das geschieht am einfachsten dadurch, dass die effektive Versorgungsspannung der Glühkerze herabgesetzt wird, wenn der Gradient einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Umgekehrt kann in Fällen, in denen der beobachtete Gradient unterhalb eines Grenzwertes liegt, die effektive Versorgungsspannung für die Glühkerze entsprechend angehoben werden, um das Aufheizen zu beschleunigen.

Eine andere Möglichkeit, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, besteht darin, die Stromaufnahme der Glühkerze zu beobachten, denn auch sie ist über die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes der Glühkerze temperaturabhängig. Die Stromaufnahme ist bei kalter Glühkerze am größten, fällt dann ab, bis die Glühkerze ihr Temperaturmaximum durchläuft und steigt dann wieder leicht an, bis sich die Glühkerze ihrer Beharrungstemperatur annähert. Infolgedessen ist der Gradient des Stroms zu Beginn negativ, steigt während der Vorheizphase der Glühkerze an, durchläuft den Wert Null, wenn der Widerstand der Glühkerze sein Maximum durchläuft, und nähert sich dann von positiven Werten her dem Wert Null an, so wie sich die Temperatur der Glühkerze ihrer gleich bleibenden Beharrungstemperatur annähert. Um vom Vorzeichen des Gradienten unabhängig zu sein, kann man den Absolutwert des Gradienten zum Vergleich mit Grenzwerten heranziehen. Die Grenzwerte lassen sich aus Erfahrungswerten bilden.

15

Der Verlauf des Gradienten des elektrischen Widerstandes kann ebenso wie der Verlauf des Gradienten des elektrischen Stroms mit einem Referenzverlauf verglichen werden. Wenn der beobachtete zeitliche Verlauf des Gradienten steiler ist als der Referenzverlauf, kann dem durch eine Verringerung der effektiven Versorgungsspannung der Glühkerze entgegengewirkt werden, wohingegen in Fällen, in denen der beobachtete Verlauf des Gradienten der Stromstärke flacher ist als der Referenzverlauf, die effektive Versorgungsspannung für die Glühkerze zeitweise erhöht werden kann, um die Erwärmung der Glühkerze zu beschleunigen.

20

Eine grobe Absicherung der Glühkerzen kann dadurch erreicht werden, dass man für den Gradienten des elektrischen Widerstandes bzw. für den Gradienten der elektrischen Stromaufnahme einen einzigen Grenzwert festlegt, um die Steilheit des Temperaturanstieges nach oben absolut zu begrenzen. Die Begrenzung ist im unteren Temperaturbereich der Vorheizphase wirksam.

25

Die Höhe der erreichbaren Temperatur kann man unabhängig von einem steuernden Eingriff in die effektive Versorgungsspannung zur Vermeidung des Überschreitens von Grenzwerten steuern, indem man der Glühkerze in der Vorheizphase eine vorbestimmte Energie zuführt. Diese bestimmt hauptsächlich die erreichbare Tempera-

30

tur, wobei sich die Zeitspanne, über welche die Energie zugeführt wird, etwas verlängert, wenn ein anfänglich zu steiler Temperaturanstieg durch das erfindungsgemäße Verfahren gebremst werden sollte, wohingegen sich die Vorheizphase verkürzt, wenn wegen Unterschreitens einer unteren Grenze des Gradienten die effektive Versorgungsspannung angehoben werden sollte.

Vorzugsweise wird nicht nur ein einziger Grenzwert für die Vorheizphase eingeführt, sondern der Grenzwert über den Verlauf der Vorheizphase verändert, so dass nicht nur zu Beginn der Vorheizphase, sondern während der gesamten Vorheizphase die Steilheit des Temperaturanstiegs kontrolliert werden kann. Das macht es möglich, die Aufheizzeit optimal kurz zu erhalten und/oder die Größe des Überschingers der Temperatur der Glühkerze zu verringern, indem die Aufheizkurve der Glühkerze durch Einengen zwischen geeignete Grenzwerte des Gradienten geformt und einem idealen Verlauf angenähert wird.

15

Am einfachsten passt man die Grenzwerte stufenförmig an, d. h., man setzt sie mit fortschreitender Vorheizphase schrittweise herab. In je mehr Schritte die Vorheizphase eingeteilt wird, desto genauer kann der Temperaturgradient kontrolliert und einem idealen Verlauf angepasst werden. Praktisch erhält man recht ordentliche Ergebnisse, wenn man die Vorheizphase in drei bis sechs Intervalle einteilt und demgemäß drei bis sechs Grenzwerte für die obere Grenze des Gradienten festlegt. In entsprechender Weise können untere Grenzwerte für den Gradienten festgelegt werden, bei deren Unterschreiten die effektive Versorgungsspannung vorübergehend erhöht und dadurch die Erwärmung der Glühkerze beschleunigt werden kann.

20

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Weite der Schritte zu wählen, in denen die Grenzwerte konstant gehalten werden. Die Schritte können auf Zeitbasis bestimmt werden, sie können aber auch auf die Veränderung des elektrischen Widerstandes oder auf die Veränderung der elektrischen Stromaufnahme oder auf den Fortschritt der Energiezufuhr bezogen werden, wobei die letztgenannte Möglichkeit besonders bevorzugt ist, weil sie bei Unterteilung der Vorheizphase in Intervalle gleicher Energiezufuhr automatisch dazu führt, dass die Anpassung der Grenzwerte umso kurzfristiger erfolgt, je steiler der Temperaturanstieg ist.

25

30

Die Gradienten werden vorzugsweise periodisch wiederkehrend gemessen. Je kürzer die Periode ist, desto perfekter wird die Kontrolle. Zweckmäßigerweise wird der Gradient wenigstens 20 mal pro Sekunde, vorzugsweise wenigstens 30 mal pro Sekunde bestimmt. Die Frequenz der Impulsbreitenmodulation, mit welcher die effektive Versorgungsspannung eingestellt wird, beträgt vorzugsweise ein ganzzahliges Vielfaches der Frequenz, mit welcher die Gradientenbestimmung erfolgt; besonders bevorzugt ist ein Verfahren, in welchem die beiden Frequenzen übereinstimmen. Das ermöglicht eine Synchronisation der Zeitpunkte der Gradientenbestimmung mit der Stromzufuhr bei der Impulsbreitenmodulation bei der Spannungsversorgung.

10

Ein Vorzug der Erfindung liegt darin, dass es sogar möglich ist, den Gradienten des elektrischen Widerstandes oder der elektrischen Stromaufnahme auf einen Sollwert zu regeln, der sich aus dem idealen Temperaturverlauf einer idealen Glühkerze ableiten lässt. Auf diese Weise kann man sich mit dem realen Temperaturverlauf der realen Glühkerze dem Ideal bestmöglich annähern. Der ideale Temperaturverlauf einer idealen Glühkerze kann im Steuergerät für die Glühkerze gespeichert werden, z. B. im Speicher eines Mikroprozessors oder Mikrocontrollers, welcher die Spannungsversorgung der Glühkerze und die Ermittlung der Messwerte für die Gradientenbestimmung steuert, die Gradienten mit den Grenzwerten vergleicht und abhängig vom Ergebnis des Vergleiches die effektive Spannung anpasst, mit welcher die Glühkerze versorgt wird. Die Grenzwerte können im Speicher des Mikroprozessors oder Mikrocontrollers abgelegt sein, insbesondere als eine über den Verlauf der Vorheizphase verteilte Folge von diskreten Grenzwerten, aus denen sich der Mikroprozessor bzw. Mikrocontroller jeweils denjenigen auswählt, der zu dem Zeitpunkt innerhalb der jeweiligen Vorheizphase gehört, für welchen der Gradient bestimmt wurde.

Die beigefügte Figur 2 zeigt beispielhaft einen typischen Verlauf der Temperatur einer Glühkerze und die zugehörigen Verläufe des Gradienten des Glühkerzenwiderstandes und des durch die Glühkerze fließenden Stroms sowie Beispiele für die Wahl von Grenzwerten.

30

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern einer Glühkerze in einem Dieselmotor, insbesondere in der Vorheizphase, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zeitliche Gradient einer
5 an der Glühkerze temperaturabhängig auftretenden elektrischen Größe gemessen, mit einem Grenzwert verglichen und beim Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes die elektrische Versorgungsspannung der Glühkerze geändert wird.
- 10 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient des elektrischen Widerstandes der Glühkerze bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient der Stromstärke des durch die Glühkerze fließenden Stromes bestimmt wird.
- 15 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die effektive elektrische Versorgungsspannung der Glühkerze herabgesetzt wird, wenn der Absolutwert des Gradienten einen oberen Grenzwert überschreitet.
- 20 5. Verfahren nach Anspruch 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die effektive elektrische Versorgungsspannung der Glühkerze erhöht wird, wenn der Absolutwert des Gradienten einen unteren Grenzwert unterschreitet.
- 25 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass wenigstens einer der Grenzwerte veränderbar ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Grenzwert im Verlauf der Vorheizphase geändert wird.
- 30 8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Grenzwert in Abhängigkeit von dem gemessenen elektrischen Widerstand und/oder in Abhängigkeit von der gemessenen Stromstärke verändert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Grenzwert zeitabhängig verändert wird.
10. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Grenzwert in Abhängigkeit von der der Glühkerze fortschreitend zugeführten elektrischen Energie verändert wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der wenigstens eine Grenzwert im Verlauf der Vorheizphase stufenweise geändert wird.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient wenigstens im steilsten Abschnitt der Aufheizkurve der Glühkerze bestimmt wird.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient im Verlauf der Vorheizphase wiederholt bestimmt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient periodisch wiederkehrend bestimmt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient mindestens 20 mal pro Sekunde, vorzugsweise mindestens 30 mal pro Sekunde bestimmt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 13, 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die effektive Versorgungsspannung für die Glühkerze durch Impulsbreitenmodulation aus der Bordnetzspannung gewonnen wird und dass die Zeitpunkte, zu denen die Messungen zur Bestimmung des Gradienten durchgeführt werden, in Zeitfernstern liegen, in denen die Versorgungsspannung an der Glühkerze liegt.
17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeitpunkte, zu denen die Messungen zur Bestimmung der Gradienten durchgeführt werden, mit der Periode der Impulsbreitenmodulation synchronisiert sind.

18. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Gradient auf einen Sollwert geregelt wird.
- 5 19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Sollwert einer Soll-Kennlinie des Gradienten entnommen wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Soll-Kennlinie in einem Steuergerät für die Glühkerze gespeichert ist.
- 10 21. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Energie, die der Glühkerze in der Vorheizphase zugeführt wird, vorherbestimmt wird.

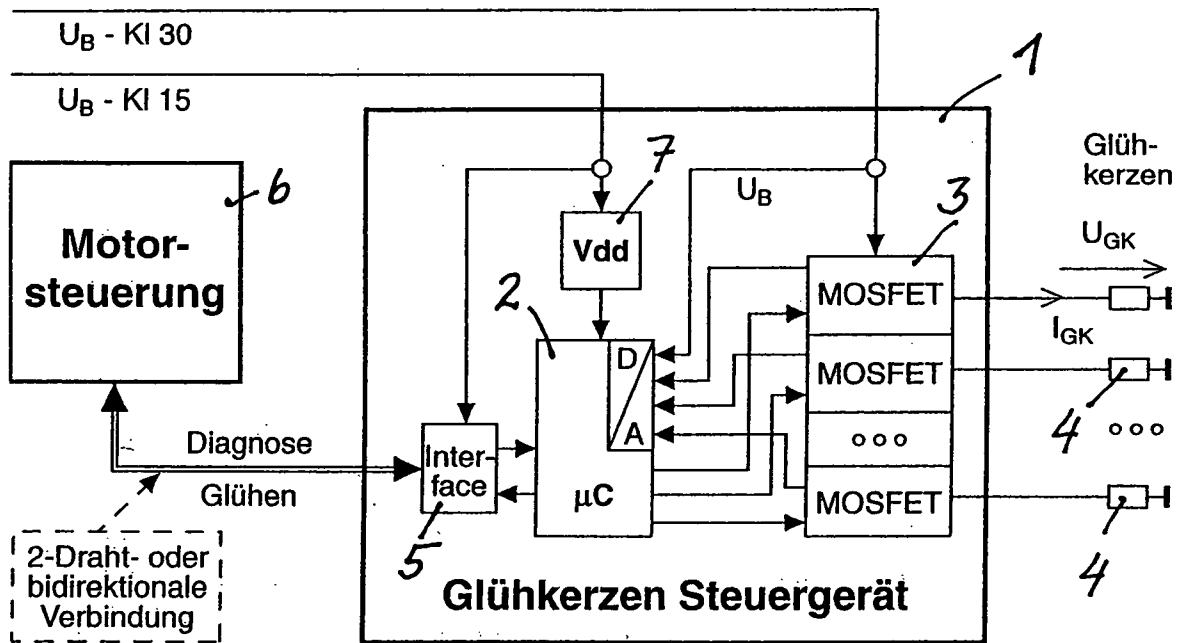
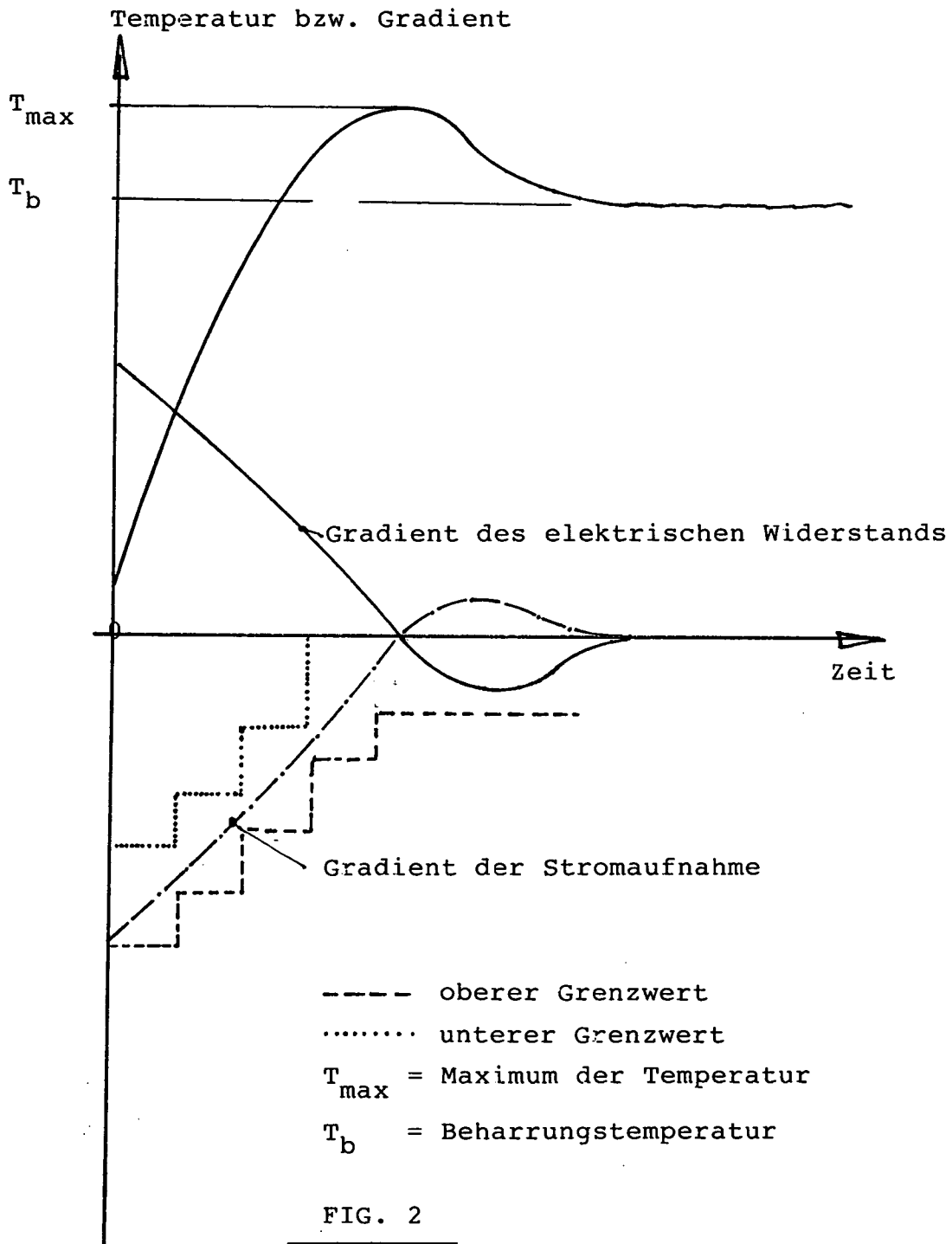


Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/004813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02P19/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02P F23Q F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 370 964 A1 (MARELLI AUTRONICA [IT]) 30 May 1990 (1990-05-30) column 2, line 55 - column 3, line 55; figures	1,3-21
X	JP 59 128981 A (FUJITSU TEN LTD; TOYOTA MOTOR CO LTD) 25 July 1984 (1984-07-25) abstract; figures 6-9	1,4-21
X	US 4 858 576 A (JEFFRIES JAMES R [US] ET AL) 22 August 1989 (1989-08-22) column 3, line 57 - column 5, line 61; figures 1-4	1,2,4-21
X	JP 59 108877 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 23 June 1984 (1984-06-23) abstract; figures	1-21
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 September 2007

Date of mailing of the international search report

01/10/2007

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ulivieri, Enrico

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2007/004813

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 59 108878 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 23 June 1984 (1984-06-23) abstract; figures -----	1-21
P,X	WO 2007/033825 A (BERU AG [DE]; KERNWEIN MARKUS [DE]; TOEDTER OLAF [DE]; BLEIL ANDREAS []) 29 March 2007 (2007-03-29) page 4, line 31 - page 5, line 7 page 14, line 11 - page 16, line 3 -----	1,2,4-21
P,X	EP 1 762 724 A (BERU AG [DE]) 14 March 2007 (2007-03-14) paragraphs [0019] - [0022]; claims 21-25; figures -----	1,2,4-21
A	US 4 500 775 A (SANGU OSAMU [JP] ET AL) 19 February 1985 (1985-02-19) column 2, line 55 - column 4, line 38; figure 2 -----	2
A	DE 100 25 953 A1 (WEBASTO THERMOSYSTEME GMBH [DE]) 6 December 2001 (2001-12-06) paragraphs [0005] - [0007]; figures -----	1-21
A	EP 0 315 934 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 May 1989 (1989-05-17) page 5, line 10 - line 13; figures -----	1,2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2007/004813

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0370964	A1	30-05-1990	AT 111188 T 15-09-1994 DE 68918059 D1 13-10-1994 DE 68918059 T2 09-03-1995 ES 2058595 T3 01-11-1994 IT 1223871 B 29-09-1990 JP 2176163 A 09-07-1990 JP 2763351 B2 11-06-1998
JP 59128981	A	25-07-1984	NONE
US 4858576	A	22-08-1989	NONE
JP 59108877	A	23-06-1984	JP 1687702 C 11-08-1992 JP 3051908 B 08-08-1991
JP 59108878	A	23-06-1984	NONE
WO 2007033825	A	29-03-2007	NONE
EP 1762724	A	14-03-2007	DE 102006010194 A1 22-03-2007 JP 2007077984 A 29-03-2007 US 2007056545 A1 15-03-2007
US 4500775	A	19-02-1985	JP 1717780 C 14-12-1992 JP 3077384 B 10-12-1991 JP 58172472 A 11-10-1983
DE 10025953	A1	06-12-2001	NONE
EP 0315934	A1	17-05-1989	ES 2048187 T3 16-03-1994 JP 1280682 A 10-11-1989

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/004813

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02P19/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02P F23Q F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 370 964 A1 (MARELLI AUTRONICA [IT]) 30. Mai 1990 (1990-05-30) Spalte 2, Zeile 55 - Spalte 3, Zeile 55; Abbildungen	1,3-21
X	JP 59 128981 A (FUJITSU TEN LTD; TOYOTA MOTOR CO LTD) 25. Juli 1984 (1984-07-25) Zusammenfassung; Abbildungen 6-9	1,4-21
X	US 4 858 576 A (JEFFRIES JAMES R [US] ET AL) 22. August 1989 (1989-08-22) Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 5, Zeile 61; Abbildungen 1-4	1,2,4-21
X	JP 59 108877 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 23. Juni 1984 (1984-06-23) Zusammenfassung; Abbildungen	1-21
	----- -/-- -----	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <ul style="list-style-type: none"> *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
21. September 2007	01/10/2007
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Olivieri, Enrico

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2007/004813

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 59 108878 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 23. Juni 1984 (1984-06-23) Zusammenfassung; Abbildungen -----	1-21
P,X	WO 2007/033825 A (BERU AG [DE]; KERNWEIN MARKUS [DE]; TOEDTER OLAF [DE]; BLEIL ANDREAS []) 29. März 2007 (2007-03-29) Seite 4, Zeile 31 - Seite 5, Zeile 7 Seite 14, Zeile 11 - Seite 16, Zeile 3 -----	1,2,4-21
P,X	EP 1 762 724 A (BERU AG [DE]) 14. März 2007 (2007-03-14) Absätze [0019] - [0022]; Ansprüche 21-25; Abbildungen -----	1,2,4-21
A	US 4 500 775 A (SANGU OSAMU [JP] ET AL) 19. Februar 1985 (1985-02-19) Spalte 2, Zeile 55 - Spalte 4, Zeile 38; Abbildung 2 -----	2
A	DE 100 25 953 A1 (WEBASTO THERMOSYSTEME GMBH [DE]) 6. Dezember 2001 (2001-12-06) Absätze [0005] - [0007]; Abbildungen -----	1-21
A	EP 0 315 934 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Mai 1989 (1989-05-17) Seite 5, Zeile 10 - Zeile 13; Abbildungen -----	1,2

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2007/004813

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0370964	A1	30-05-1990	AT 111188 T 15-09-1994 DE 68918059 D1 13-10-1994 DE 68918059 T2 09-03-1995 ES 2058595 T3 01-11-1994 IT 1223871 B 29-09-1990 JP 2176163 A 09-07-1990 JP 2763351 B2 11-06-1998
JP 59128981	A	25-07-1984	KEINE
US 4858576	A	22-08-1989	KEINE
JP 59108877	A	23-06-1984	JP 1687702 C 11-08-1992 JP 3051908 B 08-08-1991
JP 59108878	A	23-06-1984	KEINE
WO 2007033825	A	29-03-2007	KEINE
EP 1762724	A	14-03-2007	DE 102006010194 A1 22-03-2007 JP 2007077984 A 29-03-2007 US 2007056545 A1 15-03-2007
US 4500775	A	19-02-1985	JP 1717780 C 14-12-1992 JP 3077384 B 10-12-1991 JP 58172472 A 11-10-1983
DE 10025953	A1	06-12-2001	KEINE
EP 0315934	A1	17-05-1989	ES 2048187 T3 16-03-1994 JP 1280682 A 10-11-1989