

(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
30. August 2012 (30.08.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/113653 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02P 19/02 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/052212
- (22) Internationales Anmeldedatum:
9. Februar 2012 (09.02.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2011 004 514.7
22. Februar 2011 (22.02.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **JOOS, Sascha** [DE/DE]; Goerlitzerstr. 28, 01099 Dresden (DE). **JANZEN, Eberhard** [DE/DE]; Rohrheimer Weg 43, 71735 Eberdingen (DE). **RYLL, Harald** [DE/DE]; Lindental 26b, 70499 Stuttgart (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND CONTROL DEVICE FOR ADJUSTING A TEMPERATURE OF A GLOW PLUG

(54) Bezeichnung : VERFAHREN UND STEUERGERÄT ZUR EINSTELLUNG EINER TEMPERATUR EINER GLÜHSTIFTKERZE

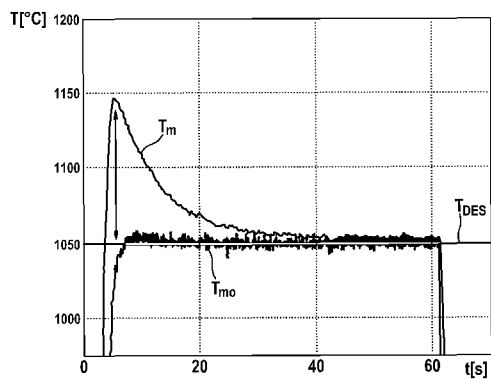


Fig. 3a

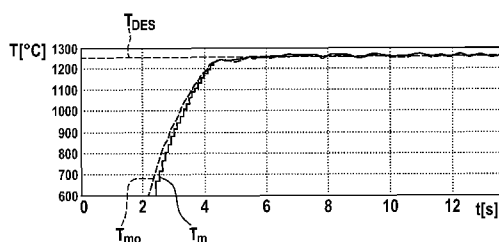


Fig. 3b

(57) Abstract: The invention relates to a method for adjusting a temperature of a glow plug, in particular for igniting a fuel/air mixture in an internal combustion engine, wherein the temperature (T_m) of the glow plug (2) is adjusted by means of a regulating system dependent on a resistance (R_m) of the glow plug (2). The aim of the invention is to prevent the occurrence of temperature overshoots during the pre-heating phase of the glow plug. This is achieved in that the temperature (T_m) is regulated using a predictive model (8) in a pre-heating phase in which an overvoltage is applied to the glow plug (2).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung einer Temperatur einer Glühstiftkerze, insbesondere zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in einem Verbrennungsmotor, bei welchem die Temperatur (T_m) der Glühstiftkerze (2) in Abhängigkeit eines Widerstandes (R_m) der Glühstiftkerze (2) mittels einer Regelung eingestellt wird. Um das Auftreten von Temperaturüberschwingern während der Vorheizphase der Glühstiftkerze zu unterbinden, wird die Temperatur (T_m) in einer Vorheizphase, in welcher eine Überspannung an die Glühstiftkerze (2) angelegt wird, mit Hilfe eines prädiktiven Modells (8) geregelt.



WO 2012/113653 A1

GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

5 Beschreibung

Titel

VERFAHREN UND STEUERGERÄT ZUR EINSTELLUNG EINER
TEMPERATUR EINER GLÜHSTIFTKERZE

10

Stand der Technik

15

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung einer Temperatur einer Glühstiftkerze, insbesondere zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in einem Verbrennungsmotor, bei welchem die Temperatur der Glühstiftkerze in Abhängigkeit eines Widerstandes der Glühstiftkerze mittels einer Regelung eingestellt wird, sowie ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens.

20

Glühstiftkerzen, welche in Verbrennungsmotoren zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches eingesetzt werden, werden in kaltem Zustand vorgeglüht, bevor ihre Temperatur so hoch ist, dass es für die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches ausreicht. Die Glühstiftkerze weist dazu einen Heizer auf, welcher die kalte Glühstiftkerze in einer kurzen Zeitspanne von 1 bis 2 Sekunden mit einer überhöhten Heizspannung beaufschlagt, so dass die Glühstiftkerze zu diesem Zeitpunkt überbeansprucht wird. Nach Abschluss dieser sogenannten Push-Phase hat die Spitze der Glühstiftkerze eine Temperatur von über 1000°C erreicht, während der restliche Teil der Glühstiftkerze noch eine Temperatur aufweist, die weit unterhalb dieser Temperatur von 1000°C liegt.

25

30

Durch die Ansteuerung der Glühstiftkerze mit einer überhöhten Heizspannung entsteht ein Temperaturüberschwinger an der Glühstiftkerze. Die in der Vorheizphase erlangte Temperatur der Glühstiftkerze stellt eine Eingangsgröße für eine Regelung dar, mit welcher die Temperatur der Glühstiftkerze eingestellt wird, wenn diese einen stationären Temperaturverlauf erreicht hat. Da diese Eingangsgröße für die Regelung aber während eines Einschwingvorganges ermittelt wird, führt dies in der nachfolgenden Regelung zu Fehlern.

35

Offenbarung der Erfindung

5 Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Regelung der Temperatur einer Glühstiftkerze anzugeben, bei welchem der während der Vorheizphase auftretende Temperaturüberschwinger zuverlässig unterbunden wird, obwohl die Glühstiftkerze mit einer überhöhten Heizspannung beaufschlagt wird.

10 Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Temperatur in einer Vorheizphase der Glühstiftkerze, in welcher eine Überspannung an die Glühstiftkerze angelegt wird, geregelt wird. Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Glühtemperatur über den gesamten Glühvorgang der Glühstiftkerze nun mit hoher Güte moduliert wird und die Regelung der Glühtemperatur zu jedem Zeitpunkt der Glühphase, vorteilhafterweise auch in der Vorheizphase (Push-Phase) erfolgt, bei welcher der Heizer der Glühstiftkerze die kalte Glühstiftkerze in einer kurze Zeitspanne von 1 bis 2 Sekunden mit einer überhöhten Heizspannung beaufschlagt. Dies ermöglicht eine bessere Beherrschung der Vorheizphase sowohl beim Schlüsselstart als auch bei langen Startphasen.

20 Vorteilhafterweise wird zur Regelung der Temperatur der Glühstiftkerze in der Vorheizphase eine Widerstandsdifferenz, welche am Ende der Vorheizphase zu einem gemessenen Widerstand besteht, mit Hilfe eines physikalischen Modells während der Vorheizphase vorausschauend bestimmt. Somit wird die Temperatur in der Vorheizphase, in welcher eine Überspannung an die Glühstiftkerze angelegt wird, mit Hilfe des prädiktiven Modells geregelt. Dadurch ist die Vorheizphase der Glühstiftkerze robuster, da keine oder nur geringe Temperaturüberschwinger auftreten und es werden exakte Eingangswerte für die Regelung auch im weiteren Glühverlauf der Glühstiftkerze bereitgestellt. Somit wird die Regelung bereits in der Vorheizphase eng auf den gewünschten Temperatursollwert ausgerichtet. Durch die Bestimmung der Widerstandsdifferenz wird die Eingangsgröße des Widerstandes für die Regelung initialisiert und der Zeitpunkt bei der Erstbestromung der Glühstiftkerze mit berücksichtigt. Weiterhin wird der Entwicklungsaufwand reduziert, da keine Applikation für ein gesteuertes Vorheizen notwendig wird und die Eingangsparameter nur einmal bestimmt und für die Lebensdauer der Glühstiftkerze beibehalten werden.

35

In einer Ausgestaltung wird der gemessene Widerstand der Glühstiftkerze mit der Widerstandsdifferenz addiert und die aus dem gemessenen Widerstand und der Widerstandsdifferenz gebildete Summe der Regelung zugeführt. Dadurch wird der gemessene Widerstand um einen vorausschauend bestimmten Betrag erhöht, welcher der tatsächlich während der Vorheizphase in der Glühstiftkerze auftretenden Temperatur entspricht.

In einer Weiterbildung besteht die Widerstandsdifferenz aus mehreren, insbesondere summierten, Teilwiderstandsdifferenzen, wobei jede Teilwiderstandsdifferenz in Abhängigkeit mindestens eines Betriebsparameters der Glühstiftkerze bestimmt wird. Dadurch wird der Zustand der Glühstiftkerze zum Start eines Glühvorganges bei der Erstbestromung der Glühstiftkerze charakterisiert und unter Anwendung von entsprechenden Kennlinien optimiert.

In einer Variante wird eine erste Teilwiderstandsdifferenz in Abhängigkeit eines Energiegehaltes der Glühstiftkerze bestimmt, welchen diese zum Zeitpunkt des Startes des Glühvorganges aufweist. Dadurch wird die Anfangscharakteristik der Glühstiftkerze zum Zeitpunkt des Starts des Glühvorganges bei der Bestimmung der Widerstandsdifferenz berücksichtigt.

Insbesondere wird der Energiegehalt der Glühstiftkerze durch einen Anfangswiderstand, eine Anfangswärmemenge oder eine Anfangsleistung charakterisiert. Somit wird der Wärmehaushalt der kalten Glühstiftkerze vor der Erstbestromung berücksichtigt. Da beispielsweise bei einer kalten Glühstiftkerze der Anfangswiderstand sehr klein ist, während bei einer Glühstiftkerze, die schon einmal angeheizt wurde, der Anfangswiderstand größer ist, wird sichergestellt, dass immer die korrekte Eingangsgröße bei der Bestimmung der Widerstandsdifferenz herangezogen wird.

In einer anderen Ausführungsform wird eine zweite Teilwiderstandsdifferenz in Abhängigkeit eines Temperatursollwertes der Glühstiftkerze bestimmt, welchen diese am Ende des Glühvorganges aufweisen soll. Durch die Einbeziehung des Temperatursollwertes wird bei der Modellierung sichergestellt, dass auch der zu erreichende Endzustand der Glühstiftkerze in Form des Temperatursollwertes, welcher der Temperatur entspricht, die am Ende des der Vorheizphase folgenden Aufheizvorganges der Glühstiftkerze eingestellt sein soll, berücksichtigt wird.

Ferner wird eine dritte Teilwiderstandsdifferenz in Abhängigkeit einer Ausgangstemperatur der Glühstiftkerze bestimmt, welchen diese zum Zeitpunkt des Startes des Glühvorganges aufweist. Da die Glühstiftkerze bei unterschiedlichen
5 Temperaturen beim Erststart ein unterschiedliches Verhalten aufweist, wird diese Ausgangstemperatur der Glühstiftkerze ebenfalls berücksichtigt, um das richtige Verhalten der Glühstiftkerze modellieren zu können.

Insbesondere entspricht die Ausgangstemperatur einer Umgebungstemperatur
10 der Glühstiftkerze zum Zeitpunkt des Startes des Glühvorganges. Die Umgebungstemperatur der Glühstiftkerze ist einfach zu ermitteln, da Kraftfahrzeuge, in dessen Verbrennungsmotoren die Glühstiftkerzen eingebaut sind, über eine Außentemperaturanzeige verfügen. Somit kann auf weitere Hardware zur Bestimmung der Umgebungstemperatur verzichtet werden.

Vorteilhafterweise wird eine vierte Teilwiderstandsdifferenz in Abhängigkeit eines, dem Start des Glühvorganges unmittelbar vorausgegangenen Glühvorganges der Glühstiftkerze bestimmt. Damit wird insbesondere dem Zustand der
15 Glühstiftkerze Rechnung getragen, welcher die Glühstiftkerze aufweist, wenn die Zündung des Verbrennungsmotors, welche ein Aufheizen der Glühstiftkerze nach sich zieht, erfolgt ist, diese kurze Zeit später aber wieder ausgeschaltet wurde und innerhalb weniger Augenblicke wiederum aktiviert wurde.

In einer Ausgestaltung wird der unmittelbar vorausgegangene Glühvorgang
25 durch dessen Glühdauer oder Glühenergie charakterisiert, wobei in Abhängigkeit eines Anfangswiderstandes der Glühstiftkerze ein Faktor bestimmt wird, welcher mit der vierten Teilwiderstandsdifferenz multipliziert wird und zu der Widerstandsdifferenz addiert wird. Die Glühdauer, welche der Einschaltdauer der Glühstiftkerze entspricht, erlaubt Rückschlüsse darauf, wie viel Energie noch in
30 der Glühstiftkerze gespeichert ist. Je nachdem, wie groß der während der vorausgegangenen Glühdauer der Glühstiftkerze eingestellte Ausgangswiderstand ist, wird die vierte Teilwiderstandsdifferenz, die in Abhängigkeit von der dem Start des Glühvorganges vorausgegangenen Glühdauer ermittelt wurde, zu der Widerstandsdifferenz hinzu addiert.

In einer weiteren Variante wird aus einer Kennlinie, welche individuell für jede Glühstiftkerze im aufgeheizten, stationären Betrieb der Glühstiftkerze bestimmt wird, anhand der Summe aus dem gemessenen Widerstand und der Widerstandsdifferenz, ein Temperaturistwert ermittelt, welcher vom Temperatursollwert subtrahiert wird, wobei die so ermittelte Temperaturdifferenz der Regelung zugeführt wird, aus welcher eine Ansteuerspannung für die Glühstiftkerze ermittelt wird, um den gewünschten Temperatursollwert einzustellen. Die Einbindung der Widerstandsdifferenz in die Bestimmung des Temperaturistwertes führt dazu, dass auch während der schnellen Vorheizphase eine Regelung der Temperatur der Glühstiftkerze gewährleistet werden kann.

Eine Weiterbildung der Erfindung betrifft ein Steuergerät zur Einstellung einer Temperatur einer Glühstiftkerze, insbesondere zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in einem Verbrennungsmotor, welches die Temperatur in Abhängigkeit eines Widerstandes der Glühstiftkerze mittels einer Regelung einstellt. Um während der Vorheizphase auftretende Temperaturüberschwinger zu unterbinden, sind Mittel vorhanden, welche die Temperatur in einer Vorheizphase, in welche eine Überspannung an die Glühstiftkerze angelegt ist, regeln.

Die Erfindung lässt zahlreiche Ausführungsformen zu. Eine davon soll anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert werden.

Es zeigt:

Figur 1: Prinzipdarstellung der Anordnung einer Glühstiftkerze in einem Verbrennungsmotor

Figur 2: schematische Darstellung zur Modellierung der Temperatur einer Glühstiftkerze in einer schnellen Vorheizphase

Figur 3: Temperatur-Zeit-Diagramm ohne und mit prädiktiver Temperaturmodellierung

Kalte Verbrennungsmotoren, insbesondere Dieselmotoren, benötigen bei Umgebungstemperaturen von $<40^{\circ}\text{C}$ eine Starthilfe zur Zündung des in den Dieselmotor eingeleiteten Kraftstoff-Luft-Gemisches. Als Starthilfe werden dann Glühsys-

teme eingesetzt, welche aus Glühstiftkerzen, einem Glühzeitsteuergerät und einer Glühsoftware, welche in einem Motorsteuergerät oder dem Glühzeitsteuergerät abgelegt ist, bestehen. Außerdem werden Glühsysteme auch zur Verbesserung der Emission des Fahrzeuges genutzt. Weitere Einsatzgebiete des Glühsystems bestehen im Brennerabgassystem, bei der Standheizung, bei der Vorwärmung für Kraftstoff (flex fuel) oder der Vorwärmung des Kühlwassers.

Figur 1 zeigt ein solches Glühsystem 1. Eine Glühstiftkerze 2 ragt dabei in den Brennraum 3 des Dieselmotors 4. Die Glühstiftkerze 2 ist einerseits mit dem Glühzeitsteuergerät 5 verbunden und führt andererseits an eine Batterie 6, die die Glühstiftkerze 2 mit der Nennspannung von beispielsweise 11 Volt ansteuert. Das Glühzeitsteuergerät 5 ist mit dem Motorsteuergerät 7 verbunden, welches wiederum an den Dieselmotor 4 führt.

Zur Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches wird die Glühstiftkerze 2 in einer, auch als Push-Phase bezeichneten Vorheizphase, die 1 bis 2 Sekunden dauert, durch das Anlegen einer Überspannung vorgeheizt. Die elektrische Energie, die der Glühstiftkerze 2 somit zugeführt wird, wird in einer nicht weiter dargestellten Heizwendel in Wärme umgewandelt, weshalb die Temperatur an der Spitze der Glühstiftkerze 2 steil ansteigt. Die Heizleistung der Heizwendel wird über das elektronische Glühzeitsteuergerät 5 an die Anforderung des jeweiligen Dieselmotors 4 angepasst. Das Kraftstoff-Luft-Gemisch wird an der heißen Spitze der Glühstiftkerze 2 vorbeigeleitet und erwärmt sich dabei. Verbunden mit einer Ansaugluftherwärmung während des Verdichtertaktes des Dieselmotors 4 wird die Entflammungstemperatur des Kraftstoff-Luft-Gemisches erreicht.

Die Glühstiftkerze 2 weist verschiedene Glühphasen auf. Wie bereits dargestellt, wird in einer Vorheizphase, die 1 bis 2 Sekunden in Anspruch nimmt, der kalten Glühstiftkerze 2 eine Überspannung zugeführt, welche oberhalb der Nennspannung der Glühstiftkerze 2 liegt. Während dieses kurzen Zeitraumes wird die Spitze der Glühstiftkerze auf annähernd 1000°C erhitzt, während der restliche Teil der Glühstiftkerze 2 noch unterhalb dieser Temperatur liegt, wodurch sich ein instationärer Temperaturverlauf innerhalb der Glühstiftkerze 2 ausbildet. An diese Vorheizphase schließt sich eine Aufheizphase der Glühstiftkerze 2 an, in welcher die instationäre Temperaturverteilung sich zu einer stationären Temperaturverteilung über die gesamte Glühstiftkerze 2 ausgleicht. Eine solche Aufheizphase

dauert normalerweise annähernd 30 Sekunden. Nach der Vorheizphase der Glühstiftkerze wird die Widerstandsdifferenz dynamisch in der Aufheizphase angepasst. Daran schließt sich die Glühphase an, bei welcher eine stationäre Temperaturverteilung über die gesamte Glühstiftkerze gewährleistet ist.

5

In Figur 2 ist ein schematisches Diagramm zur Temperaturmodellierung der Glühstiftkerze 2 während der schnellen Vorheizphase dargestellt, die als Software in das Motorsteuergerät 7 oder das Glühzeitsteuergerät 5 integriert ist und dort bei einer Temperaturregelung der Glühstiftkerze berücksichtigt wird. Als Regeleingangsgröße für die generelle Temperaturregelung der Glühstiftkerze 2 über den gesamten Glühvorgang wird vom Motorsteuergerät 7 ein Temperatursollwert T_{DES} bereitgestellt. Gleichzeitig wird ein Widerstand R_m der Glühstiftkerze gemessen, welcher einen Wert für die aktuelle Temperatur an der Glühstiftkerze 2 darstellt. Dieser gemessene Widerstand R_m wird bei jedem Bestromungsvorgang, der in gleichmäßigen zeitlichen Abständen erfolgt, bestimmt. In einem Block 17 wird dieser gemessene Widerstand R_m zu einer Widerstandsdifferenz ΔR addiert, welche mit Hilfe eines prädiktiven Modells 8 bestimmt wird. Dieses prädiktive Modell 8 modelliert die Temperatur der Glühstiftkerze 2 in der schnellen Vorheizphase. Innerhalb des prädiktiven Modells 8 wird zunächst ein Anfangswiderstand R_{01} der Glühstiftkerze 2 ermittelt. Dieser Anfangswiderstand R_{01} wird einer Kennlinie 9 zugeführt, welche im stationären Betrieb der Glühstiftkerze ermittelt wurde. Aus dieser Kennlinie 9 wird anhand des gemessenen Anfangswiderstandes R_{01} eine erste Teilwiderstandsdifferenz $\Delta R1$ ermittelt.

10

15

20

25

30

Als weitere Eingangsgröße des prädiktiven Modells 8 ist der Temperatursollwert T_{DES} vorgesehen, welcher die zu erreichende Endtemperatur der Glühstiftkerze 2 kennzeichnet. Auch dieser Temperatursollwert T_{DES} wird auf eine weitere Kennlinie 10 als Eingangsgröße gegeben, aus welcher eine zweite Teilwiderstandsdifferenz $\Delta R2$ ermittelt wird. Die so ermittelten Teilwiderstandsdifferenzen $\Delta R1$ und $\Delta R2$ werden im Block 14 addiert.

35

Neben den schon genannten Eingangsgrößen in Form des Anfangswiderstandes R_{01} und des Temperatursollwertes T_{DES} wird die Betriebstemperatur T_C der Glühstiftkerze 2 zum Zeitpunkt des Startes des Glühvorganges also zum Zeitpunkt $t=0$ bestimmt. Aus dieser Temperatur T_C wird mit Hilfe einer dritten Kennlinie 11 die dritte Teilwiderstandsdifferenz $\Delta R3$ bestimmt. Im Block 15 wird die dritte Teilwi-

derstandsdifferenz ΔR_3 zu der ersten und der zweiten Teilwiderstandsdifferenz ΔR_1 und ΔR_2 hinzu addiert. Diese Eingangsgrößen in Form des Anfangswiderstandes R_{01} , des Temperatursollwertes T_{DES} und der Umgebungstemperatur T_C werden einmalig zum Zeitpunkt $t=0$ - bei Aktivierung der Glühstiftkerze 2 - bestimmt und können im Motorsteuergerät 7 oder dem Glühzeitsteuergerät 5 abgespeichert werden.

Um zu berücksichtigen, dass die Glühstiftkerze 2 bereits kurz vor dem auszuführenden Glühvorgang schon einmal einem Glühvorgang unterworfen wurde, aus welchem die Glühstiftkerze 2 noch nicht ausreichend abgekühlt ist, wird eine Glühzeit/Glühenergie E ($E = U \cdot I \cdot t$) des, dem aktuellen Glühvorgang unmittelbar vorausgegangenen Glühvorganges der Glühstiftkerze 2 berücksichtigt. Aus der Glühzeit/ Glühenergie E wird mit Hilfe einer vierten Kennlinie 12 eine vierte Teilwiderstandsdifferenz ΔR_4 bestimmt. Da aufgrund der Glühzeit/Glühenergie E des unmittelbar vorangegangenen Glühvorganges sich der Widerstand der Glühstiftkerze 2 verändert, wenn die Wärme, die sich während des vorausgegangenen Glühvorganges innerhalb der Glühstiftkerze 2 aufgebaut hat, noch nicht abgekühlt ist, wird der Widerstand R_{01} einer weiteren Kennlinie 13 zugeführt, welcher als Ergebnis einen Faktor F liefert, der im Block 22 mit der vierten Teilwiderstandsdifferenz ΔR_4 multipliziert wird. Der Faktor F ist dabei so gewählt, dass wenn der einmal gemessene Anfangswiderstand R_{01} größer als ein vorgegebener Schwellwert des Widerstandes R_{01} ist, dieser gleich 1 beträgt. Der Faktor F strebt gegen den Wert Null, wenn der Anfangswiderstand R_{01} kleiner ist als der vorgegebene Schwellwert des Widerstandes R_{01} . Dies bedingt, dass die Eingangsgrößen der Glühzeit/Glühenergie E mit der dabei verbundenen Veränderung des Anfangswiderstandes R_{01} nur dann zur Bestimmung der Widerstandsdifferenz ΔR herangezogen werden, wenn die Glühstiftkerze 2 aufgrund eines vorangegangenen Glühvorganges noch einen entsprechend großen Widerstand aufweist, welcher mit einer veränderten Temperatur der Glühstiftkerze 2 einhergeht. Die vierte Teilwiderstandsdifferenz ΔR_4 wird im Block 16 zu den zuvor beschriebenen Teilwiderstandsdifferenz ΔR_1 , ΔR_2 und ΔR_3 hinzuaddiert, woraus sich eine Widerstandsdifferenz ΔR ergibt, die einer vorausbestimmten Temperatur entspricht, welche zum Ende des Vorheizvorganges an der Glühstiftkerze 2 auftritt.

Die im prädiktiven Modell 8 bestimmte Widerstandsdifferenz ΔR wird im Block 17 zu dem gemessenen Widerstand R_m hinzuaddiert. Diese Summe aus der Widerstandsdifferenz ΔR und dem gemessenen Widerstand R_m wird einer Kennlinie 18 zugeführt, in welcher der Widerstand über der Temperatur aufgetragen ist. Bei dieser Kennlinie 18 handelt es sich um eine individuell, für jede Glühstiftkerze 2 bei einer stationären Temperaturverteilung ermittelte Kennlinie, da Glühstiftkerzen aufgrund von Produktionstoleranzen eine eigenständige Übertragungsfunktion aufweisen. Aus dieser Widerstands-/Temperatur-Kennlinie 18 wird eine Basistemperatur T_{BAS} der Glühstiftkerze 2 ermittelt. Diese Basistemperatur T_{BAS} wird im Block 19 mit einem Wärmeleitungsmodell abgeglichen, bei welchem berücksichtigt wird, inwieweit eine Temperaturdifferenz zwischen dem Inneren des Heizers der Glühstiftkerze 2 und der Oberflächentemperatur der Glühstiftkerze 2 besteht. Dabei wird im Block 19 der Basistemperatur T_{BAS} eine Temperaturdifferenz zugeführt, aus deren Summe sich die Isttemperatur T_{ACT} der Glühstiftkerze 2 ergibt. Diese Isttemperatur T_{ACT} wird nun in dem Regelzyklus verwendet, wo sie im Block 20 von dem Temperatursollwert T_{DES} subtrahiert wird. Die Differenz zwischen dem Temperatursollwert T_{DES} und der Isttemperatur T_{ACT} wird einem Regler 21 zugeführt, welcher eine Spannung U_{GOV} bestimmt, die der Glühstiftkerze 2, insbesondere dem Heizer der Glühstiftkerze 2, zur schnellen Einstellung des Temperatursollwertes T_{DES} zugeführt wird.

Figur 3 zeigt zwei Temperatur-Zeit-Diagramme, bei welchen die gemessene Temperatur T_m einmal ohne prädiktiver Modellierung (Figur 3a) und einmal mit prädiktiver Modellierung (Figur 3b) dargestellt ist. Aus Figur 3a ist ersichtlich, dass die gemessene Temperatur T_m , welche an den Temperatursollwert T_{DES} angepasst werden soll, kurz nach dem Beginn des Glühvorganges einen Temperaturüberschwinger aufweist, welcher erst nach einer Zeit von ungefähr 30 Sekunden sich dem Temperatursollwert T_{DES} annähert. Zum Vergleich dazu ist die mathematisch nach Figur 2 ohne Modell 8 modellierte Temperatur T_{mo} dargestellt, welche nach der Vorheizphase, ungefähr nach 5 Sekunden das Niveau des Temperatursollwertes T_{DES} erreicht und um diesen geregelt wird.

Im Gegensatz dazu zeigt Figur 3b den Verlauf der gemessenen Temperatur T_m bei der Berücksichtigung der mittels des prädiktiven Temperaturmodells 8 vorausschauend bestimmten Widerstandsdifferenz ΔR . Die gemessene Temperatur T_m zeigt keinen Temperaturüberschwinger, sondern nähert sich sofort nach der

Vorheizphase der modellierten Temperatur T_m an. Bereits nach ungefähr 4 Sekunden ist mittels dieser Regelung der Temperatursollwert T_{Des} erreicht und wird um diesen geregelt.

5 Aufgrund des prädiktiven Modells 8 ist es möglich, dass eine Temperaturregung der Glühstiftkerze 2 nicht nur während des stationären Betriebes, bei welchem keine Schwankungen zwischen Widerstand und Temperatur mehr auftreten, sondern auch im instationären Betrieb, vorzugsweise in der schnellen Vorheizphase zu Beginn des Glühvorganges und während der Aufheizphase durchzuführen. Bei der Temperaturmodellierung der Glühstiftkerze 2 in der schnellen Vorheizphase wird modelliert, wie groß die Widerstandsdifferenz ΔR am Ende des Vorheizvorganges sein wird, wobei diese Widerstandsdifferenz ΔR als Einganggröße dem Regelvorgang zugeführt wird.

10

15

5 Ansprüche

1. Verfahren zur Einstellung einer Temperatur einer Glühstiftkerze, insbesondere zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in einem Verbrennungsmotor, bei welchem die Temperatur (T_m) der Glühstiftkerze (2) in Abhängigkeit eines Widerstandes (R_m) der Glühstiftkerze (2) mittels einer Regelung eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur (T_m) in einer Vorheizphase, in welcher eine Überspannung an die Glühstiftkerze (2) angelegt wird, geregelt wird.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Regelung der Temperatur (T_m) der Glühstiftkerze (2) in der Vorheizphase eine Widerstandsdifferenz (ΔR), welche am Ende der Vorheizphase zu einem gemessenen Widerstand (R_m) besteht, mit Hilfe eines physikalischen Modells (8) während der Vorheizphase vorausschauend bestimmt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gemessene Widerstand (R_m) der Glühstiftkerze (2) mit der Widerstandsdifferenz (ΔR) addiert wird und die aus dem gemessenen Widerstand (R_m) und der Widerstandsdifferenz (ΔR) gebildete Summe der Regelung zugeführt wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Widerstandsdifferenz (ΔR) aus mehreren, insbesondere summierten, Teilwiderstandsdifferenzen (ΔR_1 , ΔR_2 , ΔR_3 , ΔR_4) besteht, wobei jede Teilwiderstandsdifferenz (ΔR_1 , ΔR_2 , ΔR_3 , ΔR_4) in Abhängigkeit mindestens eines Betriebsparameters (R_{O1} , T_{Des} , T_C , E , R_{O2}) der Glühstiftkerze (2) bestimmt wird.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine erste Teilwiderstandsdifferenz (ΔR_1) in Abhängigkeit eines Energiegehaltes der Glühstiftkerze (2) bestimmt wird, welchen diese zum Zeitpunkt des Startens des Glühvorganges aufweist.
- 35

- 5
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Energiegehalt der Glühstiftkerze (2) durch einen Anfangswiderstand (R_{01}), eine Anfangswärmemenge oder eine Anfangsleistung der Glühstiftkerze (2) charakterisiert wird.
- 10
7. Verfahren nach Anspruch 4, 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zweite Teilwiderstandsdifferenz (ΔR_2) in Abhängigkeit eines Temperatursollwertes (T_{Des}) der Glühstiftkerze (2) bestimmt wird, welchen diese am Ende des Glühvorganges aufweist.
- 15
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine dritte Teilwiderstandsdifferenz (ΔR_3) in Abhängigkeit einer Ausgangstemperatur (T_C) der Glühstiftkerze (2) bestimmt wird, welchen diese zum Zeitpunkt des Starts des Glühvorganges aufweist.
- 20
9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangstemperatur (T_C) einer Umgebungstemperatur der Glühstiftkerze (2) zum Zeitpunkt des Startes des Glühvorganges entspricht.
- 25
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vierte Teilwiderstandsdifferenz (ΔR_4) in Abhängigkeit eines, dem Start des Glühvorganges unmittelbar vorausgegangenen Glühvorganges der Glühstiftkerze (2) bestimmt wird.
- 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der unmittelbar vorausgegangene Glühvorgang durch dessen Glühdauer oder Glühenergie (E) charakterisiert wird, wobei insbesondere in Abhängigkeit des Anfangswiderstandes (R_{01}) der Glühstiftkerze (2) ein Faktor (F) bestimmt wird, welcher mit der vierten Teilwiderstandsdifferenz (ΔR_4) multipliziert und zu der Widerstandsdifferenz (ΔR) addiert wird.
- 35
12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus einer Kennlinie (18), welche für jede Glühstiftkerze (2) individuell im aufgeheizten, stationären Betrieb der Glüh-

stiftkerze (2) bestimmt wird, anhand der Summe aus dem gemessenen Widerstand (R_m) und der Widerstandsdifferenz (ΔR), ein Temperaturwert (T_{ACT}) ermittelt wird, welcher vom Temperatursollwert (T_{Des}) subtrahiert wird, wobei die so ermittelte Temperaturdifferenz der Regelung zugeführt wird, aus welcher eine Ansteuerspannung (U_{GOV}) für die Glühstiftkerze (2) ermittelt wird.

13. Steuergerät zur Einstellung einer Temperatur einer Glühstiftkerze, insbesondere zur Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in einem Verbrennungsmotor, welches die Temperatur (T_m) der Glühstiftkerze (2) in Abhängigkeit eines Widerstandes (R_m) der Glühstiftkerze (2) mittels einer Regelung einstellt, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel (8, 21) vorhanden sind, welche die Temperatur (T_m) in einer Vorheizphase, in welcher eine Überspannung an die Glühstiftkerze (2) angelegt ist, regeln.

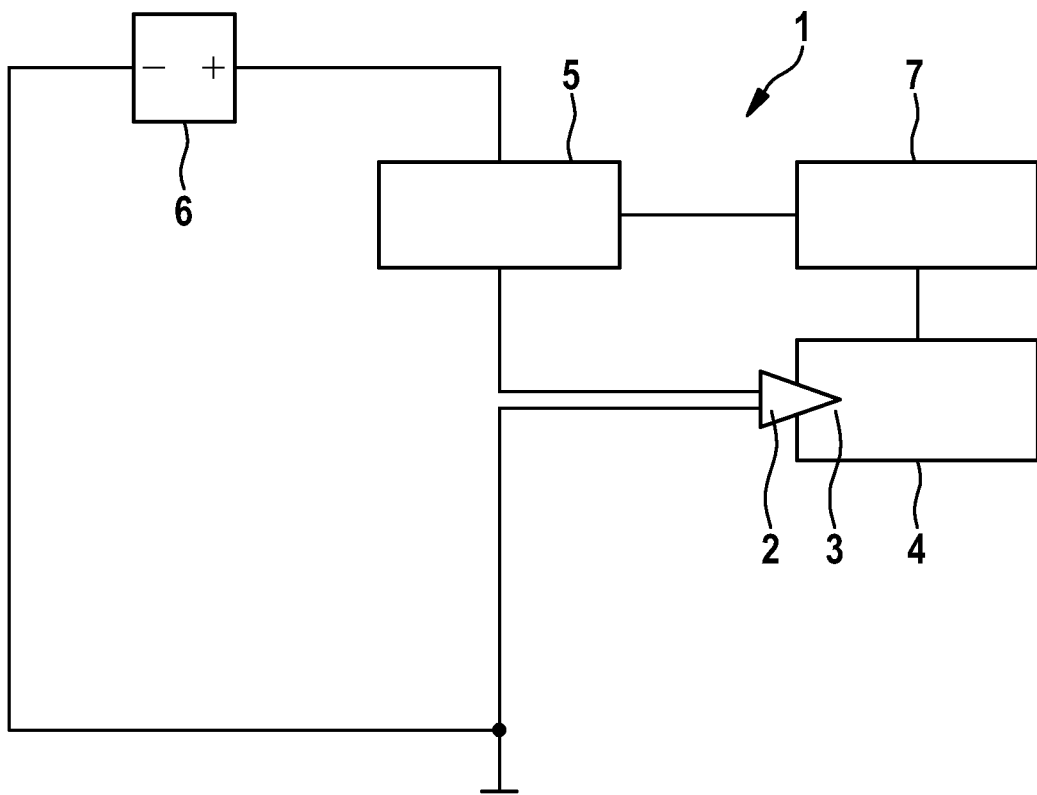


Fig. 1

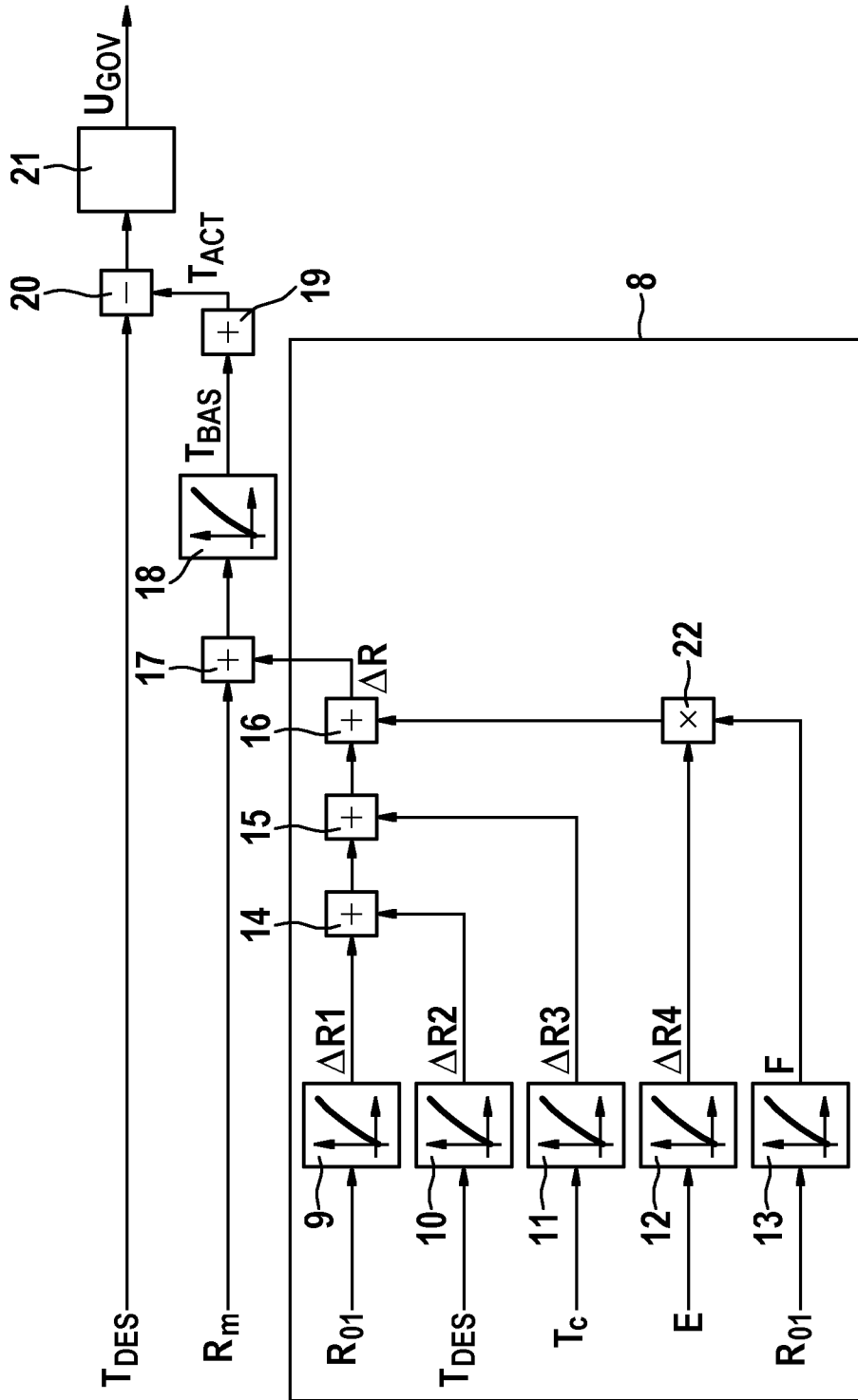


Fig. 2

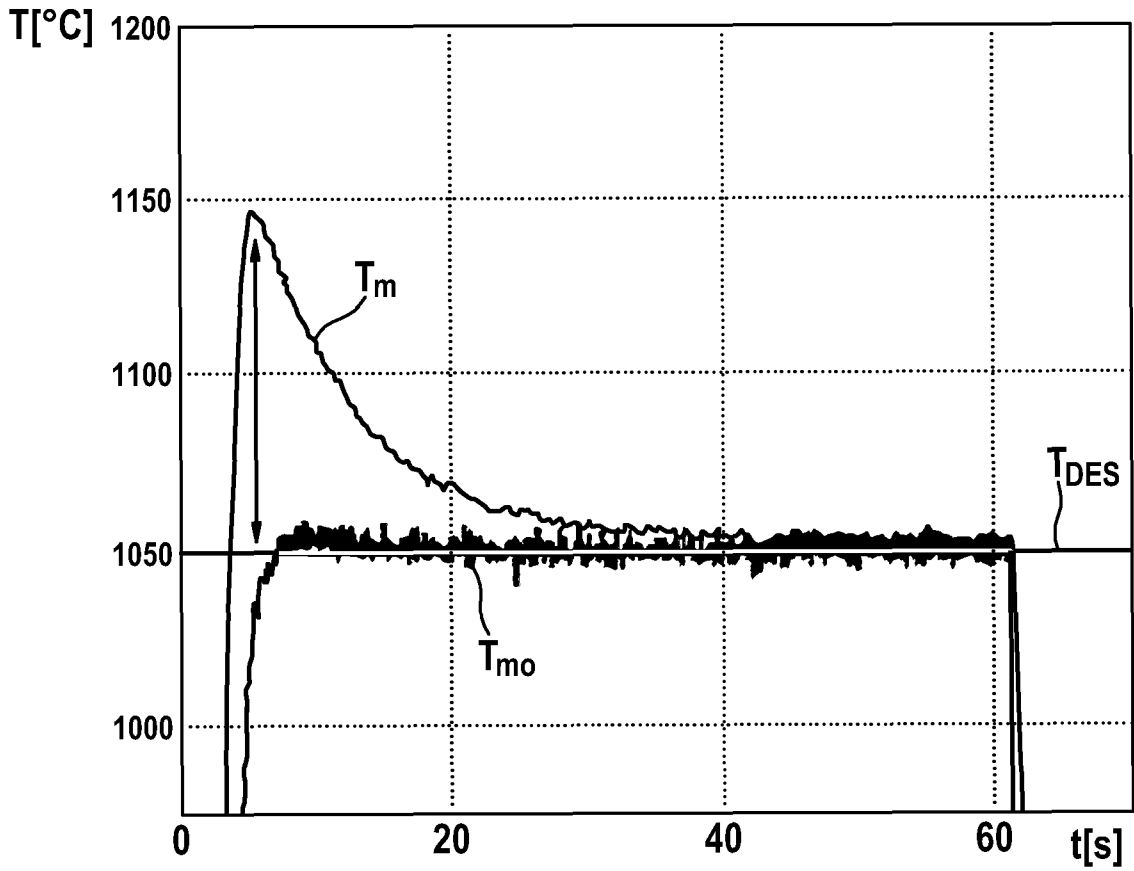


Fig. 3a

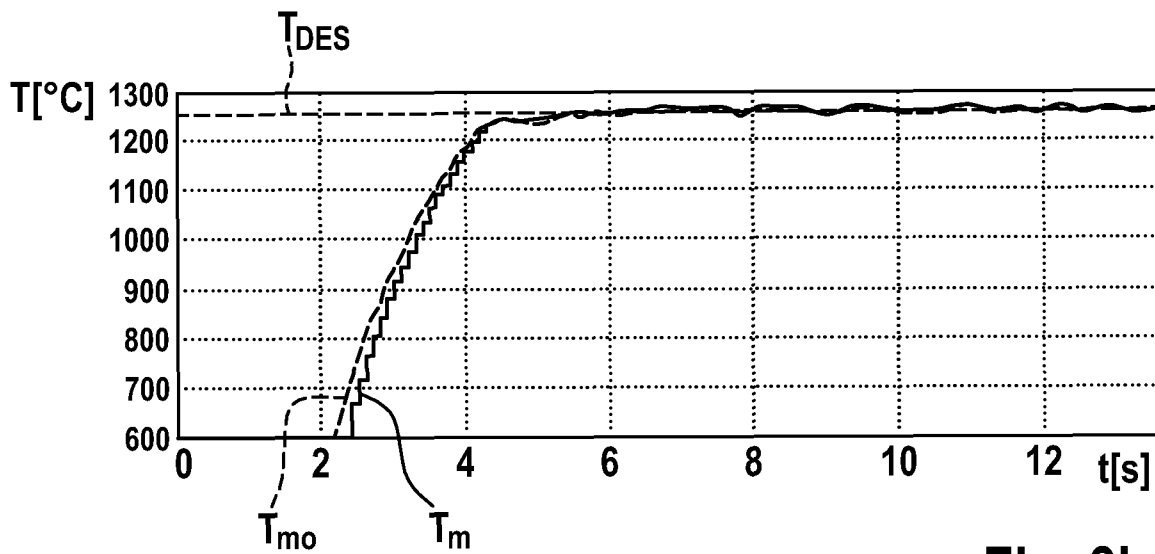


Fig. 3b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/052212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02P19/02
ADD.
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

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 practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 936 183 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25 June 2008 (2008-06-25) paragraphs [0020] - [0023] figure 1	1,13
X	----- JP 2010 065661 A (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES LTD; SUMITOMO WIRING SYSTEMS; SUMITOMO ELECT) 25 March 2010 (2010-03-25) abstract paragraphs [0043] - [0045] figure 6	1-11,13
X	----- DE 10 2008 040971 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 18 February 2010 (2010-02-18) paragraphs [0024] - [0026] ----- -/--	1-3,12, 13

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 application or patent 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 3 May 2012	Date of mailing of the international search report 10/05/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Röttger, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/052212

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 315 934 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 May 1989 (1989-05-17)	1,13
A	page 4, line 36 - page 5, line 19 -----	2-11
X	DE 10 2006 025834 A1 (BERU AG [DE]) 6 December 2007 (2007-12-06) paragraph [0010] -----	1,13
A	DE 10 2008 007393 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6 August 2009 (2009-08-06) paragraphs [0005] - [0015] -----	1-13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/052212

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
EP 1936183	A2	25-06-2008	DE 102006060632 A1	26-06-2008
			EP 1936183 A2	25-06-2008
			JP 2008157614 A	10-07-2008

JP 2010065661	A	25-03-2010	NONE	

DE 102008040971	A1	18-02-2010	NONE	

EP 0315934	A1	17-05-1989	EP 0315934 A1	17-05-1989
			ES 2048187 T3	16-03-1994
			JP 1280682 A	10-11-1989

DE 102006025834	A1	06-12-2007	DE 102006025834 A1	06-12-2007
			EP 2024634 A1	18-02-2009
			JP 2009539010 A	12-11-2009
			KR 20090015093 A	11-02-2009
			US 2009316328 A1	24-12-2009
			WO 2007140922 A1	13-12-2007

DE 102008007393	A1	06-08-2009	DE 102008007393 A1	06-08-2009
			WO 2009097920 A1	13-08-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F02P19/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02P		
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, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 936 183 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 25. Juni 2008 (2008-06-25) Absätze [0020] - [0023] Abbildung 1	1,13
X	JP 2010 065661 A (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES LTD; SUMITOMO WIRING SYSTEMS; SUMITOMO ELECT) 25. März 2010 (2010-03-25) Zusammenfassung Absätze [0043] - [0045] Abbildung 6	1-11,13
X	DE 10 2008 040971 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 18. Februar 2010 (2010-02-18) Absätze [0024] - [0026]	1-3,12, 13
	----- -/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 "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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
3. Mai 2012	10/05/2012	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Röttger, Klaus	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 315 934 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Mai 1989 (1989-05-17)	1,13
A	Seite 4, Zeile 36 - Seite 5, Zeile 19 -----	2-11
X	DE 10 2006 025834 A1 (BERU AG [DE]) 6. Dezember 2007 (2007-12-06) Absatz [0010] -----	1,13
A	DE 10 2008 007393 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6. August 2009 (2009-08-06) Absätze [0005] - [0015] -----	1-13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/052212

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1936183 A2	25-06-2008	DE 102006060632 A1	26-06-2008
		EP 1936183 A2	25-06-2008
		JP 2008157614 A	10-07-2008

JP 2010065661 A	25-03-2010	KEINE	

DE 102008040971 A1	18-02-2010	KEINE	

EP 0315934 A1	17-05-1989	EP 0315934 A1	17-05-1989
		ES 2048187 T3	16-03-1994
		JP 1280682 A	10-11-1989

DE 102006025834 A1	06-12-2007	DE 102006025834 A1	06-12-2007
		EP 2024634 A1	18-02-2009
		JP 2009539010 A	12-11-2009
		KR 20090015093 A	11-02-2009
		US 2009316328 A1	24-12-2009
		WO 2007140922 A1	13-12-2007

DE 102008007393 A1	06-08-2009	DE 102008007393 A1	06-08-2009
		WO 2009097920 A1	13-08-2009
