

(19)



(11)

EP 2 012 003 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
17.08.2011 Patentblatt 2011/33

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

(21) Anmeldenummer: **08011197.4**

(22) Anmeldetag: **19.06.2008**

(54) Verfahren zum Aufheizen einer keramischen Glühkerze und Glühkerzensteuergerät

Method for heating a ceramic glow plug and glow plug control device

Procédé destiné à chauffer une bougie de préchauffage en céramique et appareil de commande de bougies de préchauffage

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

- **Stöckle, Jörg**
71642 Ludwigsburg (DE)
- **Toedter, Olaf, Dr.**
75045 Walzbachtal (DE)
- **Ruan, Ganghua**
70569 Stuttgart (DE)
- **Rottner, Marc**
75428 Illingen (DE)

(30) Priorität: **06.07.2007 DE 102007031943**
13.08.2007 DE 102007038131

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

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

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

(72) Erfinder:
• **Kernwein, Markus**
75015 Bretten-Büchig (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 447 560 EP-A2- 1 162 368
WO-A1-2007/033825 DE-A1- 19 718 750
DE-C1- 19 936 729

EP 2 012 003 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen einer keramischen Glühkerze und ein Glühkerzensteuergerät zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

[0002] Zum Starten eines Motors müssen Glühkerzen möglichst schnell auf eine Betriebstemperatur von typischerweise 1000°C bis 1300°C aufgeheizt werden. Kommt es beim Aufheizen zu einem Überschwingen über die Betriebstemperatur hinaus, so wird die Glühkerze dadurch belastet und im Extremfall sogar beschädigt. Um Überschwinger zu vermeiden ist es deshalb bekannt, die an die Glühkerze angelegte elektrische Spannung während der Aufheizphase schrittweise zu reduzieren (MTZ 61, 2000, 10).

[0003] Trotz eines viel versprechenden Potentials haben keramische Glühkerzen bisher nicht die erhofften hohen Lebensdauern erreicht.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Weg aufzuzeigen, wie keramische Glühkerzen möglichst schnell auf ihre Betriebstemperatur aufgeheizt werden können und dabei möglichst wenig belastet werden, so dass deren Lebensdauer durch das Aufheizen möglichst wenig beeinträchtigt wird.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst. Die Aufgabe wird ferner durch ein Glühkerzensteuergerät gemäß Anspruch 14 gelöst, das derart eingerichtet ist, dass es im Betrieb zum Aufheizen einer Glühkerze ein derartiges Verfahren durchführt.

[0006] Bei bekannten Aufheizverfahren wird zum Vermeiden eines Überschießens der Temperatur der Glühkerze die angelegte Spannung im Laufe des Aufheizvorganges schrittweise abgesenkt, so dass die elektrische Spannung während des Aufheizvorganges im zeitlichen Mittel abnimmt. Überraschender Weise lässt sich die Lebensdauer keramischer Glühkerzen, insbesondere außen heizender Glühkerzen, erhöhen, indem genau das Gegenteil getan wird. Erfindungsgemäß steigt nämlich die elektrische Spannung zu Beginn des Aufheizvorganges im zeitlichen Mittel überproportional zur verstrichenen Aufheizzeit an.

[0007] Die elektrische Spannung kann zu Beginn des Aufheizvorganges beispielsweise stetig erhöht werden. Vorzugsweise wird die Spannung stufenweise erhöht, wobei in einem solchen Fall die Höhe der Stufen mit zunehmender Zeit zunimmt und/oder die Breite der Stufen mit zunehmender Zeit abnimmt. Auf diese Weise ergibt sich während der Aufheizphase zum Starten eines Motors ein Verlauf der elektrischen Spannung, der im zeitlichen Mittel überproportional ansteigt.

[0008] Während im Stand der Technik zu Beginn des Aufheizvorganges zum Starten eines Motors typischerweise die volle Bordnetzspannung an die Glühkerze angelegt wird, wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt zunächst eine wesentlich geringere Startspannung von beispielsweise 6 Volt als Sockelwert an-

gelegt. Ausgehend von dem Sockelwert wird die elektrische Spannung dann bis zu einem Maximalwert erhöht, bei dem es sich um den Wert der Bordnetzspannung handeln kann. Der Sockelwert ist bevorzugt von Null verschieden und beträgt bevorzugt mindestens 4 Volt, insbesondere mindestens 5 Volt. Bevorzugt wird der Sockelwert zu Beginn des Verfahrens in einem einzigen Sprung von Null aus angesteuert und erreicht, beispielsweise durch einen Einschaltvorgang.

[0009] Der überraschend positive Effekt des erfindungsgemäßen Verfahrens auf die Lebensdauer keramischer Glühkerzen wird aus heutiger Sicht darauf zurückgeführt, dass sich in dem keramischen Leiter einer keramischen Glühkerze lokale Strompfade ausbilden, die bei Anlegen einer zu hohen Spannung vielleicht zu einer lokalen Überhitzung und damit zu einer Schädigung der Glühkerze führen. Im Laufe des Aufheizvorganges nimmt der elektrische Widerstand temperaturbedingt zu, so dass die elektrische Spannung ohne Schädigung des Materials ebenfalls erhöht werden kann, um ein möglichst schnelles Aufheizen auf die gewünschte Betriebstemperatur zu erreichen. Für die Lebensdauer der Glühkerze scheint dabei insbesondere der Beginn des Aufheizvorganges kritisch zu sein. Um ein möglichst schnelles Aufheizen zu erreichen, soll erfindungsgemäß die Spannung während der Aufheizphase bis zu einem Maximum progressiv ansteigen und nach Erreichen des Maximums, ggf. verzögert, auf einen niedrigeren Wert abgesenkt werden, der ausreicht, um die gewünschte Betriebstemperatur zu halten.

[0010] Wie bereits erwähnt, kann die Spannung zu Beginn des Aufheizvorganges stufenweise erhöht werden. Bevorzugt bleibt die elektrische Spannung dabei höchstens in einem Zeitintervall von 0,4 Sekunden, insbesondere höchstens von 0,2 Sekunden, besonders bevorzugt in einem Zeitintervall von höchstens 0,1 Sekunde, konstant, bevor sie in einem folgenden Zeitintervall erhöht wird.

[0011] Bevorzugt wird die elektrische Spannung in einem Verfahren der Pulsweitenmodulation für kurze Zeitscheiben angelegt, so dass sich ein Verlauf einer effektiven Spannung ergibt, der eine Stufenfunktion, ein Polygonzug oder beispielsweise parabelförmig sein kann und im zeitlichen Mittel überproportional zur verstrichenen Aufheizzeit ansteigt. Im zeitlichen Mittel über bevorzugt jeweils höchstens 0,3 Sekunden, vorzugsweise über 0,2 Sekunden, insbesondere über 0,1 Sekunde, sollte die elektrische Spannung aber überproportional zur verstrichenen Aufheizzeit ansteigen.

[0012] Bei einem Verfahren der Pulsweitenmodulation lässt sich ein kontinuierlicher Anstieg der effektiven elektrischen Spannung erreichen, indem die Dauer Δt_1 der Spannungspulse erhöht und/oder die Dauer der zwischen den Spannungspulsen liegenden Pausen Δt_2 reduziert wird, wobei die effektive elektrische Spannung U_{eff} zu einer Zeit t als die im zeitlichen Mittel während eines Zeitintervalls anliegende Spannung, das mindestens die Länge $\Delta t_1 + \Delta t_2$ hat und in dessen Mitte die Zeit

t liegt, berechnet wird. Die effektive elektrische Spannung wird also bestimmt, indem ein zeitlicher Mittelwert über ein gleitendes Zeitintervall berechnet wird.

[0013] Besonders gute Ergebnisse lassen sich dadurch erzielen, dass die effektive elektrische Spannung ausgehend von einer Startspannung möglichst kontinuierlich erhöht wird. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, dass der Verlauf der elektrischen Spannung ein Polygonzug ist. Je größer die Anzahl der Stützstellen ist, desto gleichmäßiger ist der Anstieg der Spannung. Bevorzugt hat der Polygonzug mindestens 5 Stützstellen, insbesondere mindestens 8 Stützstellen, besonders bevorzugt mindestens 12 Stützstellen. Vorteilhaft ist es insbesondere auch, wenn der Verlauf der elektrischen Spannung eine stetig differenzierbare Funktion approximiert und der Verlauf der elektrischen Spannung dabei eine streng monoton steigende Steigung zeigt. Bevorzugt ist dabei insbesondere ein parabelförmiger Anstieg der elektrischen Spannung.

[0014] Ein erfindungsgemäßes Glühkerzensteuerggerät ist derart eingerichtet, dass es im Betrieb zum Aufheizen einer Glühkerze das erfindungsgemäße Verfahren durchführt. Bevorzugt sind in einem Speicher des Glühkerzensteuerggeräts mindestens 5 Stützstellen einer Sollkurve des elektrischen Spannungsverlaufs während des Aufheizvorgangs gespeichert. Besonders bevorzugt sind mindestens 8 Stützstellen der Sollkurve gespeichert, welcher der elektrische Spannungsverlauf während des Aufheizvorgangs folgen soll.

[0015] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein Beispiel des sich durch Pulsweitenmodulation ergebenden Verlaufs der Effektivspannung U_{eff} einer keramischen Glühkerze beim Aufheizen;
- Figur 2 den in Fig. 1 gezeigten Verlauf der Effektivspannung zusammen mit den bei der Pulsweitenmodulation angelegten Spannungspulsen; und
- Figur 3 den Verlauf der Effektivspannung U_{eff} beim Aufheizen einer Glühkerze auf ihre Betriebstemperatur sowie zusätzlich den Verlauf der Effektivspannung U_{eff} nach Erreichen der Betriebstemperatur.

[0016] In Figur 1 ist die an eine keramische Glühkerze zum Aufheizen auf die Betriebstemperatur angelegte Effektivspannung U_{eff} in Volt über der Zeit t in Sekunden aufgetragen. Zu Beginn des Aufheizvorgangs zum Starten eines Motors wird eine Startspannung angelegt, die geringer als eine Bordnetzspannung ist, welche heute zumeist 12 Volt beträgt. Die Startspannung wird als Sockelwert, der größer als Null ist, gewählt und vorzugsweise in einem Sprung erreicht.

[0017] Auf diese Weise wird ein Verfahren zum Auf-

heizen einer keramischen Glühkerze auf ihre Betriebstemperatur zum Starten eines Motors realisiert. Bei dem Verfahren wird eine veränderliche elektrische Spannung an die Glühkerze angelegt, wobei die elektrische Spannung ausgehend von einem Sockelwert im zeitlichen Mittel überproportional zur verstrichenen Aufheizzeit ansteigt, bis ein Maximalwert erreicht ist.

[0018] Figur 1 zeigt dabei, dass die Effektivspannung U_{eff} von einem Sockelwert von 6 Volt parabelförmig auf einen Maximalwert von etwa 11 Volt ansteigt. Der Spannungsverlauf folgt dabei einer Sollkurve $U_{eff}(t) = 4,6 \text{ (Volt/sec)} \times t^2 + 2,6 \text{ (Volt/sec)} \times t + 6 \text{ Volt}$, worin U_{eff} die an der Glühkerze liegende effektive Spannung in Volt und t die Zeit in Sekunden ist.

[0019] Die angegebene Effektivspannung U_{eff} wird durch ein Verfahren der Pulsweitenmodulation von dem Glühkerzensteuerggerät an die Glühkerze angelegt.

[0020] Bei einem Verfahren der Pulsweitenmodulation wird die Bordnetzspannung, die in der Regel etwa 11 Volt bis 12 Volt beträgt, in Spannungspulsen für kurze Zeitintervalle an die Glühkerze angelegt. Die Dauer dieser Spannungspulse und die Dauer der dazwischen liegenden Zeitintervalle, in denen die Glühkerzen von der Bordnetzspannung abgekoppelt sind, legen die Effektivspannung fest. Die Effektivspannung lässt sich beispielsweise als die im zeitlichen Mittel anliegende Spannung berechnen, wobei das zeitliche Mittel über die Summe der Zeitdauer Δt_1 eines Spannungspulses und einer daran anschließenden Zeitspanne Δt_2 , in der die Glühkerze von der Bordnetzspannung getrennt ist, berechnet wird. Bei einer näherungsweise konstanten Bordnetzspannung U_B ist in einem Zeitintervall $\Delta t_1 + \Delta t_2$ die effektive Spannung

$$U_{eff} = (U_B \cdot \Delta t_1) : (\Delta t_1 + \Delta t_2)$$

[0021] In Figur 2 sind zusätzlich zu dem in Figur 1 gezeigten Verlauf der Effektivspannung die bei der Pulsweitenmodulation angelegten Spannungspulse dargestellt. Wie man in Figur 2 sieht, nimmt die Dauer der Spannungspulse mit zunehmender Zeit überproportional zu und die Dauer der zwischen den Spannungspulsen liegenden Pausen entsprechend ab.

[0022] Die Zeitdauer eines Spannungspulses und einer darauf folgenden Zeitspanne, in der die Glühkerze von der Bordnetzspannung abgekoppelt ist, betragen bei dem dargestellten Beispiel zusammen 0,1 Sekunde. Der Zeitpunkt des Beginns eines Spannungspulses ist in Figur 2 durch eine gestrichelte Linie am oberen Bildrand hervorgehoben. Zusätzlich ist durch waagerechte Striche der Wert der im zeitlichen Mittel nach 0,5 s; 1,5 s; 2,5 s; 3,5 s; 4,5 s und 5,5 s anliegenden Spannung, also der Wert der Effektivspannung zu diesem Zeitpunkt, dargestellt.

[0023] Mit dem vorstehend beschriebenen Spannungsverlauf lässt sich ein schnelles und schonendes

Aufheizen einer keramischen Glühkerze zum Starten eines Motors erreichen. Kurze Zeit nachdem an der Glühkerze die Maximalspannung, also die Bordnetzspannung von etwa 11 V, anliegt, wird die Betriebstemperatur erreicht. Anschließend kann die Spannung auf einen niedrigeren Wert abgesenkt werden, der zum Halten der Betriebstemperatur ausreicht. Dieses Absenken kann in Stufen oder kontinuierlich erfolgen.

[0024] In Figur 3 ist der im Anschluss an ein erfindungsgemäßes Verfahren erfolgende weitere Spannungsverlauf beispielhaft dargestellt. Die linke Hälfte von Figur 3 zeigt den auch in Figur 1 gezeigten Verlauf der Effektivspannung. Die rechte Hälfte von Figur 3 zeigt, wie die Spannung nach Erreichen eines Maximalwertes stufenweise auf einen Wert abgesenkt wird, der zum Halten der Betriebstemperatur ausreicht. Die Zeitskala in der Rechten Hälfte von Figur 3 ist dabei größer als in der linken Hälfte gewählt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufheizen einer keramischen Glühkerze durch Anlegen einer veränderlichen elektrischen Spannung an die Glühkerze, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung ausgehend von einem Sockelwert im zeitlichen Mittel überproportional zur verstrichenen Aufheizzeit ansteigt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung eine durch ein Verfahren der Pulsweitenmodulation gebildete Effektivspannung ist.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung während des Aufheizvorgangs höchstens für ein Zeitintervall von 0,4 Sekunden konstant bleibt.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung ausgehend von dem Sockelwert stufenlos ansteigt.
5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung parabelförmig ansteigt.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlauf der elektrischen Spannung eine streng monoton steigende Steigung zeigt.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verlauf der elektrischen Spannung ein Polygonzug ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Polygonzug mindestens fünf Stützstellen aufweist.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung ausgehend von dem Sockelwert in Stufen erhöht wird, wobei die Höhe der Stufen mit zunehmender Zeit zunimmt und/oder die Breite der Stufen mit zunehmender Zeit abnimmt.
10. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung bis zu einem Maximum ansteigt und nach Erreichen des Maximums, ggf. verzögert, auf einen niedrigeren Wert abgesenkt wird.
11. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrische Spannung im zeitlichen Mittel über jeweils 0,3 Sekunden überproportional zur verstrichenen Aufheizzeit ansteigt.
12. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sockelwert mindestens 4 Volt beträgt.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sockelwert zu Beginn des Verfahrens in einem einzigen Sprung von Null auf den Sockelwert angesteuert wird.
14. Glühkerzensteuergerät, **dadurch gekennzeichnet, dass** es derart eingerichtet ist, dass es im Betrieb zum Aufheizen einer Glühkerze ein Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche durchführt.
15. Glühkerzensteuergerät nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Speicher des Glühkerzensteuergeräts mindestens fünf Stützstellen einer Sollkurve des elektrischen Spannungsverlaufs während des Aufheizvorgangs gespeichert sind, vorzugsweise mindestens acht Stützstellen, insbesondere mindestens 12 Stützstellen.

Claims

1. Method for heating-up of a ceramic glow plug by applying a variable electric voltage to the glow plug, **characterized in that** a running mean of the electric voltage increases, starting from a base value, superproportional to the elapsed heating-up time.
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the voltage is an effective voltage provided by a pulse width modulation process.

3. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** during the heating-up process the electric voltage remains constant during a time period of at the most 0.4 seconds. 5
4. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the electric voltage increases continuously from the base value. 10
5. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the electric voltage increases in a parabolic manner. 15
6. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the course of the electric voltage has a time derivative which exhibits a strictly monotonic increase. 20
7. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the course of the electric voltage is a polygonal line. 25
8. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the polygonal line has at least five nodes. 30
9. Method according to any of claims 2 to 3, **characterized in that** starting from the base value the electric voltage is increased in steps, whereby the height of the steps increases with increasing time and/or the width of the steps decreases with increasing time. 35
10. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the electric voltage increases to a maximum and after reaching the maximum is decreased to a lower value, possibly after delay. 40
11. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the running mean of the electric voltage over a each 0.3 seconds increases in a superproportional manner to the elapsed heating-up time. 45
12. Method according to any of the preceding claims, **characterized in that** the base value is at least 4 volts. 50
13. Method according to claim 12, **characterized in that** at the onset of the method the base value is set in a single jump from zero to the base value. 55
14. A glow plug control unit, **characterized in that** it is configured in such a manner that for heating-up of a glow plug it carries out a method according to any of the preceding claims.
15. A glow plug control unit according to claim 14, **char-**

acterized in that in a memory of the glow plug control unit are stored at least 5 intermediate points of a reference curve of the electric voltage course during the heating-up process.

Revendications

1. Procédé de chauffage d'une bougie à incandescence céramique par application d'une tension électrique variable à la bougie à incandescence, **caractérisé en ce que** la tension électrique progresse en moyenne temporelle de manière proportionnellement supérieure au temps de chauffage écoulé en partant d'une valeur de référence. 15
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la tension électrique est une tension efficace obtenue par un procédé de modulation de largeur d'impulsions. 20
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension électrique reste constante au maximum pendant un intervalle de temps de 0,4 secondes au cours du cycle de chauffage. 25
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension électrique progresse en continu en partant de la valeur de référence. 30
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension électrique progresse en forme de parabole. 35
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la courbe de tension électrique suit une progression ascendante fortement monotone. 40
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la courbe de tension électrique est un tracé polygonal. 45
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le tracé polygonal présente au moins cinq points d'appui. 50
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la tension électrique progresse par degrés en partant de la valeur de référence, dans lequel la hauteur des degrés augmente avec le temps et/ou la largeur des degrés baisse avec le temps. 55
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension électrique pro-

gresse jusqu'à une valeur maximale et après obtention de la valeur maximale, le cas échéant après temporisation, est ramenée à une valeur inférieure.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tension électrique en moyenne temporelle progresse toutes les 0,3 secondes de manière proportionnellement supérieure jusqu'au terme du temps de chauffage. 5
10
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur de référence est au moins de 4 volts.
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la valeur de référence au début du procédé est portée de zéro à la valeur de référence en un seul bond. 15
14. Bougie à incandescence **caractérisée en ce qu'**elle est réglée de manière à effectuer un procédé selon l'une des revendications précédentes en mode chauffage de bougie à incandescence. 20
15. Bougie à incandescence selon la revendication 14, **caractérisée en ce qu'**au moins cinq points d'appui d'une courbe de consigne de la courbe de tension électrique sont stockées dans une mémoire de l'appareil de commande de bougie à incandescence pendant le cycle de chauffage, de préférence au moins huit points d'appui, en particulier au moins 12 points d'appui. 25
30

35

40

45

50

55

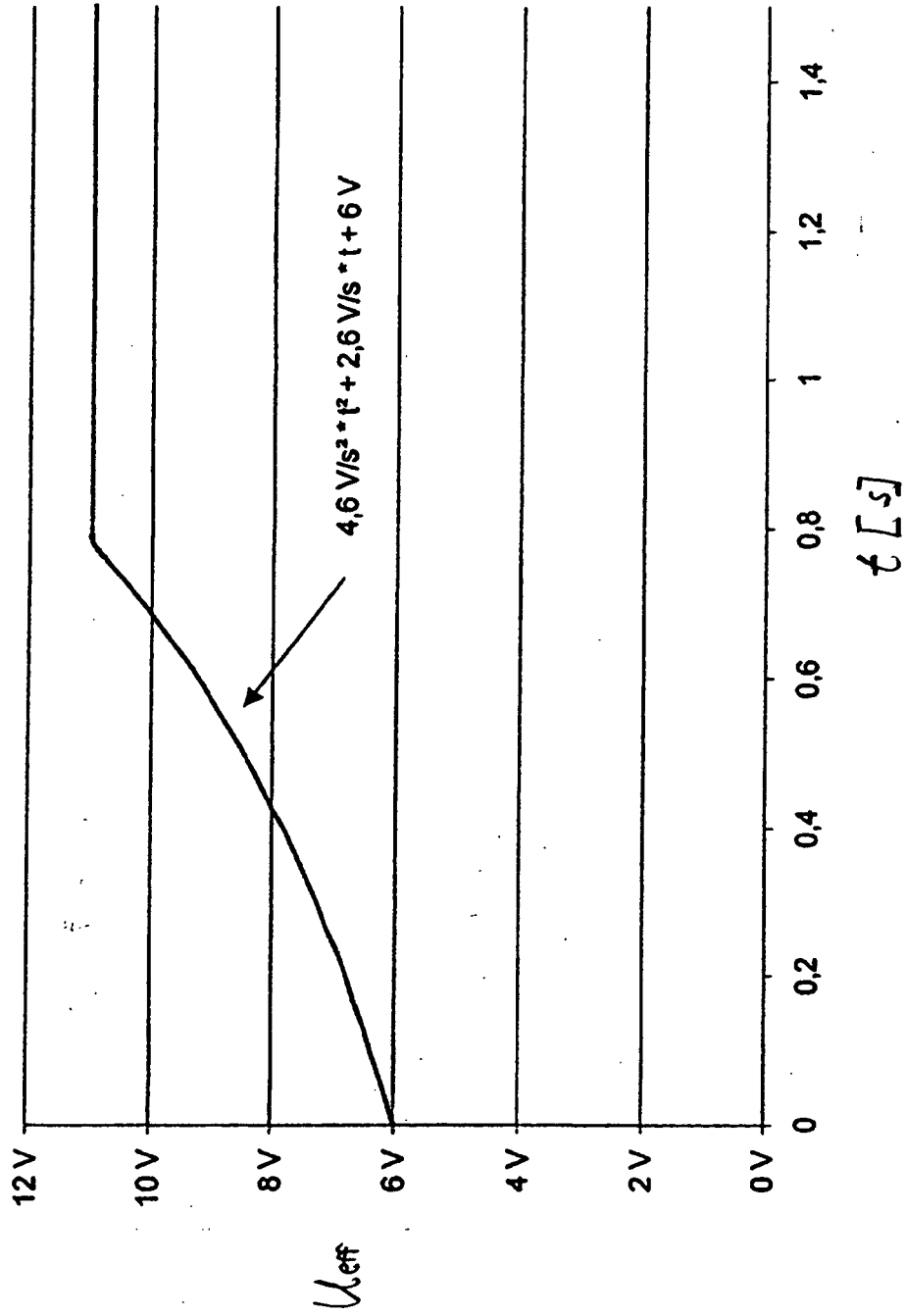


Fig. 1

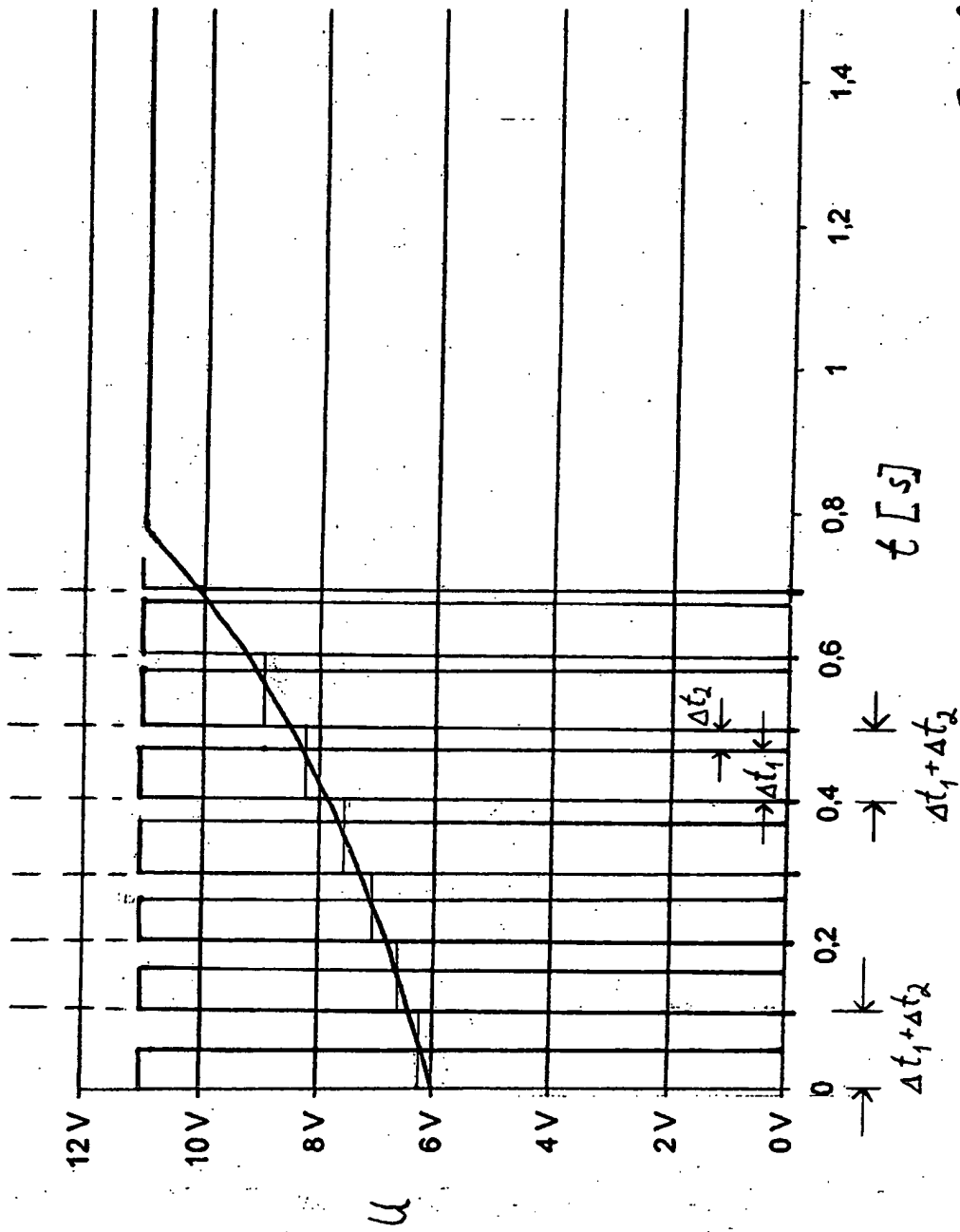


Fig. 2

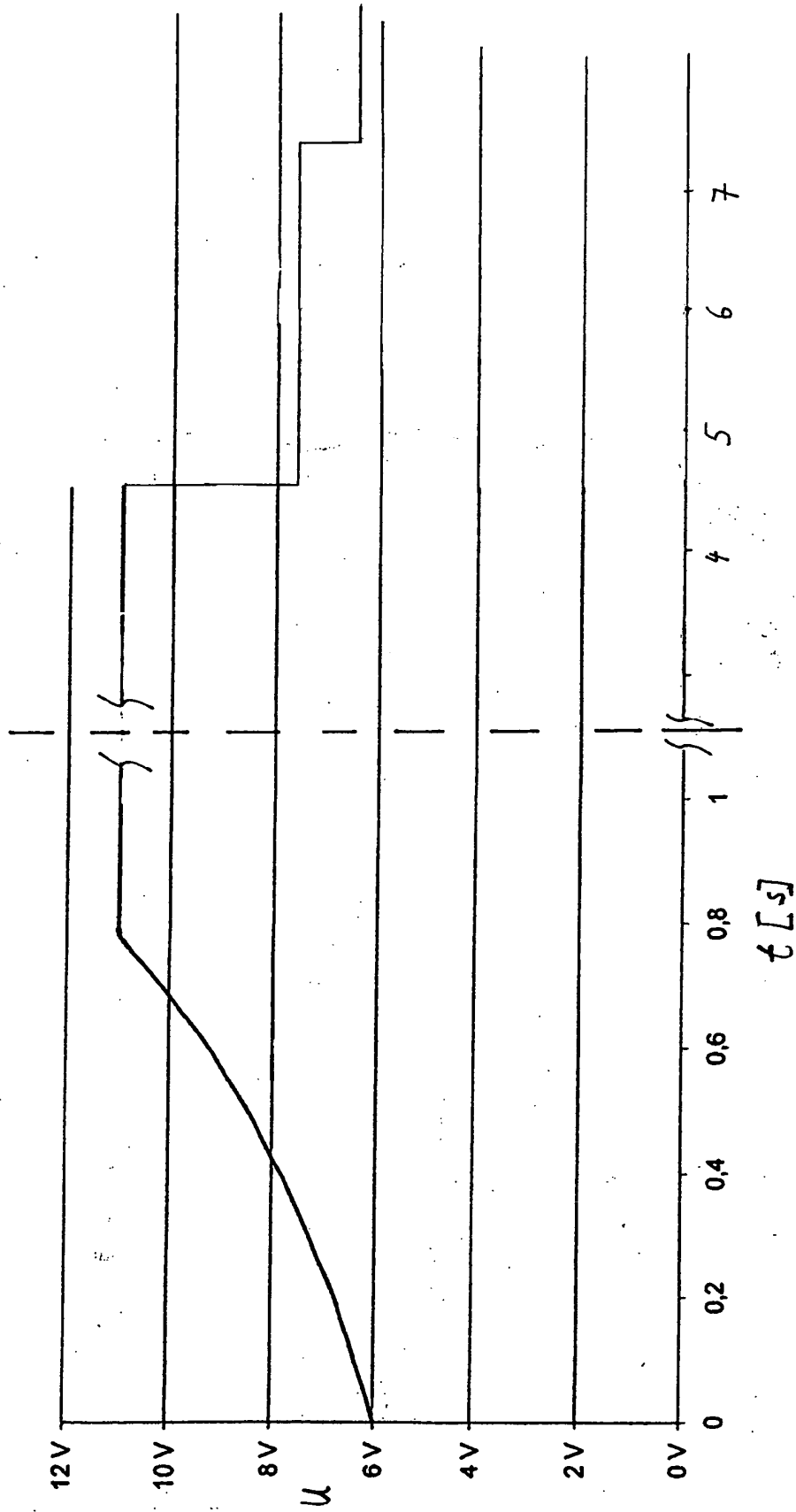


Fig. 3