

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 105 642 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:

**11.12.2002 Patentblatt 2002/50**

(51) Int Cl.7: **F02N 11/08**

(86) Internationale Anmeldenummer:

**PCT/DE98/01815**

(21) Anmeldenummer: **98942474.2**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

**WO 00/001943 (13.01.2000 Gazette 2000/02)**

(22) Anmeldetag: **01.07.1998**

(54) **VERFAHREN ZUR STARTABSCHALTUNG EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR THE STARTER CUT-OUT OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCEDE POUR ARRETER LE DEMARRAGE D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**ES FR GB IT SE**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**13.06.2001 Patentblatt 2001/24**

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**

**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:

• **KÖLLE, Gerhard**

**D-75446 Wiernsheim (DE)**

• **ACKERMANN, Manfred**

**D-71570 Oppenweiler (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**DE-A- 19 503 537**

**DE-A- 19 647 286**

**DE-A- 19 722 916**

**US-A- 4 994 683**

**EP 1 105 642 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Startabschaltung einer Brennkraftmaschine mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Stand der Technik

**[0002]** Es ist bekannt, daß Brennkraftmaschinen mittels einer Startvorrichtung gestartet werden müssen, da diese nicht von alleine anlaufen. Hierzu werden üblicherweise Startermotoren eingesetzt, die über ein als sogenanntes Einrückrelais ausgebildetes Starterrelais mit einer Spannungsquelle verbunden werden, und gleichzeitig ein Ritzel des Startermotors mit einem Zahnkranz eines Schwungrades der Brennkraftmaschine zum Andrehen in Eingriff gebracht wird. Zum Einschalten des Starterrelais ist es bekannt, dieses über einen externen Schalter, beispielsweise einem Zündschalter oder Startschalter des Kraftfahrzeuges anzusteuern. Nach Erreichen des Selbstlaufes der Brennkraftmaschine muß der Startermotor ausgespurt werden, um einer Geräuscentwicklung und einem Verschleiß vorzubeugen. Bekannt ist eine manuelle Startabschaltung, durch Loslassen des Zünd- beziehungsweise Startschalters. Um eine Komforterhöhung in Kraftfahrzeugen zu erreichen, sind Lösungen bekannt, eine automatische Startabschaltung der Brennkraftmaschine durchzuführen. So ist beispielsweise in der DE 195 03 537 A1 vorgeschlagen, eine elektronische Erkennung des Selbstlaufes der Brennkraftmaschine durch Erfassung der Welligkeit einer Batteriespannung und/oder eines Starterstroms zu realisieren. Es erfolgt ein Vergleich des Absolutwertes der Batteriespannung oder des Starterstromes mit einem Referenzwert um den Selbstlauf der Brennkraftmaschine zu detektieren. Hierbei ist nachteilig, daß Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine nur ungenügend berücksichtigbar sind, so daß, beispielsweise ein Kaltstart und ein Warmstart der Brennkraftmaschine nicht berücksichtigbar sind.

Vorteile der Erfindung

**[0003]** Das erfindungsgemäße Verfahren mit dem im Anspruch 1 genannten Merkmalen bietet den Vorteil, daß zur Bestimmung des Zeitpunktes der Startabschaltung Informationen über den Betriebszustand der Brennkraftmaschine indirekt berücksichtigt werden. Dadurch, daß ein dem Starterstrom proportionales Signal zur Bestimmung des Zeitpunktes der Startabschaltung ausgewertet wird, wobei eine Kennlinie mit einem dem Starterstrom proportionalen Signal ausgewertet wird, welches von einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine abhängig ist, ist eine optimierte Startabschaltung unmittelbar nach Selbstlauf der Brennkraftmaschine möglich, so daß eine Startzeitverkürzung, insbesondere bei betriebswarmer Brennkraftmaschine erreicht wird. Das Verfahren ist in einfacher Weise für alle Brennkraftmaschinen einsetzbar, wobei lediglich eine Anpassung der Kennlinien der von dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine bestimmten Parameter notwendig ist.

**[0004]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß als dem Starterstrom proportionales Signal eine Batteriespannung einer den Startermotor versorgenden Kraftfahrzeugbatterie ausgewertet wird. Hierdurch wird es möglich, ohne eine Drehzahlinformation einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine den Zeitpunkt der Startabschaltung zu optimieren.

**[0005]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Zeichnungen

**[0006]** Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 den Verlauf eines Starterstroms;

Figur 2 Korrelationen zwischen dem Starterstrom und einer Kurbelwellendrehzahl einer Brennkraftmaschine und

Figur 3 den Batteriespannungsverlauf während einer Startphase.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0007]** In Figur 1 ist der typische Verlauf eines Starterstromes  $I_S$  eines Startermotors einer Brennkraftmaschine über der Zeit  $t$  gezeigt. Mit Einschalten des Startermotors steigt der Starterstrom  $I_S$  auf einen ersten Maximalwert  $I_1$  zum Zeitpunkt  $t_1$ . Anschließend geht der Starterstrom  $I_S$  in einen Welligkeitsbereich über, ehe er nach Selbstlauf der Brennkraftmaschine in einen Strom  $I_0$  übergeht. Die Welligkeit des Starterstromes  $I_S$  ergibt sich bekannterweise aus den

während der Startphase wechselnden Kompressions- und Dekompressionsphasen der Brennkraftmaschine. Beginnend ab einem Zeitpunkt  $t_0$ , der einen definierten Abstand vom Zeitpunkt  $t_1$ , beispielsweise 150 ms beträgt, werden die Phasen mit positiver beziehungsweise negativer Steigung des Starterstromes  $I_S$  erfaßt. Im gezeigten Beispiel werden die Phasen negativer Steigung des Starterstromes durch die Zeitspannen  $t_2$  bis  $t_3$ ,  $t_4$  bis  $t_5$  und so weiter erfaßt, während die Phasen positiver Steigung von den Zeitspannen  $t_3$  bis  $t_4$  und  $t_5$  bis  $t_6$  und so weiter erfaßt sind. Jedem Starterstrommaximum  $I_2$ ,  $I_4$  beziehungsweise  $I_6$  ist ein Spannungsminimum zu den Zeitpunkten  $t_2$ ,  $t_4$  und  $t_6$  zugeordnet.

**[0008]** Zum Ermitteln des Zeitpunktes der Startabschaltung wird beginnend ab jedem Maximum des Starterstromes  $I_2$ ,  $I_4$  und  $I_6$  die Zeitdauer des Starterstromes mit negativem Gradient ermittelt und mit einer fest abgelegten Zeitkennlinie verglichen. Die fest abgelegte Zeitkennlinie bestimmt sich aus einer Funktion  $t_{\text{Abschalt}} = f(I_1)$ . Anhand des ersten Strommaximums  $I_1$  des Starterstromes  $I_S$  kann auf einen Betriebszustand der Brennkraftmaschine geschlossen werden. So ist bekannt, daß bei unterschiedlichen Betriebstemperaturen der Brennkraftmaschine das erste Maximum  $I_1$  einen entsprechenden, den Betriebstemperaturen zuordbaren Wert aufweist.

**[0009]** Diese Information wird anhand der in Figur 2 gezeigten Korrelation zwischen einer Kurbelwellendrehzahl der Brennkraftmaschine zum Starterstrom  $I_S$  weiter ausgewertet. Die Kennlinien der Figur 2 stellen die Korrelation einer Kurbelwellendrehzahl  $n$  zu dem Starterstrom  $I_S$  dar. Hierbei wird von einer geschlossenen Freilauf-Kupplung und einem quasi-stationären Betrieb des Startermotors und der Brennkraftmaschine ausgegangen. Es sind insgesamt drei Kennlinien für drei unterschiedliche Betriebstemperaturen, nämlich bei  $-20^\circ\text{C}$ ,  $+20^\circ\text{C}$  und  $+80^\circ\text{C}$  aufgetragen. Mit 10 ist ein Bereich gekennzeichnet, der den Endbereich einer Hochlaufunterstützung des Starters bei einer kalten Brennkraftmaschine definiert. Eine Kennlinie 12 definiert eine Mindest-Kurbelwellendrehzahl  $n$  für einen Selbstlauf bei einer warmen Brennkraftmaschine. Die sich ergebenden Kennlinien der Kurbelwellendrehzahl  $n$  über dem Starterstrom  $I_S$  sind in linearisierte Kennlinien überführt. Eine "Warm"-Kennlinie ist mit 14 und eine hierzu parallel verlaufende "Kalt"-Kennlinie ist mit 16 bezeichnet. Eine gute Korrelation zwischen dem Starterstrom  $I_S$  und der Drehzahl  $n$  ergibt sich für Temperaturen  $> \text{ca. } 10^\circ\text{C}$  und für einen Drehzahlbereich  $n$  bis ca. 300 l/min. Für eine betriebswarme Brennkraftmaschine kann hieraus ein Abschaltkriterium ermittelt werden, wenn keine Zünd- oder Verbrennungsaussetzer auftreten. Für Temperaturen  $< 0^\circ\text{C}$  ergibt sich kein Schnittpunkt zwischen der mindesterforderlichen Drehzahl  $n$  und dem Starterstrom  $I_S$ .

**[0010]** Durch Auswertung der sich gemäß Figur 1 ergebenden Strom-Zeit-Werte für den Starterstrom  $I_S$  mit der Drehzahl-Strom-Beziehung gemäß Figur 2 wird eine Zeitkennlinie zur Startabschaltung der Brennkraftmaschine gebildet. Hierbei können unterschiedliche Zeitkennlinien für unterschiedliche Betriebszustände der Brennkraftmaschine, beispielsweise in Abhängigkeit einer Betriebstemperatur, abgelegt und verarbeitet werden. Durch Definition einer Ausgangstemperatur  $T_{\text{Krit}}$  von beispielsweise  $10^\circ\text{C}$  kann zwischen Kennlinien von  $> T_{\text{Krit}}$  und  $< T_{\text{Krit}}$  unterschieden werden. Das Umschalten dieser Kennlinien erfolgt beispielsweise durch Auswertung der Strommaxima  $I_1$ ,  $I_2$  des Starterstromes  $I_S$ , da diese die Informationen liefern, ob es sich um eine kalte oder betriebswarme Brennkraftmaschine handelt. Insbesondere über die Amplitude der Maxima  $I_1$  und  $I_2$ , den Zeitabstand der Amplituden  $t_2-t_1$  sowie die Differenz  $I_2-I_1$  kann ein Kriterium zur Erkennung einer warmen beziehungsweise einer kalten Brennkraftmaschine sein.

**[0011]** Zur Vereinfachung kann vorgesehen sein, daß der Zeitpunkt zur Startabschaltung anhand einer gemeinsamen Kennlinie ermittelt wird, wobei beispielsweise eine gemeinsame Kennlinie für eine warme und eine kalte Brennkraftmaschine verwendet wird.

**[0012]** Für eine Startabschaltung nach sicherem Selbstlauf der Brennkraftmaschine muß die Abschaltung über die Zeitdauer der offenen Freilauf-Kupplung erfolgen. Die offene Freilauf-Kupplung kann über den Verlauf des Starterstromes  $I_S$  detektiert werden. Die Beobachtungszeit bis zu der bei einer offenen Freilauf-Kupplung mindestens gewartet werden muß, bevor die Startabschaltung erfolgen darf, entspricht der Zeit für 0,8 bis 1 halbe Umdrehung der Kurbelwelle bei unveränderter Durchdrehzahl  $n$  ohne Verbrennungsmomente, entsprechend des Zündabstandes bei einer 4-Zylinder-Brennkraftmaschine. Der Faktor 0,8 ergibt sich, da bei warmer Brennkraftmaschine und Vorgelegestartermotor die Kraftschlußphase, bei geschlossener Freilauf-Kupplung circa 20 % der Taktzeit der Brennkraftmaschine nicht unterschreitet.

**[0013]** Eine Drehzahlermittlung der Drehzahl  $n$  kann über die jeweils einer Öffnungsphase der Freilauf-Kupplung vorausgehenden Geschlossenphase der Freilauf-Kupplung nach der Korrelation zwischen dem Starterstrom  $I_S$  und der Kurbelwellendrehzahl  $n$  (Warmkennlinien) erfolgen. Bei Temperaturen von deutlich unter  $+20^\circ\text{C}$  und/oder teilentladener Kraftfahrzeugbatterie ergibt sich bei gleichem Starterstrom  $I_S$  ein entsprechend kleinerer zugeordneter Drehzahlwert  $n$ . Dies kompensiert sich bei niederen Brennkraftmaschinen-Temperaturen dadurch, daß dort die relative Kraftschlußphase bei  $0^\circ\text{C}$  auf typisch 50% oder bei  $-20^\circ\text{C}$  auf typisch 70% ansteigt. Bleibt man auch dort beim Faktor 0,8, so wird eine Öffnungsphase der Freilauf-Kupplung bei negativen Temperaturen ebenfalls sicher überbrückt. Spätestens aus der zweiten Kompressionsphase bei Kalttemperaturen ist über das hohe Stromniveau des Starterstromes  $I_S$  und eine geringe Absenkung zwischen den Strommaximas  $I_1$  und  $I_2$  eindeutig eine kalte Brennkraftmaschine detektierbar, so daß auf eine höhere Wartezeit, also eine entsprechend andere Zeitkennlinie, umgeschaltet werden kann. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, daß bei der Startabschaltung der Brennkraftmaschine Verbrennungsaussetzer (bis zu einem bestimmten Grade) nicht zum Stillstand der Brennkraftmaschine führen. Gegebenenfalls kann zur Überbrück-

## EP 1 105 642 B1

kung von mindestens einem vollständigen Verbrennungsaussetzer bei der Zeitkennlinie eine höhere Verzögerungszeit bei offener Freilauf-Kupplung eingestellt werden.

**[0014]** Insgesamt wird der Starterstrom  $I_S$  ausgewertet, indem nach Verbinden des Startermotors mit der Spannungsquelle (Kraftfahrzeugbatterie) eine Vorphase bis zum Zeitpunkt  $t_0$  ausgeblendet wird. Anschließend werden die Gradienten des Starterstromes  $I_S$  ständig ausgewertet, indem die Strommaxima  $I_2, I_4, I_6...$  am Ende je einer Phase mit positiver Steigung gebildet werden. Diese Werte bilden über die Zeitkennlinien ab negativer Steigung des Starterstromes  $I_S$  eine Verzögerungszeit bis zu der die negative Steigung des Starterstromes  $I_S$  unverändert anhalten muß, um eine Stromabschaltung auszulösen. Hierbei gilt die Funktion  $T_{\text{Abschalt}} = f_1(I_1)$ , zur Ermittlung der Warmbeziehungsweise Kaltkennlinien. Nach der zweiten vollständigen Kompressionsphase wird über zwei Strommaxima,  $I_2-I_4, I_4-I_6...$  am Ende je einer Phase mit positivem Stromgradienten entschieden, ob die Temperatur der Brennkraftmaschine  $>0^\circ\text{C}$  oder  $<0^\circ\text{C}$  beträgt. Bei niedriger Temperatur erfolgt eine Umschaltung der Zeitkennlinie auf  $T_{\text{Abschalt}} = f_2(I_1)$ . Hierdurch kann erreicht werden, daß bei kalter Brennkraftmaschine (große Werte des Starterstromes  $I_S$ ) keine Startabschaltung erfolgt. Gleichzeitig wird die Verzögerungszeit bei kleinerem Starterstrom  $I_S$  (höherer Temperatur der Brennkraftmaschine) automatisch über die abgelegte Kennlinie verkleinert, damit ein zu hoher Drehzahlwert  $n$  bei höherer Temperatur der Brennkraftmaschine zum Abschaltzeitpunkt vermieden.

**[0015]** Die in Figur 2 dargestellten Kennlinien 14 und 16 lassen sich wie folgt ermitteln.

Beispielhafte Berechnungen der applikationsabhängigen Verzögerungszeit:

**[0016]** Die vereinfachte (linearisierte) 'Warmkennlinie' nach Figur 2 lautet:

$$Nkw_{\text{warm}} = Nkw_l * (1 - I_1 / I_{wk})$$

$$Nkw_l = 300 \text{ l/min}$$

$$I_{wk} = 1000 \text{ A}$$

**[0017]** Für die 'Kaltkennlinie' gilt vereinfacht eine parallel verschobene Gerade:

$$Nkw_{\text{kalt}} = Nkw_{\text{warm}} - 50 \text{ l/min}$$

**[0018]** Für die Verzögerungszeit (tfenster) in Abhängigkeit der Kurbelwellendrehzahl gilt:

$$t_{\text{fenster}} = 120 * \text{Faktor} / (Nkw * Nzz)$$

$$Nzz = 4; \text{ Zylinderzahl Faktor} = 0,8; \text{ s. oben } t_{\text{fenster}} = 24 / Nkw$$

**[0019]** Die nach diesen (linearisierten) Formeln ermittelten Drehzahlen und Wartezeiten für die warme und kalte Brennkraftmaschine sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

$I_1/\text{A}$	$Nkw_{\text{warm}} \text{ l/min}$	$Nkw_{\text{kalt}} \text{ l/min}$	$T_{\text{fenwarm}} / \text{ms}$	$T_{\text{fenkalt}} / \text{ms}$
100	270	220	89	109
200	240	190	100	126
300	210	160	114	150
400	180	130	133	185
500	150	100	160	240
600	120	70	200	343
700	90	40	267	600
800	60	10	400	2400

Wobei

$I_1 [\text{A}]$  das Strommaximum bei Beginn einer fallenden Stromkurve,

Nkwwarm [l/min] die geschätzte Warmdrehzahl,

Nkwkalt [l/min] die geschätzte Kaltdrehzahl,

5 Tfenwarm [ms] die Mindestverzögerungszeit bei warmer Brennkraftmaschine und

Tfenkalt [ms] die Mindestverzögerungszeit bei kalter Brennkraftmaschine ist.

10 **[0020]** Anhand von Figur 3 wird ein weiteres Verfahren zur Startabschaltung einer Brennkraftmaschine erläutert, bei dem anstelle des Starterstromes  $I_S$  die Kraftfahrzeugbatteriespannung  $U$  als starterstromproportionales Signal verwendet wird. Der Verlauf der Spannung  $U$  (Batteriespannung) verhält sich beim Startvorgang der Brennkraftmaschine spiegelbildlich zum Starterstrom  $I_S$ . Die Spannung  $U$  weist eine Welligkeit auf, die der Welligkeit des Starterstromes  $I_S$  entgegengesetzt ist, das heißt, bei Abschnitten mit steigendem Starterstrom  $I_S$  ist die Spannung  $U$  fallend, und bei Abschnitten mit fallendem Starterstrom  $I_S$  ist die Spannung  $U$  steigend. Zur Verdeutlichung sind in Figur 3 die Zeitpunkte  $t_2$ ,  $t_4$  und  $t_6$  mit den Strömen  $I_2$ ,  $I_4$  und  $I_6$  eingetragen. Die Spannung  $U$  wird an einer Klemme des Startermotors abgegriffen, die mit dem Pluspol der Fahrzeugbatterie in Verbindung steht. Hierbei gilt die Beziehung:

$$U = U_{\text{Batt}} - I_S(R_{\text{Batt}} + R_{\text{L}})$$

20 **[0021]** Wobei  $U_{\text{Batt}}$  die Leerlaufspannung der Kraftfahrzeugbatterie ist,  $I_S$  der Starterstrom,  $R_{\text{Batt}}$  der Innenwiderstand der Kraftfahrzeugbatterie und  $R_{\text{L}}$  der Leitungswiderstand von der Anschlußklemme zur Kraftfahrzeugbatterie.  
**[0022]** Der Batterieinnenwiderstand  $R_{\text{Batt}}$  und die Leerlaufspannung  $U_{\text{Batt}}$  sind grundsätzlich von der verwendeten Kraftfahrzeugbatterie, von der Temperatur und vom Ladezustand abhängig. Der insgesamt nichtlineare Zusammenhang ergibt sich aus nachfolgender Tabelle, wobei die Leerlaufspannung  $U_{\text{Batt}}$  in Volt und der Batterieinnenwiderstand  $R_{\text{Batt}}$  in Milliohm angegeben sind:

Batterieladezustand Temperatur	0 %	80 %	50 %
+20°C	12,00/5,00	11,76/5,45	11,51/6,14
0°C	11,69/5,75	11,43/6,24	11,17/6,88
-10°C	11,54/6,46	11,27/6,90	11,00/7,60
-20°C	11,38/7,56	11,11/8,07	10,83/8,65

35 **[0023]** Für Temperaturen  $T > 20^\circ\text{C}$  gilt, daß der Batterieinnenwiderstand  $R_{\text{Batt}}$  noch etwas fallend und die Leerlaufspannung  $U_{\text{Batt}}$  noch etwas ansteigend verlaufen.

40 **[0024]** Der in Reihe zum Batterieinnenwiderstand  $R_{\text{Batt}}$  liegende Leitungswiderstand  $R_{\text{L}}$  hat einen Nennwiderstand von 1 mOhm, entsprechend der Leitungslänge vom Plusanschluß der Kraftfahrzeugbatterie bis zur Anschlußklemme des Startermotors. Dieser Wert ist abhängig vom Temperaturkoeffizienten des Leitungsmaterials, also in der Regel von Kupfer.

**[0025]** Insgesamt ergibt sich hierdurch, daß bei höheren Temperaturen  $T > +10^\circ\text{C}$  und normalen Batterieladezuständen sich ein Gesamtwiderstand von circa 6 bis 7 mOhm einstellt. Bei niederen Temperaturen und schlecht geladener Kraftfahrzeugbatterie erhöht sich der Gesamtwiderstand auf Werte von circa 7 bis 9 mOhm.

45 **[0026]** Um ein aufwendiges Momentanmessen des Batterieinnenwiderstandes  $R_{\text{Batt}}$  zu vermeiden, der sich bei kurzen Belastungsimpulsen nur sehr aufwendig durchführen läßt, da nur mit großen Meßströmen, von circa 100 A auch eine entsprechende Meßgenauigkeit erreicht wird, kann bei der Errechnung des Zeitpunktes der Startabschaltung der Brennkraftmaschine der Batterieinnenwiderstand  $R_{\text{Batt}}$  von 6 mOhm angenommen werden, da dieser Widerstandswert bei  $> 10^\circ\text{C}$  und normal geladener Batterie die Mehrzahl aller möglichen Betriebsfälle der Brennkraftmaschine abdeckt.

50 **[0027]** In jedem Fall ergibt sich durch diese Annahme ein sicheres Abschaltkriterium, da bei niedrigen Temperaturen automatisch ein größerer Strom  $I_S$  geschätzt wird, und damit ein vergrößertes Zeitfenster bis zur Startabschaltung aktiviert wird.

55 **[0028]** Um bei der Auswertung der Spannung  $U$  als dem Starterstrom proportionales Signal die Leerlaufspannung und weitere elektrische Verbraucher zu eliminieren, erfolgt eine erste Messung der Spannung  $U$  nach einer Initialisierungsphase  $t_{\text{in}}$  vor Beginn einer Relaiseinzugsphase eines dem Startermotor zugeordneten Einrückrelais. Hieraus folgt:

$$U_0 = U_{\text{Batt}} - I_{\text{Verb}} (R_{\text{Batt}} + R_{\text{L}})$$

wobei  $U_{\text{Batt}}$  die Leerlaufspannung und  $I_{\text{Verb}}$  ein zum Startzeitpunkt angeschlossener Strom anderer elektrischer Verbraucher ist. Die Spannung  $U_0$  beinhaltet also die Batterieerleerlaufspannung abzüglich dem Spannungsabfall durch die zu diesem Zeitpunkt angeschlossenen elektrischen Verbraucher. Es ergibt sich ein notwendiges Spannungsfenster von 10 V bis +13 V.

**[0029]** Die Hauptmessung der Spannung  $U$  erfolgt nach 150 ms nach Schließen des Hauptkontaktes des Startermotors also zum Zeitpunkt  $t_0$ . Hierbei ergibt sich:

$$U_1 = U_{\text{Batt}} - (I_{\text{Verb}} + I_{\text{S}}) \cdot (R_{\text{Batt}} + R_{\text{L}})$$

**[0030]** Durch Differenzbildung der zuletzt genannten Gleichung ergibt sich eine Spannungsdifferenz

$$d_U = I_{\text{S}} (R_{\text{Batt}} + R_{\text{L}}),$$

wobei für den Widerstandswert  $R_{\text{Batt}} + R_{\text{L}}$  pauschal ein Widerstand  $R_X = 6 \text{ mOhm}$  eingesetzt wird. Hierdurch ergibt sich

$$I_{\text{S}} = (U_0 - U_1) / 6 \text{ mOhm}.$$

**[0031]** Ein notwendiges Spannungsfenster beträgt somit 7 Volt bis +13 Volt. Um die Genauigkeit der Messung zu erhöhen, müssen die zum Startvorgang sich im Betrieb befindlichen elektrischen Nebenverbraucher systematisch erfaßt und über den gesamten Zeitbereich des Startvorganges aufgezeichnet werden. Entscheidend ist hierbei das Niveau und der Verlauf der jeweiligen Ströme, da unter Umständen auch eine Eliminierung der elektrischen Nebenverbraucher über ein geeignet dimensioniertes Filter erfolgt.

**[0032]** In der Figur 3 sind schraffierte Zeitbereiche dargestellt, die jeweils einem Zeitfenster in einer Phase steigender Spannung  $U$  entsprechen. Die Phase steigender Spannung  $U$  entspricht, gemäß Figur 1 der Phase eines fallenden Starterstromes  $I_{\text{S}}$ , so daß für den Starterstrom  $I_{\text{S}}$  entsprechendes gilt.

**[0033]** Durch Vergleich der sich ergebenden Zeitspannen mit der entsprechend des Betriebszustandes der Brennkraftmaschine zugeordneten Kennlinien, beispielsweise Warmkennlinie oder Kaltkennlinie, ergibt sich nach Überschreiten der Zeitspanne innerhalb einer steigenden Phase der Spannung  $U$  zum Zeitpunkt  $t_A$  die Startabschaltung der Brennkraftmaschine.

**[0034]** Eine Erhöhung der Genauigkeit der Bestimmung des Abschaltpunktes  $t_A$ , bei Auswertung der Spannung  $U$  als dem Starterstrom proportionales Signal läßt sich erreichen, indem kraftfahrzeugspezifische Einstellgrößen, insbesondere hinsichtlich der Kraftfahrzeugbatterie und der Verbindungsleitung zur Anschlußklemme des Startermotors eliminiert, und Temperatur- und Lebensdauereinflüsse möglichst wenig Einfluß auf die Bestimmung der Startabschaltung haben.

**[0035]** Hierzu wird die Spannung  $U$  an der Anschlußklemme des Startermotors zunächst zum Zeitpunkt des Maximalwertes des Starterstromes  $I_{\text{S}}$ , also des Stromes  $I_1$  zum Zeitpunkt  $t_1$  gemessen, bei dem die Spannung  $U$  ihr Minimum  $U_{\text{min}}$  hat. Zu diesem Zeitpunkt ist der induktive Spannungsanteil Null ( $L \cdot di/dt = 0$ ;  $di/dt = 0$ ) und der aus einer Drehzahl des Startermotors resultierende Spannungsanteil  $U_{\text{ista}}$  relativ klein und unabhängig von einer Temperatur des Startermotors. Dieser beträgt 0,3 bis 0,5 V im gesamten möglichen Temperaturbereich.

**[0036]** Unter Zugrundelegung dieser Randbedingungen lassen sich für  $U_{\text{min}}$  zwei Gleichungen aufstellen, über die sich der Starterstrom  $I_{\text{S}}$  zu diesem Zeitpunkt an der Anschlußklemme und der Widerstand, der sich aus dem Batterieinnenwiderstand  $R_{\text{Batt}}$  und dem Leitungswiderstand  $R_{\text{L}}$  ermitteln läßt. Es gilt:

$$I_{\text{stag}} = (U_{\text{min}} - V_{\text{xx}}) / R_{\text{a}} \text{ und}$$

$$R_{\text{ig}} = (U_{\text{Batt}} - U_{\text{min}}) / I_{\text{S}},$$

wobei  $I_{\text{stag}}$  der geschätzte Maximalstarterstrom,  $I_{\text{sta}}$  der simulierte Maximalstarterstrom,  $U_{\text{Batt}}$  die Kraftfahrzeugbatterie-Leerlaufspannung,  $U_{\text{min}}$  die Minimalspannung an der Anschlußklemme des Startermotors,  $U_{\text{xx}}$  die Bürstenspannung des Startermotors zuzüglich der induzierten Spannung des Startermotors und  $R_{\text{G}}$  der geschätzte Batterieinnen-

widerstand  $R_{iBatt}$  zuzüglich des Leitungswiderstandes  $R_L$  sowie  $R_a$  ein Kontaktwiderstand zuzüglich eines masseseitigen Leitungswiderstandes zuzüglich eines Wicklungswiderstandes des Startermotors und eines auf die Starterbürsten entfallenden Anteils ist.

**[0037]** Nachfolgend werden die anhand einer Simulation in einem angenommenen Temperaturbereich von  $-20^{\circ}\text{C}$  bis  $+80^{\circ}\text{C}$  ermittelten Ergebnisse wiedergegeben. Ein Abgleichpunkt liegt bei  $+20^{\circ}\text{C}$ . Die eingesetzten Parameter gelten für einen 1,8 kW Startermotor mit magnetischer Erregung.

Batteriezustand				
$U_{b0}$ [V]	12,0	12,0	11,5	11,1
Ladezustand [%]	100	100	80	80
$R_{iBatt}$ [mOhm]	4	5	6,3	8,1
Starter-Umgeb.temp. $T$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	80	20	0	-20
$U_{30\text{min}}$ [V]	6,4	5,7	5,0	4,4
$I_{sta}$ [A]	1020	960	820	700
$R_i$ [mOhm]	5,5	6,5	7,8	9,6
$I_{stag}$ [A]	1050 (1128)	949	770	615
$R_{ig}$ [mOhm]	5,3 (5,0)	6,6	8,4	10,9
$U_{ista}$ [V]	0,4	0,5	0,32	0,29

## Patentansprüche

- Verfahren zur Startabschaltung einer Brennkraftmaschine, wobei ein mit der Brennkraftmaschine zum Andrehen in Eingriff bringbarer Startermotor bei Selbstlauf der Brennkraftmaschine ausgespurt und abgeschaltet wird, und der Zeitpunkt der Startabschaltung aus einem Verlauf eines Starterstromes des Startermotors ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein dem Starterstrom ( $I_S$ ) proportionales Signal zur Bestimmung des Zeitpunktes ( $t_A$ ) der Startabschaltung ausgewertet wird, wobei eine Kennlinie mit einem dem Starterstrom proportionalen Signal ausgewertet wird, welche von einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine abhängig ist, wobei die Zeitkennlinie ( $t_A = f(I_S)$ ) anhand eines ersten Strommaximums ( $I_1$ ) des Starterstromes ( $I_S$ ) ausgewählt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** während einer Welligkeit des Starterstromes ( $I_S$ ) beginnend mit den Strommaxima ( $I_2, I_4, I_6$ ) während eines fallenden Verlaufes des Starterstromes ( $I_S$ ) die Zeitdauer ( $t$ ) mit negativem Gradient ermittelt und mit wenigstens einer fest abgelegten Zeitkennlinie verglichen wird.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kennlinien von einer Temperatur der Brennkraftmaschine abhängig sind.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in Abhängigkeit von einer wählbaren kritischen Temperatur ( $T_{Krit}$ ) bei Überschreiten der Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine von der kritischen Temperatur ( $T_{Krit}$ ) eine Warmkennlinie und bei Unterschreiten eine Kaltkennlinie verwendet wird.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** für eine warme und eine kalte Brennkraftmaschine eine gemeinsame Zeitkennlinie verwendet wird.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Zeitkennlinien aus einer Korrelation zwischen einer Kurbelwellendrehzahl ( $n$ ) und dem Starterstrom ( $I_S$ ) ermittelt werden.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Gradienten des Starterstromes ( $I_S$ ) nach Ausblendung einer Vorphase ab einem Zeitpunkt ( $t_0$ ) ausgewertet werden.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** als dem Starterstrom ( $I_S$ ) proportionales Signal die Kraftfahrzeugbatteriespannung ( $U$ ) ausgewertet wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei der Messung der Kraftfahrzeugbatteriespannung (U) ein Batterieinnenwiderstand ( $R_{iBatt}$ ) und ein Leitungswiderstand ( $R_{iL}$ ) von einer Anschlußklemme des Startermotors zur Kraftfahrzeugbatterie berücksichtigt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Einfluß weiterer momentaner elektrischer Verbraucher des Kraftfahrzeuges auf die Kraftfahrzeugbatteriespannung (U) eliminiert wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein Einfluß kraftfahrzeugspezifischer Größen, insbesondere ein Ladungszustand der Batterie, eine Temperatur der Batterie, auf die Kraftfahrzeugbatteriespannung (U) eliminiert wird.

## Claims

1. Method for the starter cut-out of an internal combustion engine, a starter motor which can be placed in engagement with the internal combustion engine in order to start it being disengaged and switched off when the internal combustion engine runs under its own power, and the time of the starter cut-out being determined from a profile of a starter current of the starter motor, **characterized in that** a signal which is proportional to the starter current ( $I_S$ ) is evaluated in order to determine the time ( $t_A$ ) of the starter cut-out, a characteristic curve with a signal which is proportional to the starter current being evaluated, said characteristic curve being dependent on an operating state of the internal combustion engine, and the timing characteristic curve ( $t_A = f(I_S)$ ) being selected with reference to a first current maximum ( $I_1$ ) of the starter current ( $I_S$ ).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that**, while there is waviness of the starter current ( $I_S$ ) starting with the current maximum values ( $I_2, I_4, I_6$ ) during a decreasing profile of the starter current ( $I_S$ ), the time period (t) is determined with a negative gradient and is compared with at least one permanently stored timing characteristic curve.
3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the characteristic curves are dependent on a temperature of the internal combustion engine.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, as a function of a selectable critical temperature ( $T_{crit}$ ), a warming characteristic curve is used when the operating temperature of the internal combustion engine is exceeded by the critical temperature ( $T_{crit}$ ) and a cooling characteristic curve is used when it is undershot.
5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a common timing characteristic curve is used for a warm and a cold internal combustion engine.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the timing characteristic curves are determined from a correlation between a crankshaft rotational speed (n) and the starter current ( $I_S$ ).
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the gradients of the starter current ( $I_S$ ) are evaluated after suppressing a pre-phase starting from a time ( $t_0$ ).
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the motor vehicle battery voltage (U) is evaluated as a signal which is proportional to the starter current ( $I_S$ ).
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, during the measurement of the motor vehicle battery voltage (U), a battery internal resistance ( $R_{iBatt}$ ) and a line resistance ( $R_{iL}$ ) are taken into account by a terminal of the starter motor for the motor vehicle battery.
10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an influence of further instantaneous electrical loads of the motor vehicle on the motor vehicle battery voltage (U) is eliminated.
11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an influence of motor-vehicle-specific variables, in particular a charge state of the battery, a temperature of the battery, on the motor vehicle battery voltage (U) is eliminated.



## Revendications

1. Procédé de coupure de démarrage d'un moteur à combustion interne selon lequel lorsque le moteur à combustion interne tourne de lui-même on dégage le moteur de démarreur mis en prise pour démarrer le moteur à combustion interne, et on coupe le moteur de démarreur, et on détermine l'instant de la coupure du démarrage à partir de la courbe du courant de démarrage du moteur de démarreur,  
**caractérisé en ce que**  
 on exploite un signal proportionnel au courant de démarreur ( $I_S$ ) pour déterminer l'instant ( $t_A$ ) de la coupure du démarreur, en exploitant une courbe caractéristique avec un signal proportionnel au courant de démarreur, ce signal dépendant de l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne, et la caractéristique dans le temps ( $t_A = f(I_S)$ ) étant choisie à l'aide d'un premier maximum d'intensité ( $I_1$ ) du courant de démarreur ( $I_S$ ).
2. Procédé selon la revendication 1,  
**caractérisé en ce que**  
 pendant une ondulation du courant de démarreur ( $I_S$ ), en commençant par les maximum d'intensité ( $I_2, I_4, I_6$ ), pendant une trajectoire descendante du courant de démarreur ( $I_S$ ), on détermine la durée ( $t$ ) de gradient négatif et on compare à au moins une caractéristique de temps enregistrée de manière fixe.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que**  
 les caractéristiques dépendent de la température du moteur à combustion interne.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 en fonction d'une température critique sélectionnée ( $T_{crit}$ ) lors du dépassement de la température de fonctionnement du moteur à combustion interne de la température critique ( $T_{crit}$ ), on utilise une caractéristique à chaud et en cas de dépassement on utilise une caractéristique à froid.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 on utilise une caractéristique de temps commune pour le moteur à combustion interne chaud et froid.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 on détermine la caractéristique de temps à partir d'une corrélation entre une vitesse de rotation de vilebrequin ( $n$ ) et le courant de démarreur ( $I_S$ ).
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 on exploite les gradients du courant de démarreur ( $I_S$ ) après élimination d'une préphase à partir d'un instant ( $t_0$ ).
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce que**  
 comme courant de démarreur ( $I_S$ ) on exploite un signal proportionnel qui est la tension de la batterie du véhicule ( $U$ ).
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 en mesurant la tension de batterie de véhicule ( $U$ ) on tient compte de la résistance interne de la batterie ( $R_{iBatt}$ ) et d'une résistance de ligne ( $R_{iL}$ ) entre la borne du moteur de démarreur et la batterie du véhicule.
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 on élimine l'influence d'autres consommateurs électriques instantanés du véhicule sur la tension de batterie ( $U$ ) du véhicule.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,  
**caractérisé en ce qu'**  
 on élimine une influence de grandeurs spécifiques au véhicule, notamment l'état de charge de la batterie, la tem-

pérature de la batterie, sur la tension (U) de la batterie.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

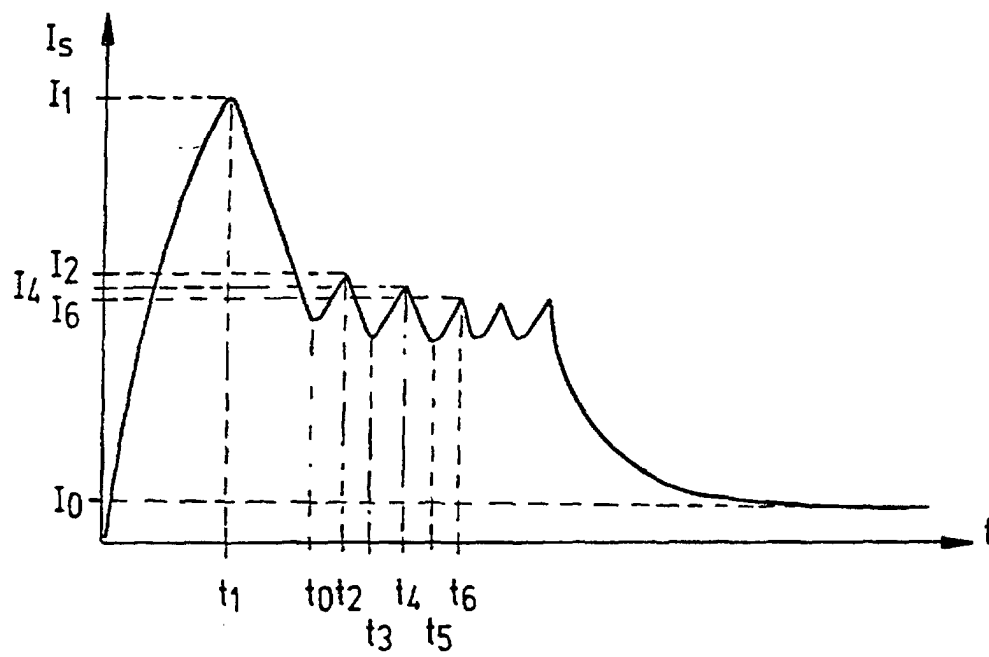


Fig.1

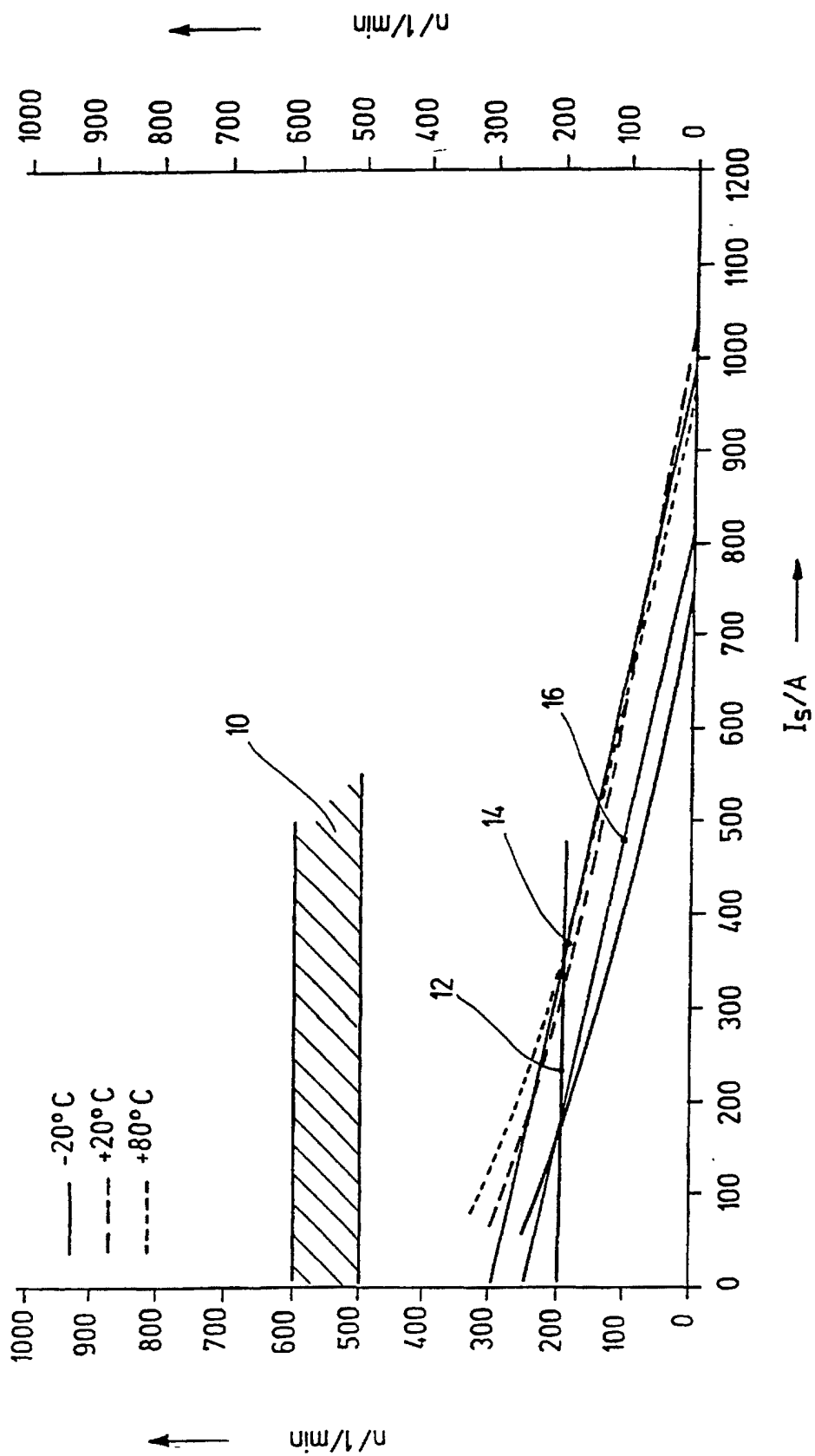


Fig. 2

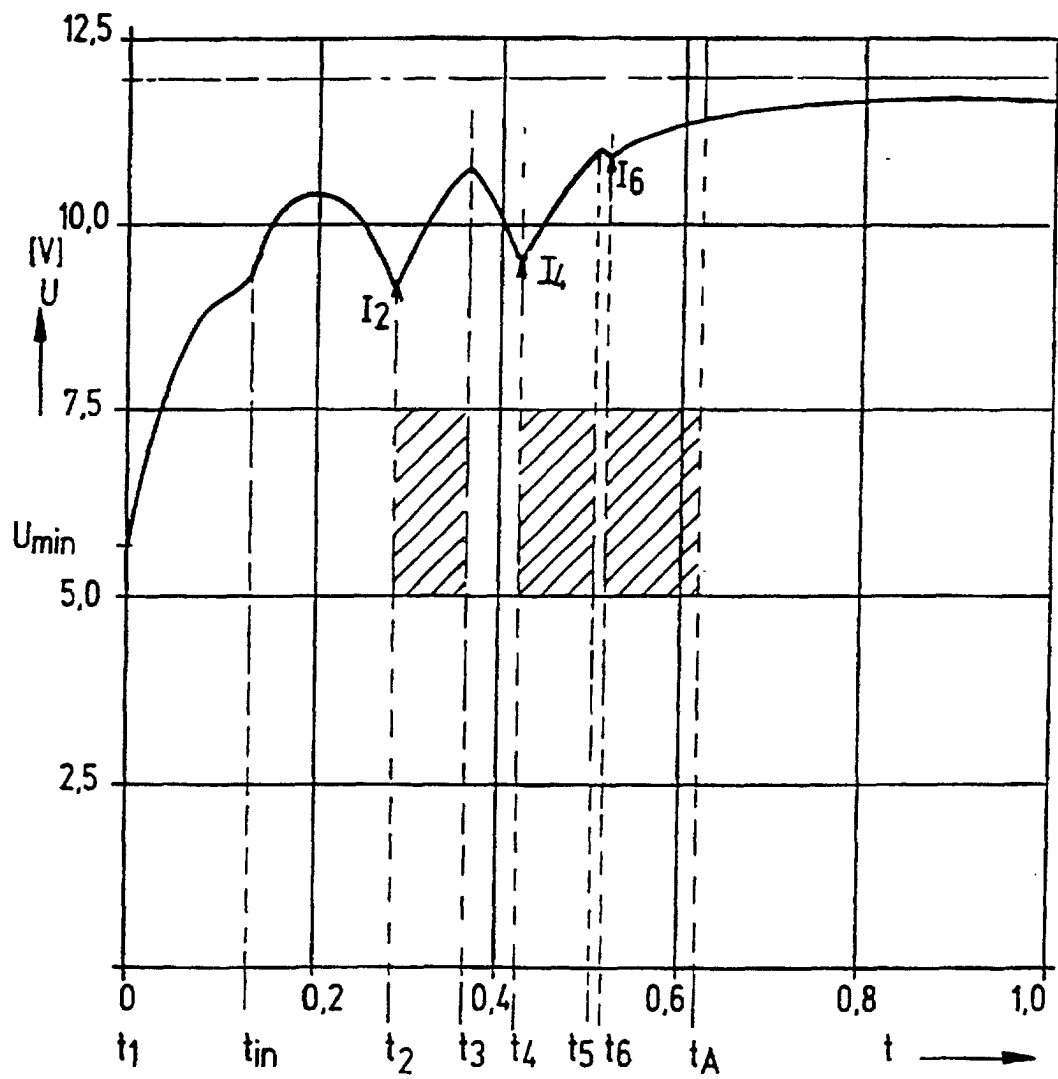


Fig. 3