

①



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

①

Veröffentlichungsnummer:

0 205 861
A2

⑫

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑫

Anmeldenummer: 86106336.0

⑤

Int. Cl.⁴: F 02 D 41/04, F 02 D 41/34

⑫

Anmeldetag: 09.05.86

③

Priorität: 26.06.85 DE 3522806

⑦

Anmelder: **PIERBURG GmbH & Co. KG,**
Leuschstrasse 1, D-4040 Neuss 1 (DE)

④

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 30.12.86
Patentblatt 86/52

⑧

Benannte Vertragsstaaten: DE FR GB IT

⑦

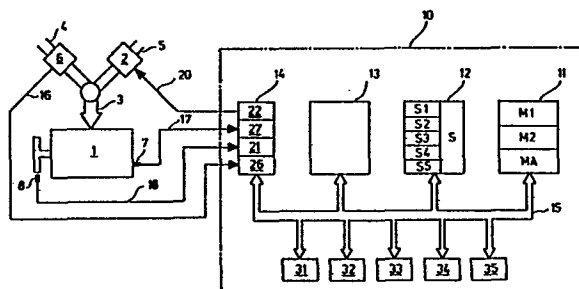
Erfinder: **Wissler, Gerhard, Dr.-Ing.,** Claudiusstrasse 9,
D-5177 Titz (DE)

⑤

Verfahren zur optimalen Anpassung einer Kraftstoffmenge.

⑤

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein elektronisches Einspritzsystem zur optimalen Anpassung der einem mit elektronischer Einspritzung ausgerüsteten Verbrennungsmotor zuzuführenden Kraftstoffmenge während der Beschleunigung bzw. Verzögerung. Mit der Erzeugung eines Referenzimpulses einer Impulsfolge, die der Drehzahl des Verbrennungsmotors entspricht, wird ein Zyklus gestartet, in dem eine Basiskraftstoffmenge bestimmt wird, die einer lastabhängigen Korrektur unterzogen wird. Diese Basiskraftstoffmenge wird beim Feststellen eines der o.g. instationären Zustände mit einem in Abhängigkeit von der Temperatur des Verbrennungsmotors korrigierten Korrekturfaktor zum Zweck der Anreicherung bzw. Abmagerung des Luft-Kraftstoff-Gemisches multipliziert. Diese Anreicherung bzw. Abmagerung wird so lange aufrecht erhalten, bis eine bestimmte Zahl der Zyklen erreicht ist. Danach wird der Korrekturfaktor in jedem Zyklus durch Multiplizieren mit einem Dekrementierfaktor dekrementiert.



EP 0 205 861 A2

Verfahren zur optimalen Anpassung einer Kraftstoffmenge

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur optimalen Anpassung einer einem mit elektronischer Einspritzung ausgerüsteten Verbrennungsmotor während eines instationären Betriebszustandes zuzuführenden Kraftstoffmenge gemäß dem
5 Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie ein elektronisches Einspritzsystem zu dessen Durchführung.

Es sind Verfahren und Steuersysteme für Verbrennungsmotoren bekannt, gemäß denen die Anpassung des Kraftstoffgemisches
10 an die auftretenden instationären Übergangszustände derart erfolgt, daß die bei einem instationären Betriebszustand (Beschleunigung, Verzögerung) erforderliche Kraftstoffmenge auf einen solchen Wert eingestellt wird, daß ein befriedigendes Fahrverhalten und vertretbare Abgasemissionswerte erzielt werden.
15

So ist z.B. durch die DE-OS 30 42 246 ein elektronisch gesteuertes Kraftstoff-Zumeßsystem für eine Brennkraftmaschine bekannt geworden, bei dem die Beschleunigungskorrektur durch
20 eine Multiplikation einer Grundeinspritzzeit mit drehzahl-, last- und temperaturabhängigen Korrekturwerten erfolgt, wenn der jeweils neueste, die Grundeinspritzzeit bestimmende Quotient aus Luftdurchsatz zu Drehzahl gegenüber dem vorhergehenden einen größeren Betrag aufweist, wobei der Differenzbetrag und ein in Abhängigkeit des Differenzbetrages und der
25 Drehzahl aus einem Kennfeld entnommener Wert einem Vergleichler zugeführt werden, dessen Ausgangssignal bestimmt, ob die Beschleunigungskorrektur wirksam wird oder nicht.

Insbesondere bei der Bestimmung des Luftdurchsatzes aus den
30 Signalen trägheitsarmer Sensoren wie Hitzdraht, Wirbelzähler, Potentiometer und Druckmesser ergeben sich für dieses Zumeßsystem jedoch Nachteile für den Fall einer plötzlichen Luftdurchsatzänderung, bei der nur während weniger Einspritzvorgänge, bei denen eine Differenz vorliegt, die Beschleunigungskorrektur wirksam wird.
35

Hieraus kann gefolgert werden, daß die Korrektur nur über eine sehr große Kraftstoffmenge bei diesen wenigen Einspritzvorgängen erreichbar ist, die einer angestrebten feinfühligten Korrektur entgegensteht und
5 sogenannte CO-Spitzen bei Abgasmessungen bewirkt.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, bei einem Verfahren sowie einem Einspritzsystem der eingangs beschriebenen Art Maßnahmen zur Erreichung einer zeitlich länger wirk-
10 samen, d.h. über eine Anzahl der Einspritzsignale bei denen eine Differenz zwischen dem neuesten und dem vorhergehenden Lastsignal (Quotient Q/n) vorliegt, hinausgehende Beschleunigungskorrektur zu treffen.

15 Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren bzw. einem Einspritzsystem der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die in den einzelnen Schritten der kennzeichnenden Teile der Patentansprüche 1 und 5 angegebenen Merkmale gelöst.

20 Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist mittels des angegebenen Einspritzsystems die dem Verbrennungsmotor zugeführte Kraftstoffmenge bei instationären Betriebszuständen auf einen gewünschten, den tatsächlichen Motoranforderungen entsprechenden Wert einstellbar. Dadurch ergeben sich die folgen-
25 den im Betrieb eines Verbrennungsmotors maßgebenden Vorteile:

Durch die "vieldimensionale" Korrektur der benötigten Kraftstoffmenge wird eine exakte Kraftstoffdosierung über das gesamte motorspezifische Kennfeld gewährleistet,
30

keine Kraftstoffvorlagerung im Saugrohr (bei Eindüsen-einspritzung),

geringer Wandfilmniederschlag (bei Eindüsen-einspritzung),
35

erhöhte Abgasqualität (kein Ausstoßen unverbrannter Kraftstoffspitzen),

einfache Erstellung des Steuersystems.

Weitere Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des Einspritzsystems sind den Unteransprüchen zu entnehmen. Die zuvor angegebenen Merkmale, Aufgaben und Vorteile gehen aus der folgenden Beschreibung und den Figuren näher hervor.

5 Im einzelnen zeigt:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der gesamten Anordnung eines im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendbaren elektronischen Einspritzsystems;

10

Fig. 2 eine tabellarische Darstellung der zur Anpassung der Kraftstoffmenge an die instationären Betriebszustände (Beschleunigung, Verzögerung) erforderlichen Algorithmen;

15

Fig. 3 eine diagrammatische Darstellung der instationären Übergangszustände (Beschleunigungsanreicherung, Verzögerungsabmagerung), aufgetragen über der Zeit;

20 Fig. 4 ein Ablaufdiagramm einer Subroutine zur Berechnung und 5 der bei den instationären Betriebszuständen benötigten Zeitdauer des Einspritzimpulses gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

25 Die vorliegende Erfindung wird nachstehend im Zusammenhang mit den einzelnen Figuren ausführlich erläutert.

In der Fig. 1 ist ein Beispiel der gesamten Anordnung eines elektronischen Einspritzsystems für Brennkraftmaschinen dargestellt, das im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren anwendbar ist. Das Bezugszeichen 1 bezeichnet einen mehrzylindrigen Verbrennungsmotor, der mit wenigstens einem elektromagnetischen Einspritzventil 2 ausgerüstet ist. Der Verbrennungsmotor ist mit einer Ansaugleitung 3 verbunden, die
30 ihrerseits mit einer Luftleitung 4 und einer Kraftstoffzufuhrleitung 5 in Verbindung steht. Während an die Kraftstoffzufuhrleitung 5 das elektromagnetische Einspritzventil 2 angeschlossen ist, ist in der Ansaugleitung 3 eine Drosselklappe

angeordnet, die zur Vereinfachung der Darstellung weggelassen worden ist. Das Einspritzventil 2 ist sowohl über die Kraftstoffzufuhrleitung 5 mit einer nicht dargestellten Kraftstoffpumpe, als auch elektrisch mit einer elektronischen Steuereinheit 10 verbunden, die seine Öffnungsperioden bzw. Kraftstoffeinspritzmengen bestimmt.

Die Luftleitung 4 ist mit einem Luftmengenmesser 6 versehen, der die dem Verbrennungsmotor 1 zugeführte Ansaugluftmenge ermittelt und gleichzeitig als Lastsignalgeber dient. Seine der Ansaugluftmenge entsprechende Analogspannung wird über eine erste Leitung 16 der Steuereinheit 10 zugeführt.

Der Verbrennungsmotor 1 ist ferner mit einem Temperatursignalgeber 7 zur Ermittlung der Temperatur des Motorkühlwassers versehen, der eine der Kühlwassertemperatur entsprechende Analogspannung über eine zweite Leitung 17 an die Steuereinheit 10 abgibt. Schließlich ist der Verbrennungsmotor mit einem Referenzsignal- und Drehzahlgeber 8 versehen, der über eine dritte Leitung 18 mit der Steuereinheit 10 verbunden ist.

Die in Fig. 1 gezeigte und die Erfindung benutzende Steuereinheit 10 weist eine zentrale Verarbeitungseinheit 11, einen Festwertspeicherblock (ROM) 12, einen Arbeitsspeicher (RAM) 13, eine Eingabe-Ausgabe-Einrichtung (I/O) 14 und Leitungsstränge 15 auf. Außerdem enthält sie eine Schaltung 31 zur Bildung der Differenz Δ von in zwei aufeinander folgenden Zyklen bestimmten, bei einem stationären Betriebszustand erforderlichen Basiskraftstoffmengen, eine Schaltung 32 zur Feststellung eines der beiden instationären Betriebszustände (Beschleunigung, Verzögerung), eine Vergleichsschaltung 33, eine Schaltung 34 zur Auswahl eines geeigneten Festwertspeichers und einen Komparator 35.

Die Verarbeitungseinheit 11 enthält u.a. einen ersten Multiplizierer M1, einen zweiten Multiplizierer M2 sowie einen Multiplizierer-Addierer MA, deren Aufgabe in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert wird.

5

Der Festwertspeicherblock 12 wird in mehrere Teile aufgeteilt, die als Programmspeicher S sowie ein erster bis fünfter Festwertspeicher S1 bis S5 bezeichnet sind. Der erste bis fünfte Festwertspeicher S1 bis S5 enthalten Kennfeld- und Tabellenwerte, deren Bedeutung aus der Beschreibung der Fig. 2 hervorgeht.

10

Schließlich enthält die Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 einen Eingangszähler 21, eine Impulsausgangsschaltung 22, einen ersten A/D-Umsetzer 26 sowie einen zweiten A/D-Umsetzer 27.

15

Die Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 erhält über die dritte Leitung 18 Taktimpulse T_{REV} , die synchron mit der Drehung des Verbrennungsmotors 1 erzeugt werden, um die Zeitabgabe des Beginns der Kraftstoffeinspritzung und die Synchronisierung der in dem System ausgeführten Operationen zu bewirken.

20

Diese Impulse, die mit einer Frequenz auftreten, die proportional der Drehzahl n_M des Verbrennungsmotors 1 ist, können z.B. mit Hilfe eines Hall-Gebers mit Rotorblende erzeugt werden, die von der Nockenwelle des Verbrennungsmotors 1 angetrieben wird.

25

30

Der Eingangszähler 21 zählt die Zeitintervalle zwischen den Taktimpulsen, die vom Referenzsignal- und Drehzahlgeber 8 eingegeben werden, sodaß der gezählte Wert T_{REV} dem Reziprokwert $1/n_M$ der tatsächlichen Motordrehzahl n_M entspricht.

35

Ein Analogsignal, das proportional zur Ansaugluftmenge ist, wird über die erste Leitung 16 dem ersten A/D-Umsetzer 26

der Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 zugeführt, der es in digitale Daten umformt, die den Wert der Ansaugluftmenge m_L angeben. Der zweite A/D-Umsetzer 27 der Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 erhält über die zweite Leitung 17 ein Analog-
5 signal vom Temperatursignalgeber 7, z.B. einem Thermistor oder dergleichen, der die Temperatur des Kühlmittels der Brennkraftmaschine erfaßt. Die Aufgabe des zweiten A/D-Umsetzers 27 besteht darin, dieses Analogsignal in digitale Daten umzuformen, die die Temperatur T_M des Verbrennungs-
10 motors 1 angeben. Die Impulsausgangsschaltung 22 gibt über eine vierte Leitung 20 ein Kraftstoffeinspritz-Impulssignal an das Einspritzventil 2 ab.

Die zentrale Verarbeitungseinheit 11 führt nach Maßgabe des
15 in dem Programmspeicher S gespeicherten Programms und der Daten ein Auslesen der eingegebenen Daten aus der Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 bzw. dem Festwertspeicherblock 12 aus, führt arithmetische Operationen durch, die u.a. durch später beschriebene Gleichungen ausgedrückt werden, um die Impuls-
20 breite des Kraftstoffeinspritz-Impulssignals zu bestimmen, und stellt den erhaltenen Wert in der Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 ein. Synchron mit der Ankunft der Taktimpulse erzeugt die Impulsausgangsschaltung 22 der Eingabe-Ausgabe-Einrichtung 14 Kraftstoffeinspritzimpulse mit einer Impuls-
25 breite, die der Öffnungsperiode des Einspritzventils 2 entspricht. Die während der arithmetischen Operationen benutzten Daten und die eingegebenen Daten werden zeitweilig in dem Arbeitsspeicher 13 gespeichert und von der zentralen Verarbeitungseinheit 11 ausgelesen.

30 Bei der Berechnung der Öffnungsperiode des elektromagnetischen Einspritzventils 2 wird von einer Basiskraftstoffmenge pro Arbeitszyklus BKMZ des Verbrennungsmotors 1 ausgegangen.

35 Nach der durchgeführten stationären Kennfeldkorrektur wird in der Schaltung 31 eine Differenz Δ zweier aufeinanderfolgender Werte $BKMZ_{st}(\text{neu}) - BKMZ_{st}(\text{alt})$ gebildet, deren Be-

deutung in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert wird.

5 In Fig. 2 sind die zur Anpassung der Kraftstoffmenge an die instationären Vorgänge (Beschleunigung, Verzögerung) erforderlichen Algorithmen tabellarisch dargestellt. Der Beginn des instationären Vorganges wird erkannt, wenn durch die Schaltung 32 festgestellt wird, daß die Differenz Δ größer (bei der Beschleunigung) bzw. kleiner (bei
10 der Verzögerung) als Null ist, wobei ihr Vorzeichen angibt, ob angereichert oder abgemagert werden soll. Der hohe Anfangswert der instationären Korrektur kann entsprechend einer Zeitfunktion verringert werden, die später erläutert wird.

15 Um den zur instationären Korrektur erforderlichen Korrekturfaktor BFT_0 oder VFT_0 zu ermitteln, wird zuerst ein Beschleunigungsgrundanreicherungs- oder Verzögerungsgrundabmagerungswert KB oder KV einem ersten oder zweiten 3-D-Kennfeld KF1 oder KF2 entnommen. Die beiden 3-D-Kennfelder KF1 und KF2
20 sind im ersten bzw. zweiten Festwertspeicher S1 bzw. S2 abgespeichert, die mit der o.g. Differenz Δ und der Drehzahl n_M des Verbrennungsmotors 1 adressiert werden. Diese Korrekturwerte KB oder KV werden dann im ersten Multiplizierer M1 durch Multiplikation mit einer Funktion der
25 Motortemperatur T_M darstellenden Korrekturkoeffizienten KT temperaturabhängig korrigiert, der aus einer im dritten Festwertspeicher S3 abgelegten 2-D-Tabelle Tab. 1 festgelegt wird.

30 Das Produkt BFT_0 oder VFT_0 der Multiplikation, das im Multiplizierer-Addierer MA zu einer "1" hinzuaddiert bzw. von der "1" subtrahiert wird, bestimmt den Anfangswert der Beschleunigungsanreicherung bzw. Verzögerungsabmagerung.
35 Gleichzeitig dient es als Eingangsordinate für weitere 2-D-Tabellen, Tab. 2 und 3 bzw. Tab. 4 und 5, die im vierten Festwertspeicher S4 bzw. im fünften Festwertspeicher S5 abgelegt sind.

Die Tabellen 2 und 3 enthalten je eine Zahl NB oder NV der Arbeitszyklen, während der die durch den Korrekturfaktor BFT_0 oder VFT_0 bewirkte prozentuale Änderung der Einspritzdauer konstant gehalten wird.

5

Den Tabellen 4 und 5 wird ein Dekrementierfaktor DB oder DV entnommen, mit dem, nachdem die Zyklenzahl NB oder NV abgelaufen ist, der hohe Anfangswert des Korrekturfaktors BFT_0 oder VFT_0 n Zyklen lang unter Verwendung der Formel

10

$$BFT = BFT_0 \times DB^n$$

oder
$$VFT = VFT_0 \times DV^n$$

15 zeitlich dekrementiert wird, und zwar so lange, bis die Verarbeitungseinheit 11 den Dekrementierungsvorgang aufgrund eines vom Komparator 35 gelieferten Signals stoppt. Die Aufgabe des Komparators 35 besteht darin, den dekrementierten Wert BFT oder VFT in jedem Zyklus mit einem voreingestellten
20 Wert zu vergleichen, der im System als Null erkannt wird. Ist der dekrementierte Wert BFT oder VFT gleich bzw. kleiner als der Nullwert, so wird vom Komparator 35 das o.g. Ausgangssignal an die Verarbeitungseinheit 11 abgegeben.

25 Fig. 3 zeigt eine diagrammatische Darstellung der instationären Übergangszustände (Beschleunigungsanreicherung, Verzögerungsabmagerung), die über der Zeit aufgetragen sind. Die während der einzelnen Arbeitszyklen auftretenden Zustände sind in der nachfolgenden Tabelle beschrieben:

30

Zyklus-Nr.	Beschreibung der Vorgänge
0.	$\Delta_0 > 0$, Beschleunigung (Vorzeichen $\Delta = +$) Berechnung von BFT_0 , Ermittlung der Zyklenzahl NB, Beschleunigungsanreicherung durch Multiplizieren $BKMZ_{st} (1 + BFT_0)$
1.	$\Delta_1 < \Delta_0$, $\Delta_1 > 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl NB-1, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_0)$
2.	$\Delta_2 < \Delta_1$, $\Delta_2 > 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl NB-2, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_0)$
3.	$\Delta_3 = 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl NB-3, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_0)$
4.	$\Delta_4 > \Delta_3$, Beschleunigungszuwachs, Unterbrechung des bisherigen Beschleunigungsvorganges, neue Berechnung von BFT_1 , neue Ermittlung der Zyklenzahl $NB_1 = 11$, Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{01})$
5.	$\Delta_5 = 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl $NB_1 = 10$, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{01})$

Zyklus-Nr.	Beschreibung der Vorgänge
6.	$\Delta_6 = 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl $NB_1 = 9$, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{01})$
7. : 13.	<u>1.Alternative:</u> $\Delta_7 \div \Delta_{13} = 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl $NB_1 = 8 \div 1$, gleichbleibende Beschleunigungs- anreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{01})$
14.	$\Delta_{14} = 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl $NB_1 = 0$ (abgelaufen) $\Rightarrow$ letzter Zyklus der gleichblei- benden Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{01})$
15.	$\Delta_{15} = 0$, Beschleunigung, $BFT_1 = BFT_{01} \times DB^n$; $n = 1$; erster Zyklus der Dekrementierung der Beschleunigungsanrei- cherungsmehrmenge $BKMZ_{st} (1 + BFT_1)$
16.	$\Delta_{16} = 0$, Beschleunigung, $BFT_1 = BFT_{01} \times DB^2$; $n = 2$; zweiter Zyklus der Dekrementierung der Beschleunigungsanreicherungsmehrmenge $BKMZ_{st} (1 + BFT_1)$
17.	$\Delta_{17} = 0$, $BFT_1 = 0$, Ende der Beschleunigungs- anreicherung, Beginn eines neuen stationären Betriebszustandes

Zyklus-Nr.	Beschreibung der Vorgänge
0. : 6.	Siehe Beschreibung der Vorgänge S. 15,16
7.	<u>2.Alternative:</u> Änderung des Vorzeichens Δ. $\Delta_7 < 0$, erste Feststellung der Änderung des Vorzeichens Δ, Verzögerung, Unterbrechung der Beschleunigungsanreicherung, Berechnung von VFT_0, Ermittlung der Zyklenzahl NV, Verzögerungsabmagerung durch Multiplizieren $BKMZ_{st} (1 - VFT_0)$
8.	$\Delta_8 < \Delta_7$, Verzögerung, Zyklenzahl NV-1, gleichbleibende Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_0)$
9.	$\Delta_9 = 0 < \Delta_7$, Verzögerung, Zyklenzahl (NV-2), gleichbleibende Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_0)$
10.	$\Delta_{10} > 0$, zweite Feststellung der Änderung des Vorzeichens Δ, Beschleunigung, Unterbrechung der Verzögerungsabmagerung, Berechnung von BFT_{02}, Ermittlung der Zyklenzahl NB_2, zweite Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{02})$
11.	$\Delta_{11} < \Delta_{10}$, Beschleunigung, Zyklenzahl NB_2-1, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{02})$
12.	$\Delta_{12} = 0$, Beschleunigung, Zyklenzahl NB_2-2, gleichbleibende Beschleunigungsanreicherung $BKMZ_{st} (1 + BFT_{02})$

Zyklus-Nr.	Beschreibung der Vorgänge
13.	<u>3.Alternative:</u> Änderung des Vorzeichens Δ . $\Delta_{13} < 0$, dritte Feststellung der Änderung des Vorzeichens Δ , Verzögerung, Unterbrechung der Beschleunigungsanreicherung, Berechnung von VFT_{01} , Ermittlung der Zyklenzahl $NV_1 = 8$, zweite Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_{01})$
14.	$ - \Delta_{14} < - \Delta_{13} $, Verzögerung, Zyklenzahl $NV_1 = 7$, gleichbleibende Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_{01})$
15.	$ - \Delta_{15} < - \Delta_{14} $, Verzögerung, Zyklenzahl $NV_1 = 6$, gleichbleibende Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_{01})$
16. : 19.	$\Delta_{16} \div \Delta_{19} = 0$, Verzögerung, Zyklenzahl $NV_1 = 5 \div 1$, gleichbleibende Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_{01})$
20.	$\Delta_{20} = 0$, Verzögerung, Zyklenzahl $NV_1 = 0$ (abgelaufen), letzter Zyklus der gleichbleibenden Verzögerungsabmagerung $BKMZ_{st} (1 - VFT_{01})$
21.	$\Delta_{21} = 0$, Verzögerung, $VFT_1 = VFT_{01} \times DV^n, n=1$, erster Zyklus der Dekrementierung des Verzögerungsabmagerungsanteiles $BKMZ_{st} (1 - VFT_1)$

Zyklus-Nr.	Beschreibung der Vorgänge
22.	$\Delta_{22} = 0$, Verzögerung, $VFT_1 = VFT_{01} \times DV^2$; $n = 2$, zweiter Zyklus der Dekrementierung des Verzögerungsabmagerungsanteiles, $BKMZ_{st} (1 - VFT_1)$
23.	$\Delta_{23} = 0$, Verzögerung, $VFT_1 = VFT_{01} \times DV^3$; $n = 3$, dritter Zyklus der Dekrementierung des Verzögerungsabmagerungsanteiles, $BKMZ_{st} (1 - VFT_1)$
24.	$\Delta_{24} = 0$, $VFT_1 = 0$, Ende der Verzögerungsab- magerung, Beginn eines neuen stationären Betriebszustandes.

Die Fig. 4 und 5 zeigen ein Ablaufdiagramm der Subroutine zur Berechnung der bei den instationären Betriebszuständen benötigten Zeitdauer T_{INJ} des Einspritzimpulses gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren, die in der Steuereinheit 10 der Fig. 1 ausgeführt wird.

Zuerst wird nach der Eingabe eines Impulses des T_{REV} -Signalen an die Steuereinheit 10 bestimmt, ob sich der Verbrennungsmotor 1 im vorhergehenden Arbeitszyklus in einem instationären Betriebszustand befand, und zwar durch die Abfrage einer den instationären Betriebszustand kennzeichnenden Kennung FLACC.

Nachfolgend wird das Diagramm der Fig. 4 und 5 durchgesprochen, wobei die Ziffernangabe den aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten entspricht. Es können in der Abarbeitung u.U. auch fortlaufende Zahlen übersprungen werden.

Lautet die Antwort auf die Frage des Schrittes 1 "JA", so lag im vorhergehenden Arbeitszyklus kein instationärer Betriebszustand vor.

Dann wird beim Schritt 2 die bei der Bestimmung der einzuspritzenden Basiskraftstoffmenge gebildete Differenz zwischen den in zwei aufeinanderfolgenden Arbeitszyklen bestimmten Basiskraftstoffmengen $\text{BKMZ}_{\text{st}}(k) - \text{BKMZ}_{\text{st}}(k-1)$ abgefragt, wobei mit k die Nummer des gegenwärtigen und mit $k-1$ die des unmittelbar vorhergehenden Zyklus bezeichnet werden.

Wird die im Schritt 2 gestellte Frage mit "NEIN" beantwortet, so liegt ein instationärer Betriebszustand vor und es wird im Schritt 3 bestimmt, ob im vorhergehenden Arbeitszyklus (Index "1" beim Δ), eine Verzögerung vorlag.

Wird dagegen die beim Schritt 2 gestellte Frage mit "JA" beantwortet, liegt ein stationärer Betriebszustand vor

und das Programm schreitet direkt zum Schritt 37 fort, bei dem sowohl die Kennung FLACC, als auch die vorhergehende Differenz $\Delta 1$ gleich Null gesetzt werden.

5 Wenn die Antwort auf die beim Schritt 3 gestellte Frage "JA" lautet, wird im Schritt 5 bestimmt, ob die gegenwärtige "neue" Differenz größer als Null ist, d.h. eine Beschleunigung vorliegt.

10 Kann diese Frage mit "JA" beantwortet werden, wird beim Schritt 6 die Kennung FLACC gleich Null gesetzt.

Lautet dagegen die Antwort auf die beim Schritt 3 gestellte Frage "NEIN", so wird im Schritt 4 bestimmt, ob
15 die gegenwärtige "neue" Differenz kleiner als Null ist, d.h. eine Verzögerung vorliegt.

Bei einer "JA"-lautenden Antwort wird wieder beim Schritt 6 die Kennung FLACC gleich Null gesetzt.

20 Beim Schritt 7 wird der Absolutwert $|\Delta|$ der "neuen" mit dem der "alten" Differenz $|\Delta 1|$ verglichen.

Ist die "neue" Differenz absolut größer, so wird beim
25 Schritt 8 die Kennung FLACC gleich Null gesetzt. Ist dies nicht der Fall, geht die Subroutine vom Schritt 7 direkt zum Schritt 9 über, wo bestimmt wird, ob die Berechnung mit bereits in vorhergehenden Zyklen bestimmten Werten fortgesetzt werden soll.

30 Wird die Frage mit "JA" beantwortet, wird die Berechnung in Abhängigkeit von der Antwort auf die beim Schritt 24 gestellte Frage entweder beim Schritt 25 oder beim Schritt 26 fortgesetzt. Diese Schritte werden weiter unten im Text
35 näher erläutert.

Lautet jedoch die Antwort auf die beim Schritt 9 gestellte Frage "NEIN", so wird im Schritt 10 die Kennung FLACC gleich "1" gesetzt.

- 5 Danach wird im Schritt 11 die alte Differenz $\Delta 1$ im Arbeitsspeicher 13 durch die neue Δ ersetzt.

Beim Schritt 12 wird in Abhängigkeit von der Motortemperatur (T_M) ein Korrekturkoeffizient K_T aus einer im dritten
10 Festwertspeicher S_3 gespeicherten Tabelle Tab. 1 ausgewählt, der für die Warmlaufkorrektur erforderlich ist.

- Wird die beim Schritt 13 gestellte Frage "neue Differenz Δ kleiner als Null?" mit "NEIN" beantwortet, so befindet sich
15 der Verbrennungsmotor 1 in der Beschleunigungsphase, in der er eine Kraftstoffmenge benötigt. Aus diesem Grund wird dem im ersten Festwertspeicher S_1 gespeicherten, mit der Drehzahl n_M und der Differenz Δ adressierten Kennfeld KF_1 ein Beschleunigungsgrundanreicherungs Wert K_B beim Schritt 14 ent-
20 nommen und eine zweite Kennung FLDEC im Schritt 16 gleich Null gesetzt.

- Der Schritt 18 der Beschleunigungsphase stellt die Multiplikation der beim Schritt 12 und 14 ermittelten Korrektur-
25 koeffizienten $K_T \times K_B = BFT_0$ dar, die im ersten Multiplizierer M_1 durchgeführt wird. Das Produkt dieser Multiplikation, der Anreicherungs faktor BFT , bestimmt einerseits die in der Beschleunigungsphase benötigte Kraftstoffmenge, andererseits sowohl im Schritt 20 die Zahl NB der Zyklen aus der im
30 vierten Festwertspeicher S_4 abgelegten Tabelle 2, während der keine Änderung dieser Kraftstoffmenge erfolgt, als auch im Schritt 22 die Größe des Beschleunigungsdekrementierfaktors DB aus der im fünften Festwertspeicher S_5 abgelegten Tabelle 4. Beim Schritt 25 wird die Frage gestellt, ob die beim Schritt 20
35 ermittelte Zahl NB der Zyklen gleichbleibender Beschleunigungsanreicherung größer als Null ist.
Wird die Frage mit "JA" beantwortet, wird im Schritt 27 von der gegenwärtigen Zahl NB eine "1" subtrahiert.

Danach wird im Schritt 29 die Frage gestellt, ob die um die "1" verringerte Zahl der Zyklen noch größer bzw. gleich Null ist.

- 5 Ist die Zahl NB immer noch größer bzw. gleich Null, so schreitet das Programm direkt zu einer weiteren Abfrage im Schritt 33 fort.

- Ist dagegen die Zahl NB der Zyklen nicht größer bzw. gleich
10 Null, so beginnt ausgehend vom Schritt 25 oder 29 beim Schritt 31 das Dekrementieren der in der Beschleunigungsphase benötigten Kraftstoffmenge durch die erste Multiplikation des beim Schritt 18 berechneten Anreicherungs-faktors BFT_0 mit dem Wert des Beschleunigungsdekrementier-faktors DB aus Schritt 22 und der im fünften Festwertspeicher
15 S5 abgelegten Tabelle 4.

- Wird die beim Schritt 33 gestellte Frage, ob der Anreicherungs-faktor BFT gleich Null ist, mit "Nein" beantwortet, so wird die am Anfang des Arbeitszyklus ermittelte stationäre Basis-
20 kraftstoffmenge $BKMZ_{st}$ im Schritt 35 multiplikativ unter Verwendung der Formel
 $T_{INJ} = BKMZ_{st} (1+BFT)$ erhöht, wobei mit T_{INJ} die Öffnungsperiode der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 2 bezeichnet ist.

- 25 Kommt der Verbrennungsmotor in eine Verzögerungsphase, schreitet das Programm zuerst die ersten zwölf Schritte durch. Lautet nun die Antwort auf die beim Schritt 13 gestellte Frage "JA", so führt das Programm, ähnlich wie in der Beschleunigungsphase, die folgenden Schritte aus:

30

- a) (Schritt 15) Auslesen des Verzögerungsgrundabmagerungswertes KV aus dem mit der Drehzahl n_M und der Differenz Δ adressierten im zweiten Festwertspeicher S2 abgespeicherten Kennfeld KF2;

35

- b) (Schritt 17) Setzen der zweiten Kennung FLDEC gleich 1;

- c) (Schritt 19) Berechnung des Abmagerungsfaktors VFT_0
durch Multiplikation $KT \times KV = VFT_0$;
- 5 d) (Schritt 21) Bestimmung der Zahl NV der Zyklen konstanter
Verzögerungsabmagerung aus der im vierten Festwertspeicher
S4 abgelegten Tabelle 3;
- 10 e) (Schritt 23) Auswahl der Größe des Verzögerungsdekremen-
tierfaktors DV aus der im fünften Festwertspeicher S5 ab-
gelegten Tabelle 5;
- f) (Schritt 26) Abfrage, ob die Zahl NV der Zyklen kon-
stanter Verzögerungsabmagerung größer als Null ist;
- 15 g) (Schritt 28) Verringerung der Zahl NV um "1".
- h) (Schritt 30) Neue Abfrage "Zyklenzahl NV noch größer
bzw. gleich Null?"
- 20 i.1) Bei "JA"-Antwort im Schritt 30 erfolgt Frage im Schritt 34,
ob Abmagerungsfaktor VFT gleich Null ist?
- i.2) Ist dagegen die Zahl NV nicht größer bzw. gleich Null,
so beginnt ausgehend vom Schritt 26 oder 30 die Dekre-
25 mentierung des Verzögerungsabmagerungsanteils im Schritt 32
- erste Multiplikation des Verzögerungsabmagerungsfak-
tors VFT_0 mit dem Wert des Verzögerungsdekrementier-
faktors DV aus Schritt 23 und Tabelle 5.
- 30 j.1) Bei "JA"-Antwort auf die im Schritt 34 gestellte Frage,
wird im Schritt 37 FLACC und $\Delta 1$ auf Null gesetzt.
Ende der Verzögerung.
- j.2) Bei "NEIN"-Antwort auf die im Schritt 34 gestellte Fra-
35 ge, erfolgt im Schritt 36 multiplikative prozentuale
Verringerung nach der Formel:

$$T_{INJ} = BKMZ_{st} (1 - VFT)$$

In den nächstfolgenden Arbeitszyklen wird nach den Schritten 1 bis 36 so lange vorgegangen, bis

- 5 a) ein Wechsel des Vorzeichens der Differenz Δ auftritt (Frage beim Schritt 5)
 - b) der Absolutwert $|\Delta|$ der "neuen" (gegenwärtigen) Differenz Δ größer wird als der $|\Delta_1|$ der "alten" Differenz Δ_1 .
- 10 Beim Auftreten eines der beiden Zustände werden die Kennung FLACC gleich Null gesetzt, neue Werte KT, KB, KV, BFT_0 , VFT_0 , NB, NV, DB und DV ausgewählt bzw. ermittelt und ein neuer Beschleunigungsanreicherungs- bzw. Verzögerungsabmagerungszyklus gestartet.
- 15

Patentansprüche

- 1) Verfahren zur optimalen Anpassung einer einem mit elektronischer Einspritzung ausgerüsteten Verbrennungsmotor während eines instationären Betriebszustandes zuzuführenden Kraftstoffmenge durch Änderung der Zeitdauer der wenigstens einem elektromagnetischen Einspritzventil zuzuführenden, einer in einem synchron mit der Erzeugung eines Referenzimpulses einer der Drehzahl des Verbrennungsmotors entsprechenden Impulsfolge gestarteten Zyklus bestimmten, lastabhängig korrigierten Basiskraftstoffmenge entsprechenden Einspritzimpulse, durch die die Kraftstoffmenge auf einen Wert eingestellt ist, der für den instationären Betriebszustand geeignet ist, der durch die folgenden Schritte festgestellt wird:
- 5
- a) Bildung der Differenz (Δ) von in zwei aufeinanderfolgenden Zyklen bestimmten Basiskraftstoffmengen;
- 15
- b) Abfragen des Vorzeichens der beim Schritt a) gebildeten Differenz (Δ);
- c) Vergleich der Absolutwerte ($|\Delta|$, $|\Delta_1|$) der neu gebildeten und der im vorhergehenden Zyklus gebildeten Differenz (Δ) bzw. (Δ_1),
- 20
- wobei die Änderungszeitdauer durch folgende Schritte bestimmt wird:
- d) Auswahl einer Funktion der Temperatur (T_M) des Verbrennungsmotors (1) darstellenden Korrekturkoeffizienten (KT);
- 25

e) Auswahl eines Korrekturwertes (KB oder KV) in Abhängigkeit vom beim Schritt b) abgefragten Vorzeichen der Differenz (Δ);

5 f) Berechnung eines Korrekturfaktors (BFT_0 oder VFT_0) durch Multiplikation des beim Schritt e) ausgewählten Korrekturwertes (KB oder KV) mit dem beim Schritt d) ausgewählten Korrekturkoeffizienten (KT) nach der Formel:

10
$$BFT_0 = KB \times KT$$

oder
$$VFT_0 = KV \times KT$$

gekennzeichnet durch

15 g) Ermittlung einer Zahl (NB oder NV) von Zyklen, während der die Basiskraftstoffmenge um einen gleichbleibenden prozentualen Anteil nach der folgenden Gleichung:

20
$$T_{INJ(inst.)} = BKMZ_{(stat.)} \times (1 + BFT_0)$$

oder
$$T_{INJ(inst.)} = BKMZ_{(stat.)} \times (1 - VFT_0)$$

25 verändert wird, wenn der neu berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) der Differenz (Δ) nicht größer ist als deren im vorangegangenen Zyklus berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) und/oder kein Wechsel des abgefragten Vorzeichens vorliegt.

30 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach Ablauf der in Schritt g) ermittelten Zahl (NB oder NV) der Zyklen, während der die Basiskraftstoffmenge um einen gleichbleibenden prozentualen Anteil verändert wird, ein Dekrementierfaktor (DB oder DV) ermittelt wird, mit dem der Korrekturfaktor (BFT_0 oder VFT_0) unter Anwendung

der folgenden Formel:

$$\text{BFT} = \text{BFT}_0 \times \text{DB}^n$$

5 oder $\text{VFT} = \text{VFT}_0 \times \text{DV}^n,$

10 wo n die Anzahl der Dekrementierungszyklen ist, in jedem Zyklus dekrementiert und die Basiskraftstoffmenge nach der folgenden Gleichung:

$$T_{\text{INJ}(\text{inst.})} = \text{BKMZ} \times (1 + \text{BFT})$$

15 oder $T_{\text{INJ}(\text{inst.})} = \text{BKMZ} \times (1 - \text{VFT})$

20 verändert wird, wenn der neu berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) der Differenz (Δ) nicht größer ist als deren im vorangegangenen Zyklus berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) und/oder kein Wechsel des beim Schritt b) abgefragten Vorzeichens vorliegt.

25 3) Verfahren nach Anspruch 1 bzw. Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlung der Zahl (NB oder NV) bzw. (NB und DB oder NV und DV) der Zyklen in Abhängigkeit vom Korrekturfaktor (BFT_0 oder VFT_0) erfolgt.

30 4) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der beim Schritt e) ausgewählte Korrekturwert (KB oder KV) einem ersten oder zweiten Kennfeld (KF1 oder KF2) entnommen wird, das mit der Drehzahl (n_M) des Verbrennungsmotors (1) oder einem dieser proportionalen Wert und der beim Schritt a) gebildeten Differenz (Δ) abgefragt wird.

35 5) Elektronisches Einspritzsystem für Brennkraftmaschinen mit einem Lastsignalgeber, einem Temperatursignalgeber und einem Referenzsignal- und Drehzahlgeber sowie einer Steuereinheit und wenigstens einem intermittierend arbeitenden elektromagnetischen Einspritzven-

til, dessen Grundöffnungsperiode in einem Zyklus bestimmt wird, der durch das Ausgangssignal des Referenzsignal- und Drehzahlgebers gestartet wird und in dem während eines instationären Betriebszustandes, zu dessen Erkennung:

5

a) eine Schaltung (31) zur Bildung der Differenz (Δ) von in zwei aufeinanderfolgenden Zyklen bestimmten Grundöffnungsperioden (BKMZ, BKMZ1) des elektromagnetischen Einpritzventils (2);

10

b) eine Schaltung (32) zur Feststellung eines der beiden instationären Betriebszustände; und

c) eine Vergleichsschaltung (33), die die Absolutwerte ($|\Delta|$, $|\Delta 1|$), der in zwei aufeinanderfolgenden Zyklen berechneten Differenzen

15

(Δ , $\Delta 1$) miteinander vergleicht; vorgesehen sind,

die Grundöffnungsperiode so geändert wird, daß sie auf einen Wert ($I_{INJinst.}$) eingestellt wird, der für den instationären Betriebszustand geeignet ist,

durch

20

d) eine Schaltung (34) zur Auswahl eines ersten oder zweiten Korrekturwerte (KB oder KV) enthaltenden Festwertspeichers (S1 oder S2) in Abhängigkeit vom festgestellten instationären Betriebszustand, wobei der Festwertspeicher (S1 oder S2) mit den Ausgangssignalen des Referenzsignal- und Drehzahlgebers (8) und der Schaltung (31) zur Bildung der Differenz (Δ) adressiert wird;

25

e) einen dritten Festwertspeicher (S3), der mit den Ausgangssignalen des Temperatursignalgebers (7) adressiert wird und Korrekturkoeffiziente (KT) enthält;

30

f) einen in der Steuereinheit (10) enthaltenen ersten Multiplizierer (M1) zur Berechnung eines einem instationären Betriebszustand entsprechenden Korrekturfaktors (BFT_0 oder VFT_0) durch Bilden des Produktes aus dem Korrekturwert (KB oder KV) und dem Korrekturkoeffizienten (KT); und

35

g) einen in der Steuereinheit (10) enthaltenen Multiplizierer-Addierer (MA), in dem die Öffnungsperiode ($T_{INJinst.}$) des elektromagnetischen Einspritzventils (2) unter Anwendung der folgenden Gleichung:

5

$$T_{INJ(inst.)} = BKMZ_{(stat.)} \times (1+BFT_0)$$

$$\text{oder } T_{INJ(inst.)} = BKMZ_{(stat.)} \times (1-VFT_0)$$

10

berechnet wird; gekennzeichnet durch

h) einen vierten Festwertspeicher (S4), der mit dem Ausgangssignal des ersten Multiplizierers (M1) adressiert wird und eine Zahl (NB oder NV) der Zyklen enthält, während der die Grundöffnungsperiode (BKMZ) um einen gleichbleibenden prozentualen Anteil verändert wird, wenn der neu berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) der Differenz (Δ) nicht größer ist als deren im vorangegangenen Zyklus berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) und/oder kein Wechsel des festgestellten instationären Betriebszustandes eingetreten ist.

6. Elektronisches Einspritzsystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein fünfter Festwertspeicher (S5) vorgesehen ist, der mit dem Ausgangssignal des ersten Multiplizierers (M1) adressiert wird und Dekrementierfaktoren (DB und DV) enthält, mit denen in einem zweiten, in der Steuereinheit (10) enthaltenen Multiplizierer (M2) der Korrekturfaktor (BFT_0 oder VFT_0) in jedem Zyklus multipliziert und dadurch unter Anwendung der folgenden Formel:

30

$$BFT = BFT_0 \times DB^n,$$

$$\text{oder } VFT = VFT_0 \times DV^n,$$

35

wo n die Anzahl der Dekrementierungszyklen ist, dekrementiert und

die Öffnungsperiode nach der folgenden Gleichung:

$$T_{\text{INJ(inst.)}} = \text{BKMZ} \times (1 + \text{BFT})$$

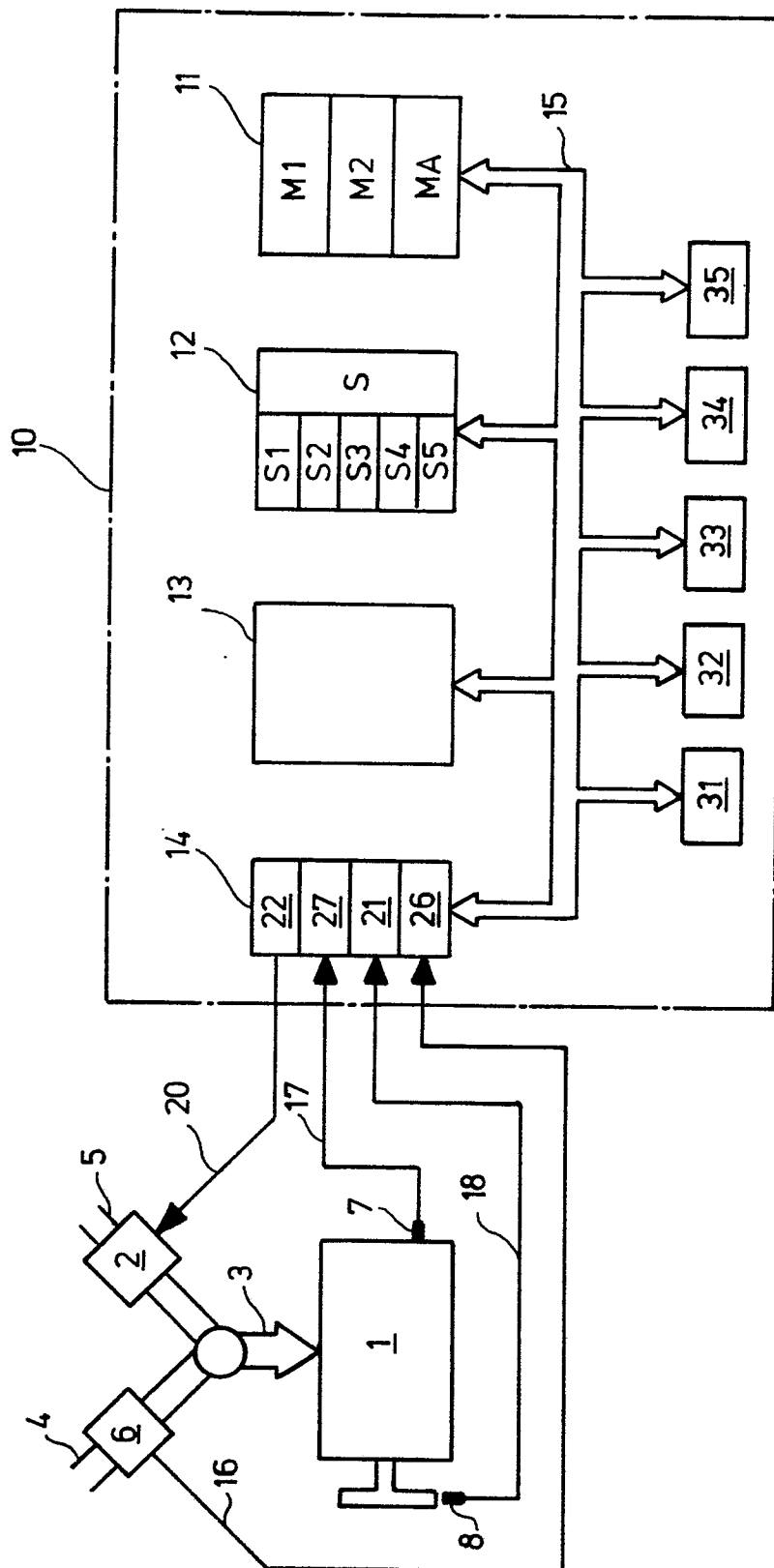
5 oder $T_{\text{INJ(inst.)}} = \text{BKMZ} \times (1 - \text{VFT})$

10 berechnet wird, wenn die Zahl (NB oder NV) der unter h) ermittel-
ten Zyklen, während der die Grundöffnungsperiode (BKMZ) um einen
gleichbleibenden prozentualen Anteil verändert wird, abgelaufen
ist und der neu berechnete Absolutwert ($|\Delta|$) der Differenz (Δ)
nicht größer ist als deren im vorangegangenen Zyklus berechnete
Absolutwert ($|\Delta|$) und/oder kein Wechsel des festgestellten in-
stationären Betriebszustandes eingetreten ist.

15

7. Elektronisches Einspritzsystem nach Anspruch 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß ein Komparator (35) den dekrementierten Korrektur-
faktor (BFT oder VFT) mit einem festgelegten Wert vergleicht und
dessen Ausgangssignal den dekrementierten Korrekturfaktor (BFT oder
20 VFT) beim Unterschreiten des festgelegten Wertes gleich Null setzt.

Fig. 1

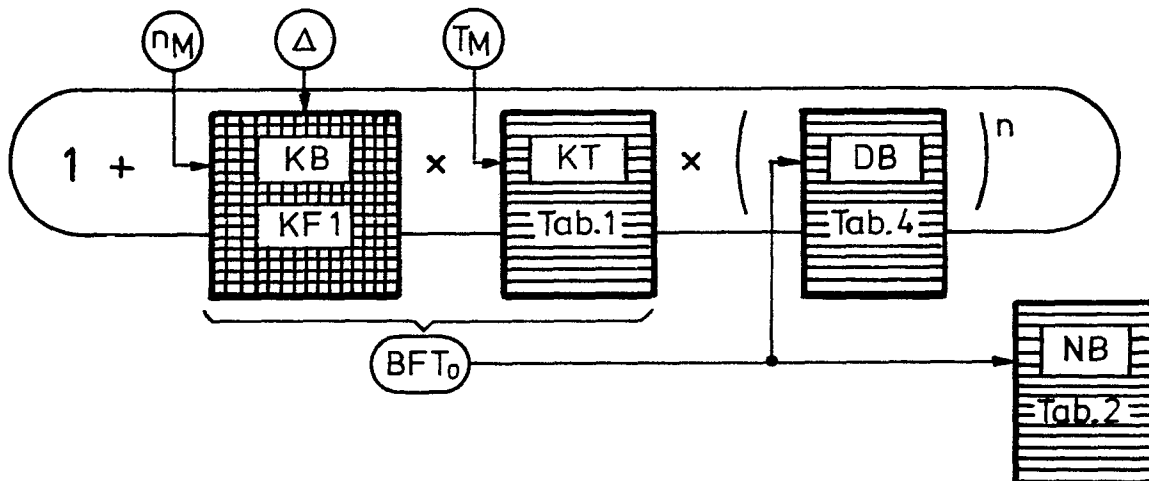


2/5

Fig. 2

Beschleunigungsanreicherung

$$T_{Inj} = BKMZ_{St.} \times \underline{\underline{(1+BFT)}}$$

Verzögerungsabmagerung

$$T_{Inj} = BKMZ_{St.} \times \underline{\underline{(1-VFT)}}$$

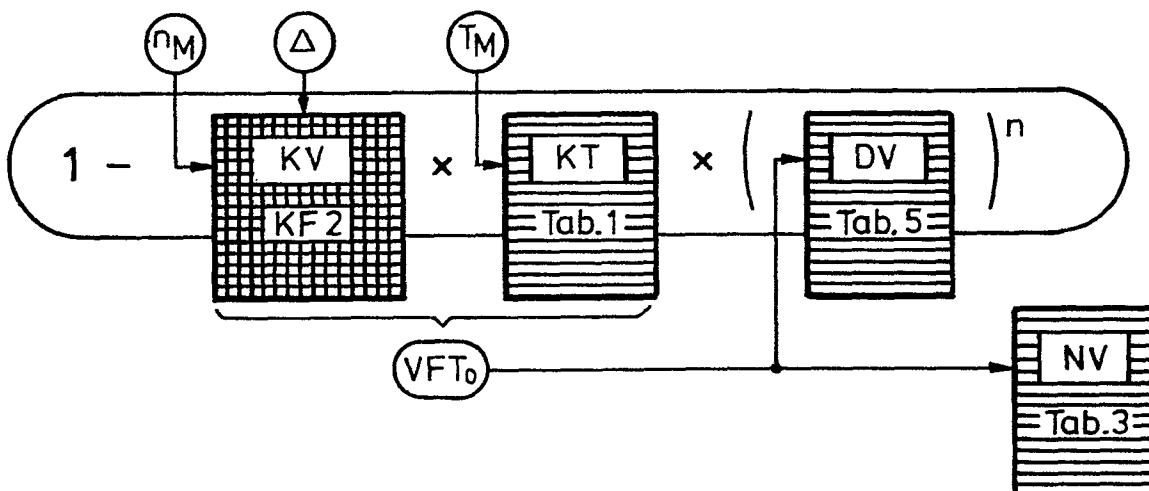


Fig. 3

3/5

0205861

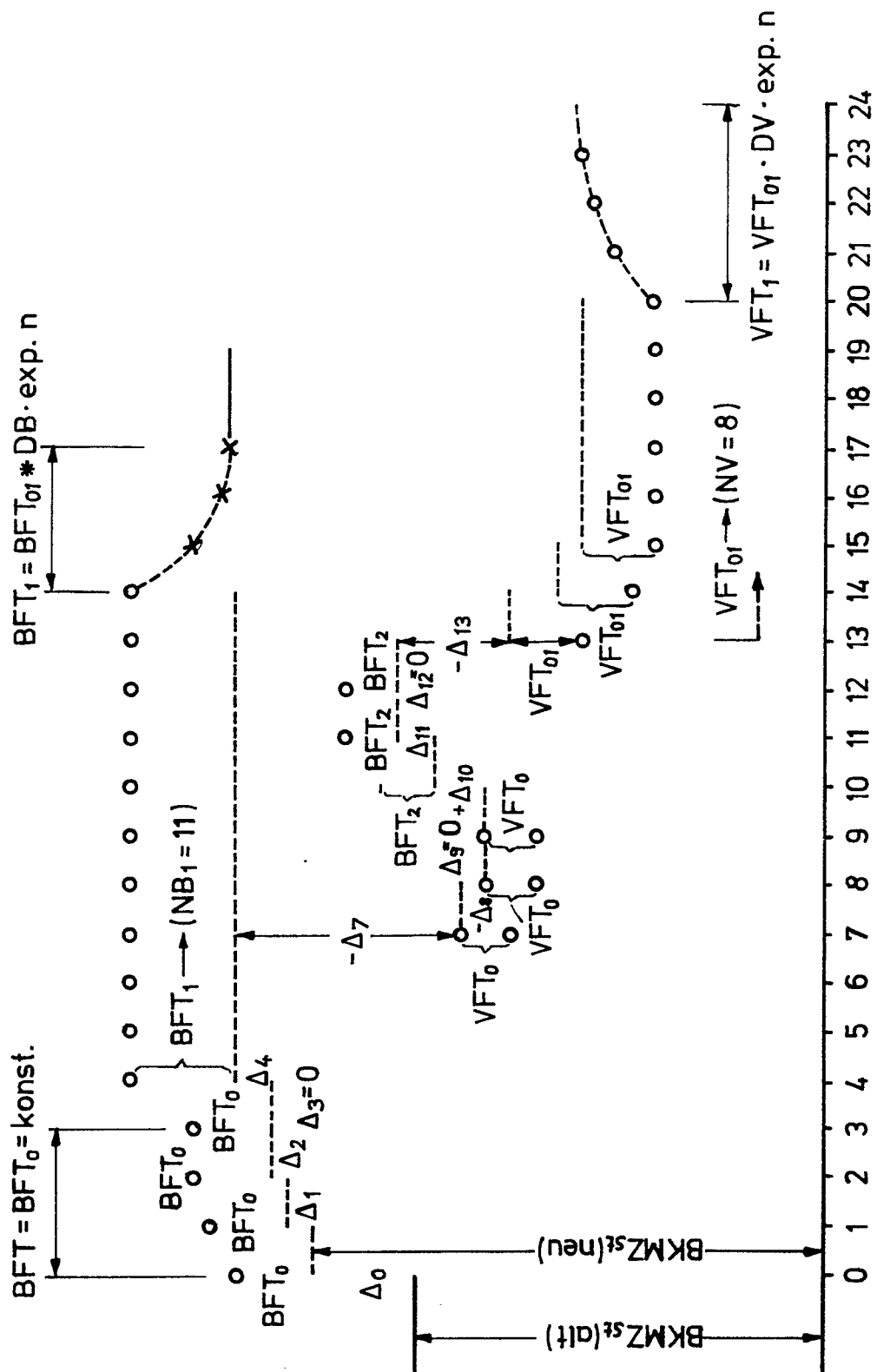


Fig. 4

4/5

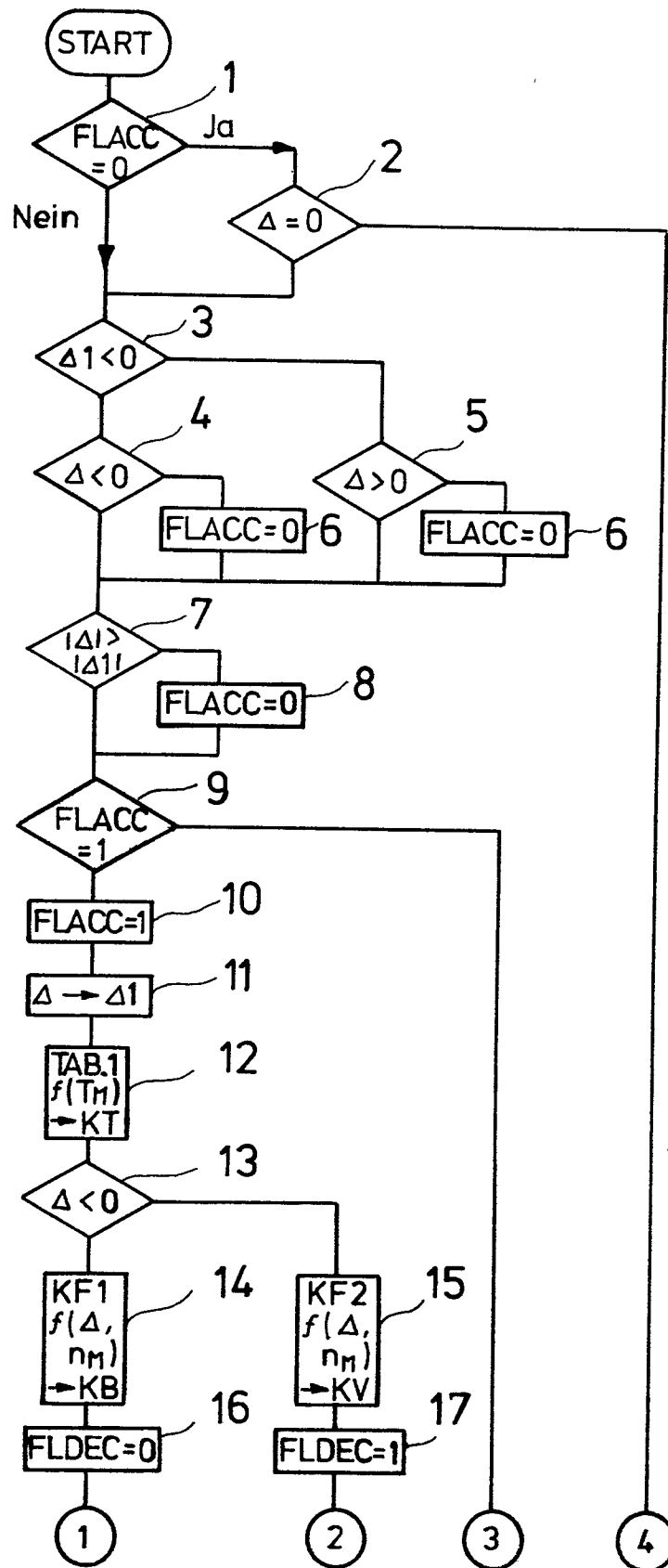


Fig.5

5/5

