

(19)



(11)

EP 2 443 333 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.10.2014 Patentblatt 2014/44

(51) Int Cl.:
F02D 41/20 ^(2006.01) **H01F 7/18** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10720182.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/057638

(22) Anmeldetag: **01.06.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/145936 (23.12.2010 Gazette 2010/51)

(54) **BESTIMMUNG DER ABHEBEVERZÖGERUNG EINES MAGNETVENTILS**

DETERMINATION OF THE LIFT DELAY OF A MAGNETIC VALVE

DÉTERMINATION DU RETARD DE LEVAGE D'UNE ÉLECTROVANNE

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

(30) Priorität: **15.06.2009 DE 102009026930**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.04.2012 Patentblatt 2012/17

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **JOOS, Klaus**
74399 Walheim (DE)
• **SCHLUETER, Ruben**
70188 Stuttgart (DE)
• **NEUBERG, Jens**
70563 Stuttgart (DE)

- **KEMMER, Helerson**
71665 Vaihingen (DE)
- **LEHR, Hans-Peter**
70469 Stuttgart (DE)
- **RAPP, Holger**
71254 Ditzingen (DE)
- **HAMEDOVIC, Haris**
71696 Moeglingen (DE)
- **KOENIG, Joerg**
70197 Stuttgart (DE)
- **HOANG, Anh-Tuan**
El Paso, 79982-0000 (US)
- **WICHERT, Bernd**
71394 Kernen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-94/13991 DE-A1- 3 426 799
DE-A1- 3 942 836 DE-A1- 4 011 217
DE-A1- 4 308 811 US-A1- 2008 148 831

EP 2 443 333 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

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Öffnungsverzugszeit eines Magnetventils. Die Erfindung betrifft ferner ein Steuergerät zum Ansteuern mindestens eines Magnetventils in eine Einspritzanlage in einer Brennkraftmaschine.

[0002] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogramm, das auf einem Rechenggerät, insbesondere auf einem Steuergerät zur Ansteuerung eines Magnetventils, ablauffähig ist.

[0003] Magnetventile sind elektrisch betätigte Schaltventile, die in vielerlei Bereichen zur Zumessung von Gasen oder Flüssigkeiten eingesetzt werden. Beispielsweise werden in Brennkraftmaschinen durch Magnetventile gesteuerte Kraftstoffinjektoren eingesetzt, die die Zumessung des für eine Verbrennung in der Brennkraftmaschine benötigten Kraftstoffs ermöglichen. Bei der Benzin-Direkteinspritzung und der Common-Rail-Einspritzung wird der Kraftstoff direkt in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingespritzt. Für die Verbrennungsqualität und damit den Verbrauch sowie das Abgasverhalten der Brennkraftmaschine ist die zugemessene Kraftstoffmenge von entscheidender Bedeutung. Die zugemessene Kraftstoffmenge wiederum ist von der Öffnungsdauer des Magnetventils abhängig. Die Öffnungsdauer wird über die auch als Bestromungsdauer bezeichnete Ansteuerdauer der in dem Magnetventil vorgesehenen Magnetventilschule eingestellt. Bei Common-Rail-Injektoren für die Diesel-Einspritzung ist das Magnetventil als Servo-Ventil ausgeführt und steuert eine nachgeschaltete Hochdruck-Hydraulik an, welche wiederum die Öffnungs- und Schließbewegung der Düsennadel steuert. Bei der Benzin-Direkteinspritzung wird die Ventilaadel der Einspritzdüse direkt durch das Magnetventil angesteuert.

[0004] Die Öffnungsdauer entspricht der Ansteuerdauer des Magnetventils abzüglich der sogenannten Abhebeverzögerung und zuzüglich der sogenannten Schließdauer. Die Abhebeverzögerung beschreibt die Verzugszeit vom Ansteuerbeginn des Magnetventils bis zum Zeitpunkt des Öffnens; die Schließdauer beschreibt die Verzugszeit vom Ansteuerende bis zum Zeitpunkt des Schließens des Magnetventils.

[0005] Ist die Öffnungsdauer bekannt, so können geeignete Regelungsverfahren zum Einsatz kommen, um die Ansteuerdauer des Magnetventils optimal einzustellen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung einer Öffnungsverzugszeit bzw. einer Abhebeverzögerung eines Magnetventils zu schaffen, wobei die Öffnungsverzugszeit möglichst aktuell ist, so dass Exemplarstreuungen einerseits

und beispielsweise Alterungserscheinungen andererseits berücksichtigt werden können und eine optimierte Kraftstoffzumessung ermöglicht wird.

[0007] Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche 1, 9 und 11 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

[0008] Erfindungsgemäß wird in einer Messphase eine Ansteuerung der Magnetschule durchgeführt und es wird eine Differenz aus dem Beginn der Ansteuerung und aus dem Öffnungszeitpunkt des Magnetventils ermittelt. Für die Bestimmung des Öffnungszeitpunkts in der Messphase wird eine Ansteuerung des Magnetventils durchgeführt. Während der Ansteuerung wird der Ansteuerstrom beobachtet. Wird eine Veränderung in dem Ansteuerstrom erkannt, so wird auf das Erreichen des Öffnungszeitpunktes geschlossen. Vorzugsweise wird in der Messphase eine zumindest annähernd konstante Ansteuerspannung an die Magnetschule angelegt. Dadurch ist ein sicheres Erkennen einer Veränderung in dem Ansteuerstrom gewährleistet, da die Veränderung nicht aus einer geänderten Ansteuerung resultiert, sondern aus dem Verhalten der Magnetschule selbst. Die vorgebbare Veränderung ist insbesondere eine Abflachung des Ansteuerstroms, die vorzugsweise durch Ermittlung eines Minimums des differenzierten Stromsignals ermittelt wird.

[0009] Der Vorteil der Erfindung besteht in einer weiteren Reduzierung der Exemplarstreuung der Einspritzmenge, da das erfindungsgemäße Verfahren individuell für jedes Magnetventil anwendbar ist. Erreicht wird dies durch Einbeziehen der toleranzbehafteten Öffnungsverzugszeit im Regelungsverfahren. Die Mengensteuerung bei der Zumessung der Kraftstoffmenge erfolgt dann durch Regelung der Öffnungsdauer. Durch Messung der Öffnungsverzugszeit in einer separaten Messphase kann die Ansteuerspannung des Magnetventils frei gewählt werden und ist nicht den Einschränkungen während eines normalen Betriebs der Brennkraftmaschine unterworfen. Die Messphase kann zu bestimmten Zeitpunkten oder bei bestimmten Betriebspunkten automatisch eingeleitet werden.

[0010] Die Öffnungsverzugszeit wird aus der Differenz des Öffnungszeitpunkts des Magnetventils und dem Ansteuerbeginn ermittelt, wobei der Ansteuerbeginn bekannt ist und die Öffnungsverzugszeit erfindungsgemäß aus dem Stromverlauf des Ansteuerstroms des Magnetventils ermittelt wird. Hierzu wird ab dem Ansteuerbeginn eine weitestgehend konstante Spannung an die Magnetschule angelegt und der Ansteuerstrom des Magnetventils wird beispielsweise über einen sogenannten Mess-Shunt erfasst und beobachtet. Ein Mess-Shunt ist ein niederohmiger, elektrischer Widerstand, der auch als Nebenschlusswiderstand bezeichnet wird. Es wurde beobachtet, dass ab dem Zeitpunkt des Öffnens des Magnetventils der Stromverlauf des Ansteuerstroms abflacht. Diese Abflachung des Stromsignals wird erfindungsgemäß zum Erkennen des Öffnungszeitpunkts herangezogen.

gen.

[0011] Eine Erkennung der Abflachung des Stromsignals kann beispielsweise durch Ermittlung des Minimums des differenzierten Stromsignals ermittelt werden. Die Differenzierung und Ermittlung des Minimums kann dabei entweder teilweise oder ganz durch analoge Vorverarbeitung oder durch digitale Signalverarbeitung mittels eines Mikrocontrollers erfolgen.

[0012] Der Öffnungszeitpunkt des Magnetventils ist abhängig von der elektrischen Spannung des Ansteuerstroms, mittels dessen das Magnetventil angesteuert wird. Vorteilhafterweise wird deshalb der Öffnungszeitpunkt in einem oder mehreren Arbeitspunkten mit jeweils definierter Ansteuerspannung bestimmt. Aus jedem so ermittelten Öffnungszeitpunkt kann für weitere Ansteuerungen das Öffnungsverhalten beziehungsweise der Öffnungszeitpunkt extrapoliert werden.

[0013] Grundsätzlich kann die Messphase auch während einer normalen Ansteuerung des Magnetventils durchgeführt werden. Vorteilhafterweise wird hierbei jedoch eine zumindest annähernd konstante Ansteuerspannung gewählt, um ein sicheres Erkennen des Öffnungszeitpunktes zu gewährleisten.

[0014] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung der Erfindung in Form eines Computerprogramms, das auf einem Rechengert, insbesondere auf einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung einer Kraftstoffeinspritzung in einer Brennkraftmaschine, ablauffähig ist, wobei das Computerprogramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens programmiert ist. Das Computerprogramm ist vorzugsweise auf einem elektronischen oder optischen Speichermedium abgespeichert.

[0015] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt sind. Dabei können die in den Ansprüchen und die in der Beschreibung genannten Merkmale einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein.

[0016] Es zeigen:

Figur 1 eine stark schematisierte Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffeinspritzanlage und einer Mehrzahl von Magnetventilen,

Figur 2a eine schematische Detailansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Magnetventils in einem geschlossenen Betriebszustand,

Figur 2b eine schematische Detailansicht einer beispielhaften Ausführungsform eines Magnetventils in einem geöffneten Betriebszustand,

Figur 3 eine schematisierte Darstellung des Strom-,

Spannungs- und Ventilhubverlaufs eines Magnetventils,

Figur 4 eine schematische Darstellung eines exemplarischen Stromverlaufs, einer Ableitung des Stromverlaufs und des Nadelhubs für zwei unterschiedliche elektrische Spannungen des Ansteuerstromes,

Figur 5 ein schematisches Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0017] In Figur 1 ist eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt, die einen Kraftstoffvorratsbehälter 12 umfasst, aus dem mittels eines Fördersystems 14 Kraftstoff in eine Kraftstoffhochdruckleitung 16 gefördert wird. Die Hochdruckleitung 16 ist beispielsweise als Common-Rail ausgebildet. Die Hochdruckleitung 16 ist mit Magnetventilen 18 verbunden, die es ermöglichen, Kraftstoff direkt in den Magnetventilen 18 jeweils zugeordnete Brennräume 20 einzuspritzen. Der Betrieb der Brennkraftmaschine 10 und insbesondere der Kraftstoffeinspritzanlage, die beispielsweise durch das Fördersystem 14, die Hochdruckleitung 16 und die Magnetventile 18 gebildet ist, wird von einer Steuerung und Regeleinrichtung, beispielsweise einem Steuergerät 22, gesteuert beziehungsweise geregelt. Das Steuergerät 22 ermöglicht die Erfassung von Eingabewerten und die Bereitstellung von Ausgabewerten beziehungsweise die Ansteuerung von Aktoren, insbesondere die Ansteuerung der Magnetventile 18.

[0018] In Figur 2 ist schematisch ein in Figur 1 gezeigtes Magnetventil 18 vergrößert dargestellt. Das Magnetventil 18 weist einen elektromagnetischen Aktor auf, der eine Magnetspule 26 und einen mit der Magnetspule 26 zusammenwirkenden Magnetanker 30 besitzt. Der Magnetanker 30 ist so mit einer Ventilsnadel 28 verbunden, dass er bezogen auf eine in Figur 2 vertikale Bewegungsrichtung der Ventilsnadel 28 bewegbar ist. Eine Ventilsfeder 36 übt eine Federkraft auf die Ventilsnadel 28 aus, so dass diese in einem Ventilsitz 38 gehalten wird.

[0019] Eine Ansteuerung des Magnetventils 18 durch das Steuergerät 22 bewirkt eine Bestromung der Magnetspule 26, wodurch sich der Magnetanker 30 nach oben bewegt, so dass er unter Eingreifen in einen Anschlag die Ventilsnadel 28 gegen die Federkraft aus ihrem Ventilsitz 38 herausbewegt. Diese Situation ist in Figur 2b gezeigt. Dort kann nun Kraftstoff 42 von dem Magnetventil 18 in den Brennraum 20 eingespritzt werden.

[0020] In Figur 3 sind die Verläufe eines Ansteuerstroms 60, eines Ansteuerstroms 61 und eines Ventilhubes 62 des Magnetventils 18 dargestellt.

[0021] Die Ansteuerung des Magnetventils 18 beginnt in einem Zeitpunkt T0. In einem Zeitpunkt T1 erfolgt das Öffnen des Magnetventils 18. Die Zeitspanne zwischen T0 und T1 wird als Abhebeverzögerung beziehungsweise Öffnungsverzugszeit t_{01} bezeichnet. Zu einem Zeitpunkt T2 ist das Magnetventil 18 geöffnet. Die Zeitspan-

ne t_{12} bezeichnet die Öffnungsdauer des Magnetventils 18.

[0022] In einem Zeitpunkt T4 endet die Ansteuerung des Magnetventils 18 und in einem Zeitpunkt T5 erfolgt der Schließvorgang des Magnetventils 18 mit einer Zeitverzögerung t_{45} . Die Zeitverzögerung t_{45} entspricht der Differenz aus dem Zeitpunkt T5 und dem Zeitpunkt T4. In einem Zeitpunkt T6 ist das Magnetventil 18 geschlossen.

[0023] Die in Figur 3 dargestellte Situation zeigt einen normalen Betrieb des Magnetventils 18, beispielsweise während des Betriebs einer Brennkraftmaschine 10, um den bei der Verbrennung benötigten Kraftstoff 42 zuzumessen. Hierzu wird an das Magnetventil 18 zunächst in einer sogenannten Boost-Phase t_{02} eine besonders hohe Spannung angelegt, um möglichst rasch einen Stromanstieg zu erreichen. In der sogenannten Batteriephase t_{23} wird die Spannung des Ansteuerstroms reduziert; damit ist die Stromanstiegsphase beendet. Zwischen den Zeitpunkten T3 und T4 wird das Magnetventil 18 durch einzelne Spannungsimpulse angesteuert, die ein Erhalten des Ansteuerstroms bewirken.

[0024] Die sogenannte Öffnungsdauer t_{16} lässt sich damit folgendermaßen bestimmen:

$$t_{16} = t_{04} - t_{01} + t_{46}.$$

[0025] Dies bedeutet, dass die Öffnungsdauer t_{16} sich aus der Ansteuerdauer t_{04} bestimmen lässt, wobei von der Ansteuerdauer t_{04} die Öffnungsverzugszeit t_{01} subtrahiert wird und die Schließverzugszeit t_{46} addiert wird.

[0026] Figur 4 zeigt exemplarisch zwei Stromverläufe 60a, 60b, Ableitungen 70a, 70b der Stromverläufe 60a, 60b und Nadelhubverläufe 80a, 80b während einer erfindungsgemäßen Messphase. Bei den Kurven 70a und 70b ist zu erkennen, dass die jeweils signifikanten lokalen Minima den Zeitpunkten T1a und T1b entsprechen, an denen eine Öffnung des Magnetventils 18 erfolgt.

[0027] In der Messphase ist eine konstante Ansteuerung des Ventils gewählt. Dies muss auch dann sichergestellt sein, wenn die Messphase während des Betriebs der Brennkraftmaschine erfolgt, da sonst ein sicheres Erkennen des Öffnungszeitpunkts aus dem Stromverlauf nicht möglich ist.

[0028] Beim Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ist nicht in allen Betriebsbereichen sichergestellt, dass während einer normalen Ansteuerung der Magnetventile 18 beim Ende der Stromanstiegsphase, also der Boost-Phase t_{02} der Öffnungszeitpunkt T1 tatsächlich erreicht ist. Die Boost-Phase bei normaler Ansteuerung der Magnetventile 18 kann nicht beliebig verlängert werden bis der Öffnungszeitpunkt T1 des Magnetventils 18 sicher erreicht ist, da das Magnetventil 18 durch die hierfür notwendige hohe Energieeinkopplung mit zu hoher Geschwindigkeit an dem oberen Ventilanschlag aufschlagen würde. Vorzugsweise wird deshalb eine Messung

des Öffnungszeitpunkts T1 nur in ausgewählten Betriebsbereichen durchgeführt. Alternativ oder ergänzend hierzu können die Messungen in einer separaten Messphase durchgeführt werden. Während einer solchen Messphase können dann geeignete Ansteuerspannungen gewählt werden, die vorteilhafterweise unter den Ventilansteuerspannungen liegen, die während des normalen Ansteuerens, also beispielsweise während normaler Einspritzungen verwendet werden. Durch die geringere Ansteuerspannung während der Messphase verlängert sich die gemessene Öffnungsverzugszeit t_{01} . Diese wird anschließend deshalb in die bei einer Betriebsansteuerspannung sich ergebende Öffnungsverzugszeit umgerechnet. Da die tatsächliche Öffnungsverzugszeit erheblich kleiner ist als die gemessene Öffnungsverzugszeit, wirken sich Messungenauigkeiten nur in stark abgeschwächter Form auf die tatsächliche Ansteuerung aus.

[0029] Vorzugsweise wird während der separaten Messphase eine Echtzeitsignalauswertung des Stromverlaufs durchgeführt. Sobald der Öffnungszeitpunkt T1 detektiert wird, wird die Messphase unverzüglich abgebrochen. Dadurch kann das Einspritzen einer unerwünschten Kraftstoffmenge vermieden, zumindest jedoch reduziert werden. Wird eine niedrige Ansteuerung gewählt, so wird die Öffnungsgenauigkeit der Ventilanadel 28 reduziert, wodurch die eventuell ungewollt eingespritzte Kraftstoffmenge 42 auf ein für die Brennkraftmaschine 10 nicht relevantes Maß reduziert wird.

[0030] In Figur 5 ist ein stark schematisiertes Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Das Verfahren beginnt in einem Schritt 100, in dem die Messphase begonnen wird. Insbesondere erfolgt hier eine Ansteuerung des Magnetventils 18 mittels des Ansteuerstroms 60. In einem Schritt 101 wird der Ansteuerstrom 60 erfasst und beobachtet. In dem Schritt 101 wird beispielsweise die Ableitung 70a, 70b des erfassten Ansteuerstroms 60 gebildet.

[0031] In einem Schritt 102 wird geprüft, ob eine Änderung des Ansteuerstroms 60 vorliegt, die das Erreichen des Öffnungszeitpunkts T1 anzeigt. Hierzu wird beispielsweise der Verlauf der Ableitung 70a, 70b des Ansteuerstroms 60 daraufhin untersucht, ob ein lokales Minimum vorliegt. Ist dies nicht der Fall, so wird in dem Schritt 101 weiter überwacht.

[0032] Wird jedoch in dem Schritt 102 das Vorliegen des Öffnungszeitpunkts T1 detektiert, so wird in einem Schritt 103 der ermittelte Öffnungszeitpunkt in einem geeigneten Kennfeld abgespeichert, gegebenenfalls nach Kompensation von Effekten, die aus einer gering gewählten Ansteuerspannung in der Messphase resultieren. In einem Schritt 104 werden aus den ermittelten Öffnungszeitpunkten für weitere Arbeitspunkte Öffnungszeitpunkte extrapoliert und ebenfalls in das Kennfeld abgespeichert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Öffnungsverzugszeit (t_{01}) eines Magnetventils (18) bei dem in einer Messphase eine Ansteuerung des Magnetventils (18) erfolgt und eine Differenz aus dem Beginn einer Ansteuerung und aus dem Öffnungszeitpunkt (T1) des Magnetventils (18) ermittelt wird, wobei für die Bestimmung des Öffnungszeitpunkts (T1) eine Ansteuerung des Magnetventils (18) in der Messphase erfolgt, während der Ansteuerung der Ansteuerstrom (60) beobachtet wird und bei Erkennen einer vorgebbaren Veränderung in dem Ansteuerstrom (60) auf das Erreichen des Öffnungszeitpunktes (T1) geschlossen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Öffnungszeitpunkt in einer separaten Messphase ermittelt wird, so dass der Ansteuerstrom (60, 60a, 60b) des Magnetventils (18) in der Messphase unabhängig ist von der Ansteuerung des Magnetventils (18) zum Zwecke einer Einspritzung. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Messphase eine zumindest annähernd konstante Ansteuerspannung (60a, 60b) an das Magnetventil (18) angelegt wird. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beobachtung des Ansteuerstroms (60; 60a, 60b) mittels eines Messshunts erfolgt. 15
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgebbare Veränderung eine Abflachung des Ansteuerstroms (60; 60a, 60b) beschreibt. 20
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abflachung durch Ermittlung eines Minimums des differenzierten Ansteuerstroms ermittelt wird. 25
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Öffnungszeitpunkt in mindestens einem Arbeitspunkt mit definierter Ansteuerspannung bestimmt wird und aus dem Öffnungszeitpunkt (T1) das Öffnungsverhalten für mindestens eine weitere Ansteuerspannung zu einem anderen Arbeitspunkt extrapoliert wird. 30
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der separaten Messphase die Ansteuerspannung so gewählt wird, dass diese unterhalb der Ansteuerspannung liegt, die während des normalen Betriebs des Magnetventils angelegt wird, und dass die Berechnung der während des normalen Betriebs auftretenden Öffnungsverzugszeit (T1) auf Grundlage der in der separaten Messphase ermittelten Öffnungsverzugszeit berechnet wird. 35

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Messphase der Öffnungszeitpunkt (T1) mittels einer Echtzeitsignalauswertung ermittelt wird und die Messphase abgebrochen wird, sobald der Öffnungszeitpunkt (T1) erkannt wird. 40
9. Steuergerät (22) zum Ansteuern mindestens eines Magnetventils (10) in einer Einspritzanlage in einer Brennkraftmaschine (10), **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät (22) Mittel zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 umfaßt. 45
10. Steuergerät (22) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät (22) zur Ansteuerung der Magnetventile (18) in der Messphase mit einer derart niedrigen Ansteuerspannung ausgebildet ist, dass die während der Messphase eingespritzte Kraftstoffmenge (42) auf ein für den Betrieb der Brennkraftmaschine (10) nicht relevantes Maß reduziert ist. 50
11. Computerprogramm, das auf einem Recheng Gerät, insbesondere auf einem Steuergerät (22) zur Ansteuerung eines Magnetventils (18), ablauffähig ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Computerprogramm zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 programmiert ist, wenn das Computerprogramm auf dem Recheng Gerät ausgeführt wird. 55

Claims

1. Method for determining the opening delay (t_{01}) of a magnetic valve (18), in which in a measurement phase the magnetic valve (18) is actuated and a difference between the start of actuation and the opening time (T1) of the magnetic valve (18) is determined, wherein for the determination of the opening time (T1) the magnetic valve (18) is actuated in the measurement phase, the actuation current (60) is observed during the actuation, and when a predefined change in the actuation current (60) is detected it is concluded that the opening time (T1) has been reached, **characterized in that** the opening time is determined in a separate measurement phase, with the result that the actuation current (60, 60a, 60b) of the magnetic valve (18) in the measurement phase is independent of the actuation of the magnetic valve (18) for the purpose of an injection. 60
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** in the measurement phase an at least approximately constant actuation voltage (60a, 60b) is applied to the magnetic valve (18). 65

3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the actuation current (60; 60a, 60b) is observed by means of a measuring shunt.
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the predefinable change describes flattening of the actuation current (60; 60a, 60b).
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the flattening is determined by determining a minimum of the differentiated actuation current.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the opening time is determined at at least one operating point with a defined actuation voltage, and the opening behaviour of at least one further actuation voltage at another operating point is extrapolated from the opening time (T1).
7. Method according to Claim 6, **characterized in that** in the separate measurement phase the actuation voltage is selected such that it is below the actuation voltage which is applied during the normal operation of the magnetic valve, and **in that** the calculation of the opening delay (t_{01}) which occurs during the normal operation is calculated on the basis of the opening delay determined in the separate measurement phase.
8. Method according to Claim 6 or 7, **characterized in that** during the measurement phase the opening time (T1) is determined by means of a real-time signal evaluation, and the measurement phase is aborted as soon as the opening time (T1) is detected.
9. Control unit (22) for actuating at least one magnetic valve (10) in an injection system in an internal combustion engine (10), **characterized in that** the control unit (22) comprises means for carrying out a method according to one of Claims 1 to 9.
10. Control unit (22) according to Claim 9, **characterized in that** the control unit (22) is designed to actuate the magnetic valves (18) in the measurement phase with such a low actuation voltage that the fuel quantity (42) injected during the measurement phase is reduced to an amount which is not relevant for the operation of the internal combustion engine (10).
11. Computer program which can run on a computing unit, in particular on a control unit (22) for actuating a magnetic valve (18), **characterized in that** the computer program is programmed to carry out a method according to one of Claims 1 to 8 when the computer program is executed on the computing

unit.

Revendications

1. Procédé pour définir le temps de retard d'ouverture (t_{01}) d'une électrovanne (18), selon lequel une commande de l'électrovanne (18) a lieu dans une phase de mesure et une différence est déterminée à partir du début d'une commande et à partir de l'instant d'ouverture (T1) de l'électrovanne (18), l'instant d'ouverture (T1) étant défini en effectuant une commande de l'électrovanne (18) dans la phase de mesure, en observant le courant de commande (60) pendant la commande et en déduisant que l'instant d'ouverture (T1) a été atteint lorsqu'une variation pouvant être prédéfinie est détectée dans le courant de commande (60), **caractérisé en ce que** l'instant d'ouverture est déterminé dans une phase de mesure séparée, de sorte que le courant de commande (60, 60a, 60b) de l'électrovanne (18) dans la phase de mesure est indépendant de la commande de l'électrovanne (18) à des fins d'injection.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans la phase de mesure, une tension de commande (60a, 60b) au moins approximativement constante est appliquée à l'électrovanne (18).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'observation du courant de commande (60 ; 60a, 60b) est réalisée à l'aide d'un shunt de mesure.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la variation pouvant être prédéfinie décrit un aplatissement du courant de commande (60 ; 60a, 60b).
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'aplatissement est déterminé par une détermination d'un minimum du courant de commande différencié.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'instant d'ouverture est défini dans au moins un point de fonctionnement avec une tension de commande définie et le comportement d'ouverture pour au moins une tension de commande supplémentaire à un autre point de fonctionnement est extrapolé à partir de l'instant d'ouverture (T1).
7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** dans la phase de mesure séparée, la tension de commande est choisie de telle sorte que celle-ci est inférieure à la tension de commande qui est appliquée pendant le fonctionnement normal de l'élec-

trovanne, et **en ce que** le calcul du temps de retard d'ouverture (t_{01}) qui survient pendant le fonctionnement normal est calculé en se basant sur le temps de retard d'ouverture déterminé dans la phase de mesure séparée.

5

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** pendant la phase de mesure, l'instant d'ouverture (T1) est déterminé au moyen d'une interprétation du signal en temps réel et la phase de mesure est interrompue dès que l'instant d'ouverture (T1) est détecté. 10
9. Contrôleur (22) pour commander au moins une électrovanne (10) dans un système d'injection dans un moteur à combustion interne (10), **caractérisé en ce que** le contrôleur (22) comprend des moyens pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 9. 15
10. Contrôleur (22) selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le contrôleur (22) est configuré pour commander les électrovannes (18) dans la phase de mesure avec une tension de commande faible au point que la quantité de carburant (42) injectée pendant la phase de mesure est réduite à une valeur non pertinente pour le fonctionnement du moteur à combustion interne (10). 20 25
11. Programme informatique qui peut être exécuté sur un calculateur, notamment sur un contrôleur (22) destiné à commander une électrovanne (18), **caractérisé en ce que** le programme informatique est programmé pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 8 lorsque le programme informatique est exécuté sur le calculateur. 30 35

40

45

50

55

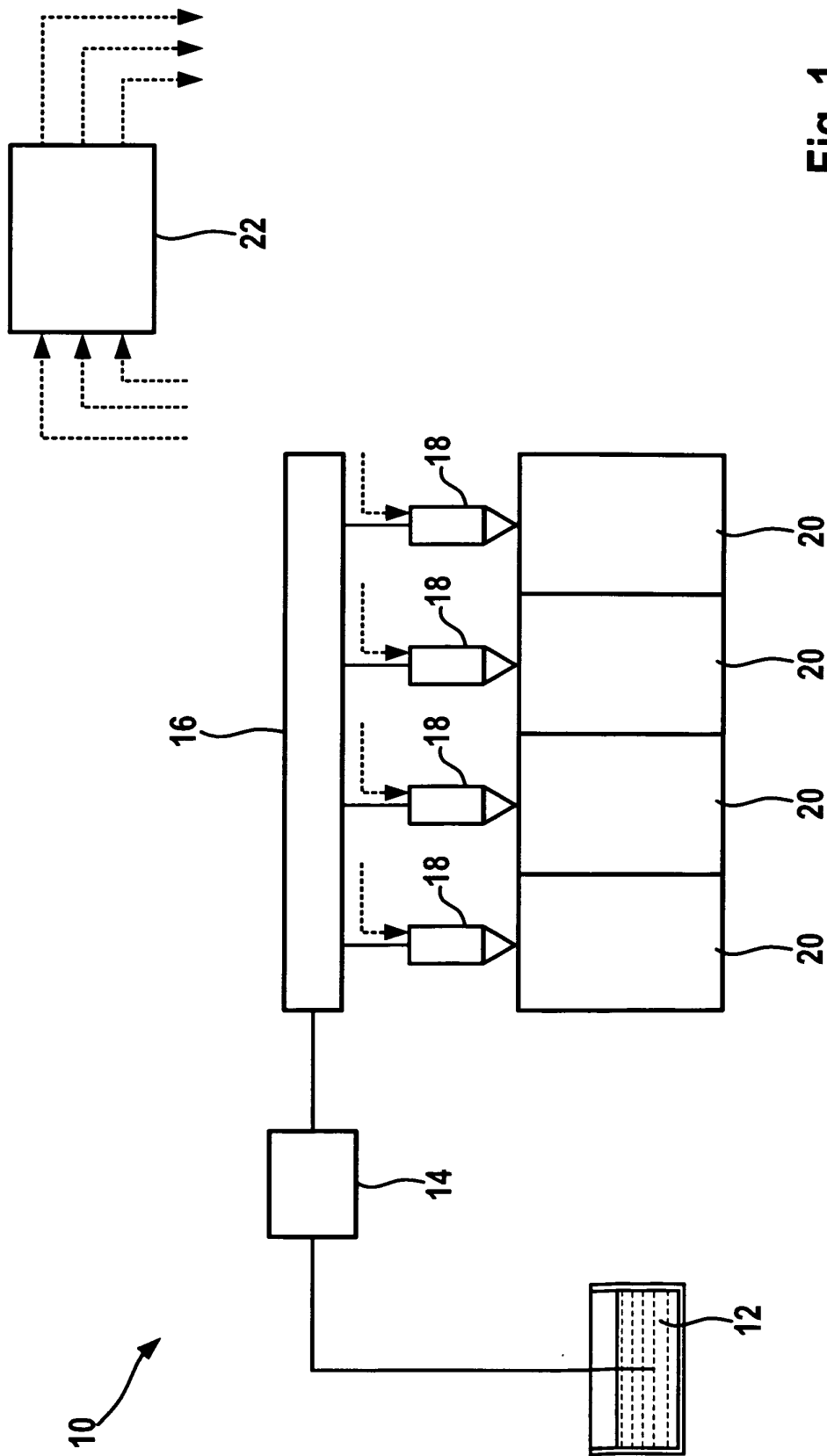
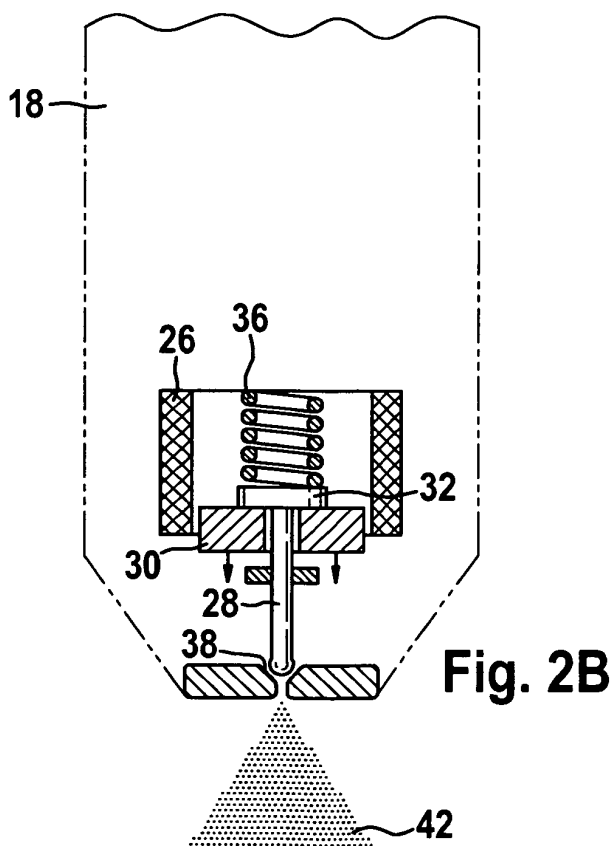
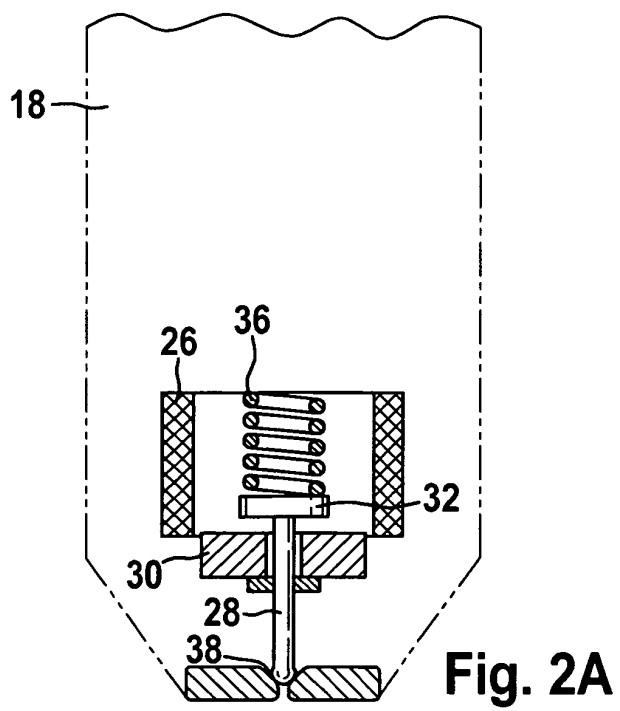


Fig. 1



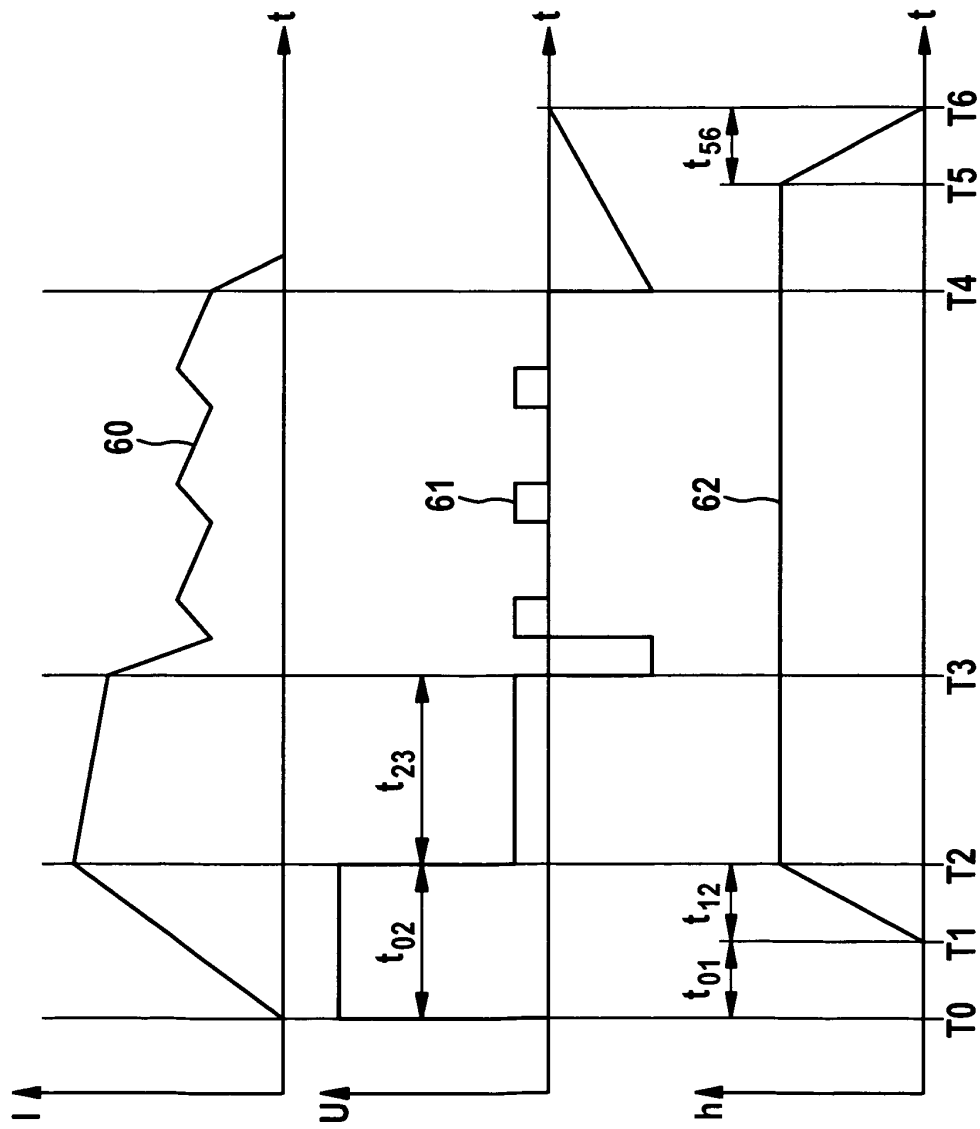


Fig. 3

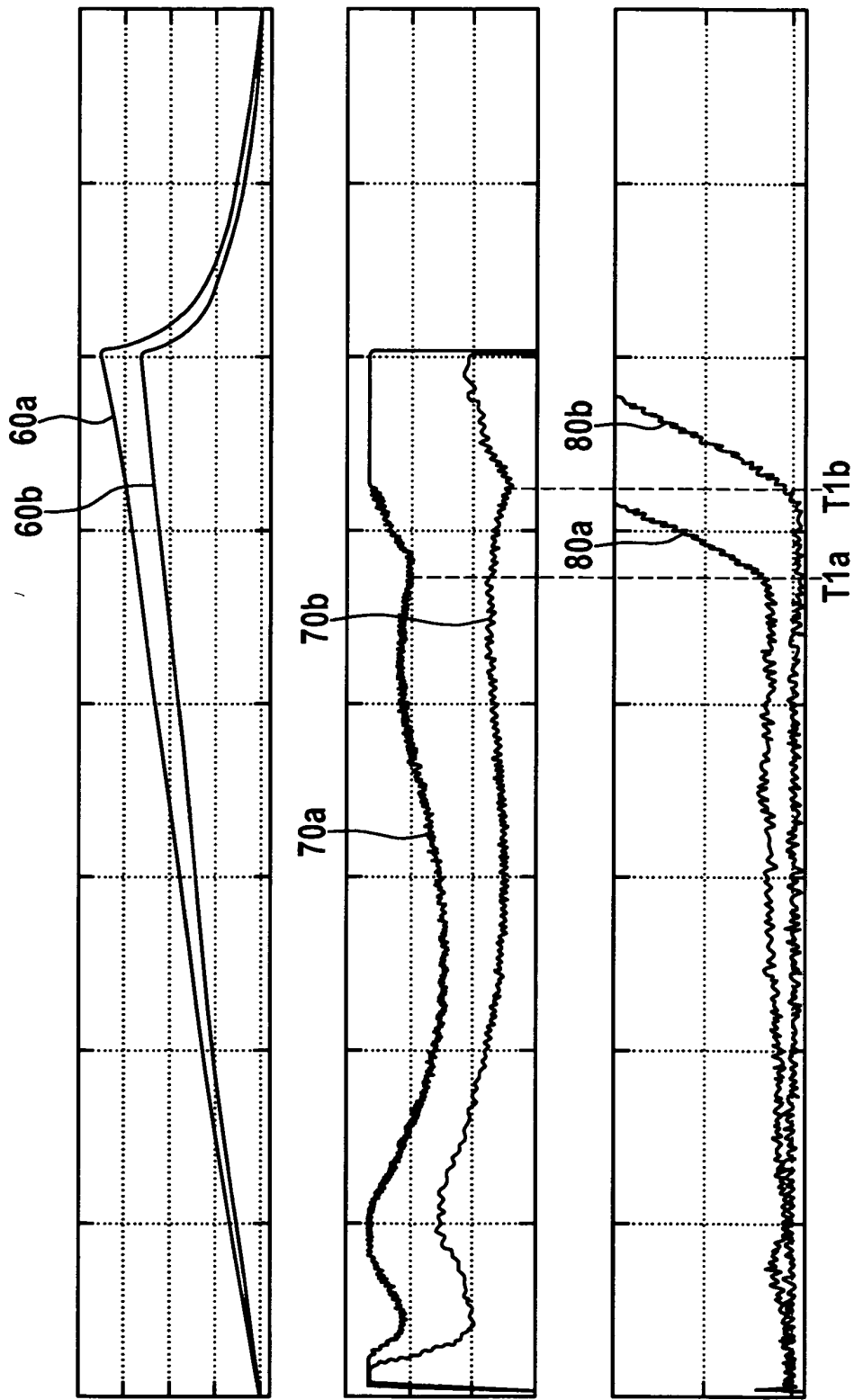


Fig. 4

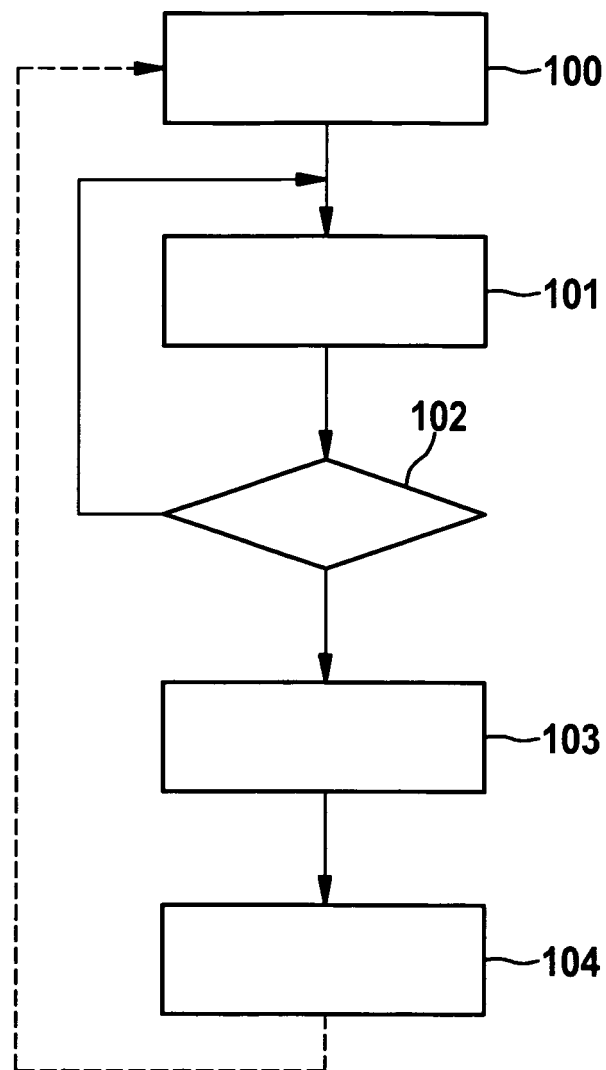


Fig. 5