



(10) **DE 10 2015 217 955 A1** 2016.04.21

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 217 955.9**

(22) Anmeldetag: **18.09.2015**

(43) Offenlegungstag: **21.04.2016**

(51) Int Cl.: **F16K 37/00 (2006.01)**

H01F 7/18 (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2014 221 273.1 21.10.2014

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

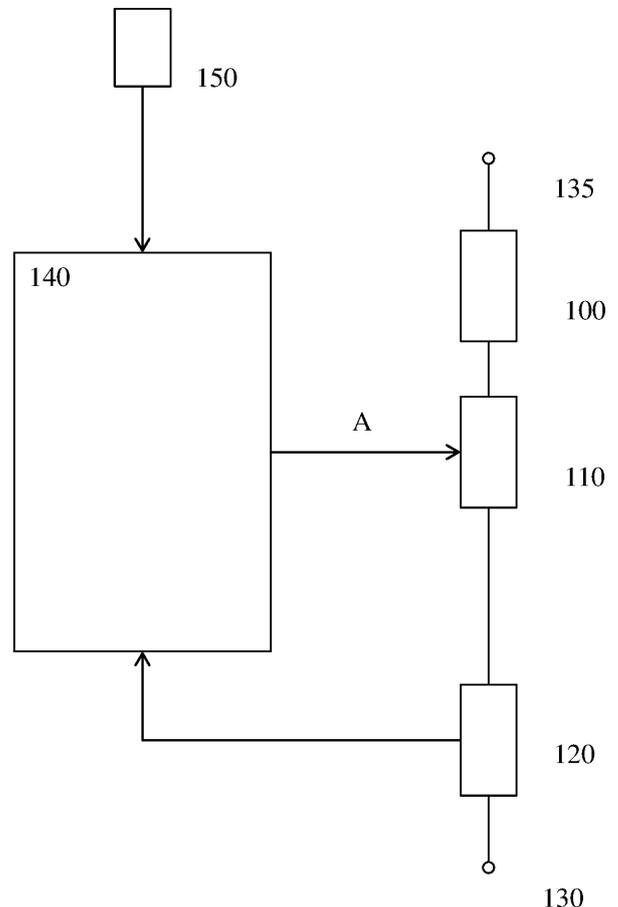
(72) Erfinder:

Rupp, Andreas, 71672 Marbach, DE; Fischer, Wolfgang, 70839 Gerlingen, DE; Hamedovic, Haris, 71696 Möglingen, DE; Steinbrecher, Christian, 71032 Böblingen, DE; Reineke, Bastian, 71701 Schwieberdingen, DE; Jahn, Stephan, 70499 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Steuerung von wenigstens einem schaltbaren Ventil**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung von wenigstens einem schaltbaren Ventil, wobei bei der Ansteuerung des wenigstens einen Ventils ein die Ventilbewegung verlangsamerender Bremsimpuls erzeugt wird, das die Position und/oder die Länge des Bremsimpulses abhängig von einem Schaltzeitpunkt des Ventils vorgegeben wird, das überprüft wird, ob ein charakteristisches Merkmal auftritt, das den Schaltzeitpunkt anzeigt, und das ausgehend von der Position des charakteristischen Merkmals die Position und/oder die Länge des Bremsimpulses angepasst wird.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung nach Gattung der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Aus der DE 10 2009 000 132 A1 ist ein Verfahren zur Steuerung von wenigstens einem schaltbaren Ventil bekannt. Dort wird bei der Ansteuerung des wenigstens einen Ventils ein die Ventilbewegung verlangsamer Bremsimpuls erzeugt. Die Position und/oder die Länge des Bremsimpulses werden abhängig von einem Schaltzeitpunkt des Ventils vorgegeben. Die Wirkung auf das Schaltgeräusch hängt dabei wesentlich von der Position und der Dauer des Bremsimpulses ab.

[0003] Erfolgt der Bremsimpuls nicht zum richtigen Zeitpunkt und der richtigen Dauer, so entfaltet er nicht seine volle Wirksamkeit. Im Extremfall hat er gar keine Wirkung. Auf Grund von sich ändernden Bedingungen und/oder von Alterungseffekten am Ventil ändert sich der Zeitpunkt, bei dem Schaltzeitpunkt auftritt. Damit ändert sich auch der Zeitpunkt, bei dem der Bremsimpuls seine volle Wirksamkeit entfaltet.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

[0004] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass die Geräuschwirkung auch bei sich ändernden Randbedingungen, wie beispielsweise der Spannung, die am Ventil anliegt, dem Druck des Kraftstoffs und der Temperatur, erhalten bleibt.

[0005] Dies wird vorzugsweise dadurch erreicht, dass überprüft wird, ob ein charakteristisches Merkmal auftritt, das beispielsweise das Flugverhalten der Ventilmadel anzeigt, und dass bei Auftreten des charakteristischen Merkmals ausgehend von der Position des charakteristischen Merkmals die Position und/oder die Länge des Bremsimpuls angepasst wird.

[0006] Besonders vorteilhaft ist es, wenn ausgehend von dem charakteristischen Merkmal eine korrigierte Position und/oder Länge des Bremsimpulses ermittelt wird.

[0007] Bei einer verbesserten Ausführungsform werden die Position und/oder die Länge des Bremsimpulses abhängig von weiteren Kenngrößen, wie der Temperatur, dem Druck und/oder der Spannung vorgegeben. Dadurch ist eine genauere Vorgabe des Bremsimpulses möglich.

[0008] Besonders vorteilhaft ist es, wenn als charakteristisches Merkmal ein Schaltzeitpunkt verwendet wird. Bei dem Schaltzeitpunkt erreicht die Ventilmadel ihren Anschlag. Idealerweise wird der Bremsimpuls kurz vor Erreichen des Schaltzeitpunkts ausgelöst.

[0009] Besonders einfach lässt sich das charakteristische Merkmal ermitteln, wenn es sich bei dem charakteristischen Merkmal um einen Knick im Spannungsverlauf oder dem Stromverlauf handelt, der ausgehend von der ersten Ableitung des Spannungsverlaufs oder des Stromverlaufs erkannt wird.

[0010] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Schaltzeitpunkt ausgehend von der zweiten Ableitung des Spannungsverlaufs erkannt wird.

[0011] Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform handelt es sich bei dem charakteristischen Merkmal um den Beginn einer Flugphase der Ventilmadel. Der Beginn der Flugphase liegt vor der Position des Bremsimpulses und wird daher durch diesen nicht beeinflusst. Daher kann dieses charakteristische Merkmal auch dann ermittelt werden, wenn eine Ansteuerung mit Bremsimpuls erfolgt.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0013] Besonders vorteilhaft ist, dass der Beginn der Flugphase aus der ersten Ableitung des Stromverlaufs erkannt wird.

[0014] In einem weiteren Aspekt betrifft die Erfindung Programmcode zusammen mit Verarbeitungsanweisungen zum Erstellen eines auf einem Steuergerät ablauffähigen Computerprogramms, insbesondere Sourcecode mit Compiler- und/oder Verlinkungsanweisungen, wobei der Programmcode das Computerprogramm zur Ausführung aller Schritte eines der beschriebenen Verfahren ergibt, wenn er gemäß der Verarbeitungsanweisungen in ein ablauffähiges Computerprogramm umgewandelt werden, also insbesondere kompiliert und/oder verlinkt werden. Dieser Programmcode kann insbesondere durch Quellcode gegeben sein, welche beispielsweise von einem Server im Internet herunterladbar sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0016] Fig. 1 die wesentlichen Elemente einer Vorrichtung zur Ansteuerung eines Ventils,

[0017] Fig. 2 verschiedene über Zeit aufgetragene Signale und

[0018] Fig. 3 bis Fig. 6 Stromverläufe und/oder Spannungsverläufe verschiedener Ausführungsformen.

Ausführungsformen der Erfindung

[0019] In der Fig. 1 ist eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines Ventils **100** gezeigt. Das Ventil **100** ist in der dargestellten Ausführungsform in Reihe mit einem Schaltmittel **110** und einem Messmittel **120** zwischen den beiden Anschlüssen **130** und **135** einer Stromversorgung geschaltet. Von einem Steuergerät **140** wird das Schaltmittel **110** mit einem Ansteuersignal A beaufschlagt. Das Messmittel **120** beaufschlagt das Steuergerät **140** mit einer Messgröße. Des Weiteren sind Sensoren **150** vorgesehen, die Sensorsignale an das Steuergerät **140** weiterleiten.

[0020] Die Reihenfolge und die Anzahl der in Reihe geschalteten Elemente sind nur beispielhaft dargestellt. Die Messmittel **120**, das Schaltmittel **110** und das Ventil **100** können auch in einer anderen Reihenfolge angeordnet sein. Ferner kann vorgesehen sein, dass weitere Schaltmittel oder andere Schaltungselemente vorgesehen sind.

[0021] Das Steuergerät **140** berechnet ausgehend von verschiedenen Sensorsignalen und weiteren im Steuergerät vorliegenden Größen ein Ansteuersignal A zur Beaufschlagung des Schaltmittels **110**. Abhängig von der Stellung des Schaltmittels **110** fließt durch das Ventil **100** ein Strom. Abhängig von dem Strom stellt sich ein Spannungsabfall am Ventil ein. Mittels des Strommessmittels **120** wird insbesondere, der durch das Ventil **100** fließende Strom, gemessen. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass der Spannungsabfall am Ventil **100** mit einem geeigneten Messmittel **120** erfasst wird.

[0022] Beim Öffnen bzw. beim Schließen des Ventils aufgrund der Bestromung treten Schaltgeräusche auf. Es ist bekannt, dass diese Schaltgeräusche durch Unterbrechung der Ansteuerung beim Einschalten bzw. durch ein kurzzeitiges Wiedereinschalten nach dem Abschalten wesentlich gemindert werden. Die Wirkung auf das Schaltgeräusch hängt dabei von dem Zeitpunkt und der Dauer der beiden so genannten Bremsimpulse ab.

[0023] In der Fig. 2a ist das Ansteuersignal A über der Zeit t aufgetragen. In Fig. 2b ist der Hub H des Ventils und in Fig. 2c, der durch das Ventil fließende Strom I aufgetragen. Zum Zeitpunkt t₀ beginnt die Ansteuerung des Ventils. Ab diesem Zeitpunkt liegt das Ansteuersignal A am Schaltmittel **110** an. Der Strom I durch das Ventil steigt mit der Zeit an. Zu einem Zeitpunkt t₁ wird das Ansteuersignal A unterbrochen und zum Zeitpunkt t₂ wieder eingeschaltet. Dies hat zur Folge, dass zwischen dem Zeitpunkt t₁ und t₂ der Strom abfällt. Dieser Zeitpunkt t₁ ist so gewählt,

dass zwischen den Zeitpunkten t₁ und t₂ die Ventilmadel sich in Richtung ihrer neuen Position bewegt. Zum Zeitpunkt t₃ wird das Ansteuersignal A wieder zurückgenommen, um die Einspritzung zu beenden. Ab dem Zeitpunkt t₃ fällt der Strom ab und die Ventilmadel bewegt sich langsam in ihre Ausgangsposition zurück. Zum Zeitpunkt t₄ wird das Schaltmittel **110** wieder angesteuert, wobei diese Ansteuerung zum Zeitpunkt t₅ endet, d. h. der Stromfluss wird zwischen den Zeitpunkten t₄ und t₅ wieder eingeschaltet.

[0024] Die erste Zeitdauer zwischen den Zeitpunkten t₀ und t₁, in denen das Ventil bestromt wird, wird mit IT₀ bezeichnet. Die zweite Zeitdauer, in der das Ventil bestromt wird, zwischen den Zeitpunkten t₂ und t₃ wird als IT₁ bezeichnet. Die dritte Zeitdauer, in der das Ventil bestromt wird, zwischen den Zeitpunkten t₄ und t₅ wird als IT₂ bezeichnet. In der ersten Pausenzeit P₀ zwischen den Zeitpunkten t₁ und t₂ ist das Ventil abgeschaltet. In der zweiten Pausenzeit P₁ zwischen den Zeitpunkten t₃ und t₄ ist das Ventil ebenfalls abgeschaltet.

[0025] In der Fig. 3 ist der Stromverlauf I über der Zeit t aufgetragen. Dabei ist der Einschaltvorgang mit Beginn der Bestromung dargestellt. Zum Zeitpunkt t₀ beginnt die Ansteuerung damit der Stromfluss durch das Ventil. Zuerst steigt der Strom an. Sobald sich die Ventilmadel beginnt in Bewegung zu setzen, ändert sich die Induktivität des Ventils und der Stromfluss weicht von seinem bisherigen Verlauf ab. In der dargestellten Ausführungsform ist es sogar so, dass der Strom kurzzeitig abnimmt. Erreicht die Ventilmadel ihren Anschlag, ändert sich wiederum der Stromanstieg. Dies erfolgt zum Zeitpunkt t_s. Der Abstand zwischen dem Beginn der Bestromung zum Zeitpunkt t₀ und diesem Schaltzeitpunkt t_s wird als Öffnungsverzögerung t_{an} bezeichnet. Der konkrete Stromverlauf beim Öffnungsvorgang ist von Magnetventil zu Magnetventil unterschiedlich. Es tritt aber bei allen Magnetventilen ein charakteristisches Merkmal auf, das den Schaltzeitpunkt anzeigt. Bei der dargestellten Ausführungsform der Fig. 3 ist das charakteristische Merkmal der Knick im Stromverlauf zum Zeitpunkt t_s. Bei den meisten Ventilen weist der Stromverlauf einen Knick oder ein ähnliches Merkmal zum Schaltzeitpunkt auf. Ein entsprechendes Merkmal tritt auch im Beenden der Ansteuerung auf. Die Zeitdauer zwischen dem Beenden der Ansteuerung und dem Schließen des Ventils wird als Schließverzögerung t_{ab} bezeichnet. Hier kann ein entsprechendes Merkmal aus dem Verlauf der Induktionsspannung des Ventils bestimmt werden.

[0026] Alternativ kann der Abschaltzeitpunkt durch eine geeignete Beschaltung im Stromsignal sichtbar gemacht werden. Dazu muss das Ventil während des Schließzeitpunktes bestromt werden ohne dass sich ein erneutes Abheben der Ventilmadel ergibt.

[0027] Die Öffnungsverzögerung t_{an} und die Schließverzögerung t_{ab} des Ventils wird vorzugsweise ohne Bremsimpuls bestimmt. Die Öffnungsverzögerung ist als die Zeitdauer vom Ansteuerbeginn bis zum Einschlagen des Ankers am Innenpol definiert. Dabei wird vorzugsweise die charakteristische Steigerungsänderung im Strom als charakteristisches Merkmal verwendet. Die Schließverzögerung t_{ab} ist definiert vom Ansteuerende ohne Bremsimpuls bis zum Einschlagen der Nadel auf dem Ventilsitz. Sie wird vorzugsweise durch Auswerten der Induktionsspannung beim Abschalten bestimmt. Dabei dient die Änderung der Steigung im Spannungssignal als charakteristisches Merkmal.

[0028] Der Bremsimpuls beim Einschalten ist durch die Parameter Position und Dauer festgelegt. Die Position des Bremsimpulses beim Einschalten entspricht dem Zeitpunkt t_1 . Diese wird durch die Zeitdauer IT_0 nach dem Beginn der Ansteuerung zum Zeitpunkt t_0 festgelegt. Die Dauer des Bremsimpulses beim Einschalten entspricht der Zeitdauer P_0 zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 .

[0029] Diese beiden Parameter werden vorzugsweise ausgehend von dem charakteristischen Merkmal und ggf. weiteren Kenngrößen festgelegt. Als charakteristisches Merkmal wird der Zeitpunkt t_s oder eine aus diesem Zeitpunkt abgeleitete Größe, wie beispielsweise die Öffnungsverzögerung t_{an} verwendet.

[0030] Diese Festlegung erfolgt vorzugsweise in dem Steuergerät ausgehend von den Messgrößen der Messwertermittlung **120** ausgehend von denen die Öffnungsverzögerung t_{an} ermittelt wird und ausgehend von den Sensorsignalen der Sensoren **150**. Als weitere Kenngrößen werden vorzugsweise die Spannung, der Kraftstoffdruck, der Saugrohrdruck und die Temperatur verwendet. Als Spannung wird vorzugsweise die Versorgungsspannung zwischen den Anschlüssen **130** und **135** anliegend verwendet. Als Druck wird vorzugsweise die Druckdifferenz zwischen dem Kraftstoffdruck und dem Saugrohrdruck verwendet. Als Temperatur können verschiedene Temperaturwerte, wie beispielsweise die Umgebungstemperatur, die Motortemperatur oder die Kraftstofftemperatur verwendet werden. Besonders vorteilhaft wäre die Verwendung der Ventiltemperatur, die entweder durch einen Sensor oder durch ein geeignetes Modell ermittelt werden kann. Durch die Verwendung dieser Kenngrößen bei der Vorgabe der Position und der Länge des Bremsimpulses ergibt sich eine wesentliche Verringerung der Geräuschemissionen.

[0031] Vorzugsweise sind die Parameter, die den Bremsimpuls festlegen abhängig von dem charakteristischen Merkmal und geg. den weiteren Messgrößen und/oder Kenngrößen in einem oder mehreren Kennfeldern abgelegt.

[0032] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass sich die Randbedingungen ändern. Es ändert sich beispielsweise im Laufe des Betriebs der Brennkraftmaschine bzw. im Laufe der Zeit aufgrund von Alterungsdefekten oder sich ändernden Umwelteinflüssen die Öffnungsverzögerung t_{an} . Dies hat zur Folge, dass der Bremsimpuls nicht mehr zum optimalen Zeitpunkt erfolgt.

[0033] Deshalb ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Öffnungsverzögerung t_{an} neu ermittelt wird. Üblicher Weise kann beim Betrieb mit Bremsimpuls die Öffnungsverzögerung t_{an} nicht unmittelbar ermittelt werden, da der Schaltzeitpunkt in der Ansteuerphase während des Zeitraums P_0 auftritt. Dies hat zur Folge, dass der charakteristische Stromverlauf nicht erkennbar und damit auch nicht auswertbar ist.

[0034] Im Extremfall können sich die ändernden Randbedingungen dazu führen, dass sich die Öffnungsverzögerung t_{an} verringert. Dies kann dazu führen, dass das charakteristische Merkmal im Strom bereits vor dem Zeitpunkt t_1 , also während der Phase IT_0 auftritt. In diesem Fall wird die Zeitdauer IT_0 entsprechend verringert. Führen sich ändernde Randbedingungen dazu, dass sich die Öffnungsverzögerung t_{an} vergrößert, so kann das charakteristische Merkmal im Strom nach dem Zeitpunkt t_2 auftreten. In diesem Fall wird die Zeitdauer IT_0 entsprechend zu vergrößert. In diesen beiden Extremfällen kann die Öffnungsverzögerung t_{an} trotz Bremsimpuls erkannt und entsprechend berücksichtigt werden.

[0035] In Fig. 4 ist die Ableitung des Stroms DI über der Zeit t aufgetragen. Zu Beginn besitzt die Ableitung des Stroms, die der Änderung des Stroms entspricht, einen nahezu konstanten Wert. Zum Zeitpunkt t_m erreicht die Ableitung des Stroms ein Maximum und fällt dann ab. Dieser Abfall der Steigung wird durch die Nadelbewegung verursacht. Anschließend steigt die Änderung wieder steil an. Mit Beginn des Abfalls der Steigung beginnt die Flugphase der Nadel. Erfindungsgemäß wird ein charakteristisches Merkmal ermittelt, das den Beginn der Flugphase charakterisiert. Hierzu wird der Wert d_{IM} der Steigung des Stroms ermittelt. Der Zeitpunkt t_f bei dem die Steigung um den Wert d_{dl} abgefallen ist, wird als Beginn der Flugphase der Ventilnadel verwendet. Dieser Zeitpunkt t_f wird als charakteristisches Merkmal an Stelle des Zeitpunktes t_s verwendet. Dabei kann diese Größe t_f direkt als charakteristisches Merkmal verwendet werden. Alternativ kann auch der Abstand t_{af} zwischen dem Zeitpunkt t_0 und t_f an Stelle der Größe t_{an} verwendet werden.

[0036] Die Verwendung des Beginn der Flugphase t_f ist besonders vorteilhaft, da dieser Zeitpunkt vor dem Beginn des Bremsimpulses liegt und durch diesen daher nicht beeinflusst wird. Dadurch kann dieses charakteristische Merkmal auch im gebremsten Be-

trieb Informationen über das Flugverhalten der Ventilnadel liefern. Daher ist dieses Merkmal besonders gut zur Parametrierung des Bremsimpulses geeignet.

[0037] In **Fig. 5a** ist der Stromverlauf am dem Zeitpunkt t_0 und in **Fig. 5** der entsprechende Spannungsverlauf über der Zeit aufgetragen. Die Spannung U nimmt ab dem Zeitpunkt t_0 langsam ab, Zum Schaltzeitpunkt t_s besitzt die Spannung U ein kleines Maximum. An Hand dieses Maximum kann der Schaltzeitpunkt t_s ermittelt werden. Hierzu wird die Spannung gefiltert, damit Störgrößen, die im Spannungssignal enthalten sind, minimiert werden. Durch Auswerten der Ableitung des Spannungssignals wird der Zeitpunkt t_s ermittelt, bei dem die Spannung ein lokales Maximum aufweist.

[0038] Bei einer alternativen Ausgestaltung kann auch vorgesehen sein, dass bei einer erkannten Fehlpositionierung des Bremsimpulses eine Neuvermessung der Öffnungsverzögerung t_{an} dadurch erfolgt, dass der Bremsimpuls abgeschaltet und das charakteristische Merkmale ermittelt wird.

[0039] Dies bedeutet, dass ausgehend von dem gemessenen charakteristischen Merkmal eine korrigierte Position und/oder Länge des Bremsimpulses ermittelt wird.

[0040] Erfindungsgemäß wird beim Abschalten des Ventils ebenfalls ein Bremsimpuls vorgegeben. Der Bremsimpuls beim Abschalten ist durch die Position und durch die Dauer definiert. Die Position des Bremsimpulses beim Ausschalten ist durch den Zeitpunkt t_4 definiert, der durch die Zeitdauer P_1 seit dem Ende der Ansteuerung zum Zeitpunkt t_3 definiert ist. Die Dauer des Bremsimpulses beim Abschalten entspricht der Zeitdauer IT_2 zwischen den Zeitpunkten t_4 und t_5 .

[0041] Die beiden Parameter P_1 und IT_2 bzw. die Position und die Dauer des Bremsimpulses werden ebenfalls abhängig von der Schließverzögerung t_{ab} sowie weiteren Randbedingungen, wie Spannung, Temperatur und Druck eingestellt. Auch hier wird in ähnlicher Weise, wie bei der Öffnungsverzögerung die Schließverzögerung t_{ab} von Zeit zu Zeit neu berechnet. Die Vorgehensweise beim Bremsimpuls beim Abschalten ist analog zur Vorgehensweise bei der Vorgabe des Bremsimpulses beim Abschalten. Lediglich wird beim Abschalten die Schließverzögerung t_{ab} anstelle der Öffnungsverzögerung t_{an} verwendet.

[0042] In **Fig. 6** sind die Stromverläufe und Spannungsverläufe einer entsprechenden Ausführungsform dargestellt. Zum Zeitpunkt t_4 beginnt der Bremsimpuls mit einem Anstieg der Spannung. Gleichzeitig nimmt der Strom zu. Zum Zeitpunkt t_s erreicht die Ventilnadel ihre geschlossene Position. Dieser Zeit-

punkt t_s wird entsprechend wie bei der Ausführungsform gemäß **Fig. 3** als Schaltzeitpunkt t_s bezeichnet. Der Abstand zwischen dem Zeitpunkt t_4 und dem Zeitpunkt t_2 wird als Schließverzögerung t_{ab} bezeichnet. Die Schließverzögerung t_{ab} wird entsprechend wie die Öffnungsverzögerung zur Ermittlung der Parameter des Bremsimpulses beim Öffnen des Ventils zur Ermittlung der Parameter des Bremsimpulses beim Schließen verwendet.

[0043] Vorzugsweise wird der Zeitpunkt t_2 durch Auswerten der ersten oder zweiten Ableitung des Stromverlaufs gewonnen. Insbesondere wird der Zeitpunkt t_s bei dem Zeitpunkt erkannt, bei dem die erste Ableitung nach der Zeit des Stromverlaufs ein lokales Minimum aufweist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102009000132 A1 [0002]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung von wenigstens einem schaltbaren Ventil, wobei bei der Ansteuerung des wenigstens einen Ventils ein die Ventilbewegung verlangsamer Bremsimpuls erzeugt wird, das die Position und/oder die Länge des Bremsimpulses abhängig von einem Flugverhalten des Ventils vorgegeben wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass überprüft wird, ob ein charakteristisches Merkmal auftritt, das das Flugverhalten charakterisiert, und dass bei Auftreten des charakteristischen Merkmals ausgehend von der Position des charakteristischen Merkmals die Position und/oder die Länge des Bremsimpuls angepasst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ausgehend von dem charakteristischen Merkmal eine korrigierte Position und/oder Länge des Bremsimpulses ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Position und/oder die Länge des Bremsimpulses abhängig von weiteren Kenngrößen, wie der Temperatur, dem Druck und/oder der Spannung vorgegeben werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das charakteristische Merkmal einen Schaltzeitpunkt anzeigt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem charakteristischen Merkmal um einen Knick im Spannungsverlauf oder dem Stromverlauf handelt, der ausgehend von der ersten Ableitung des Spannungsverlaufs oder des Stromverlaufs erkannt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Schaltzeitpunkt ausgehend von der zweiten Ableitung des Spannungsverlaufs erkannt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem charakteristischen Merkmal um den Beginn einer Flugphase einer Ventiltadel handelt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Beginn der Flugphase aus der ersten Ableitung des Stromverlaufs erkannt wird.

9. Computerprogramm, das ausgebildet ist, alle Schritte eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 auszuführen.

10. Maschinenlesbares Speichermedium, auf dem das Computerprogramm nach Anspruch 5 gespeichert ist.

11. Steuergerät, das ausgebildet ist, alle Schritte eines der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 auszuführen.

12. Programmcode zusammen mit Verarbeitungsanweisungen zum Erstellen eines auf einem Steuergerät ablauffähigen Computerprogramms, wobei der Programmcode das Computerprogramm nach Anspruch 5 ergibt, wenn sie gemäß den Verarbeitungsanweisungen in ein ablauffähiges Computerprogramm umgewandelt werden.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

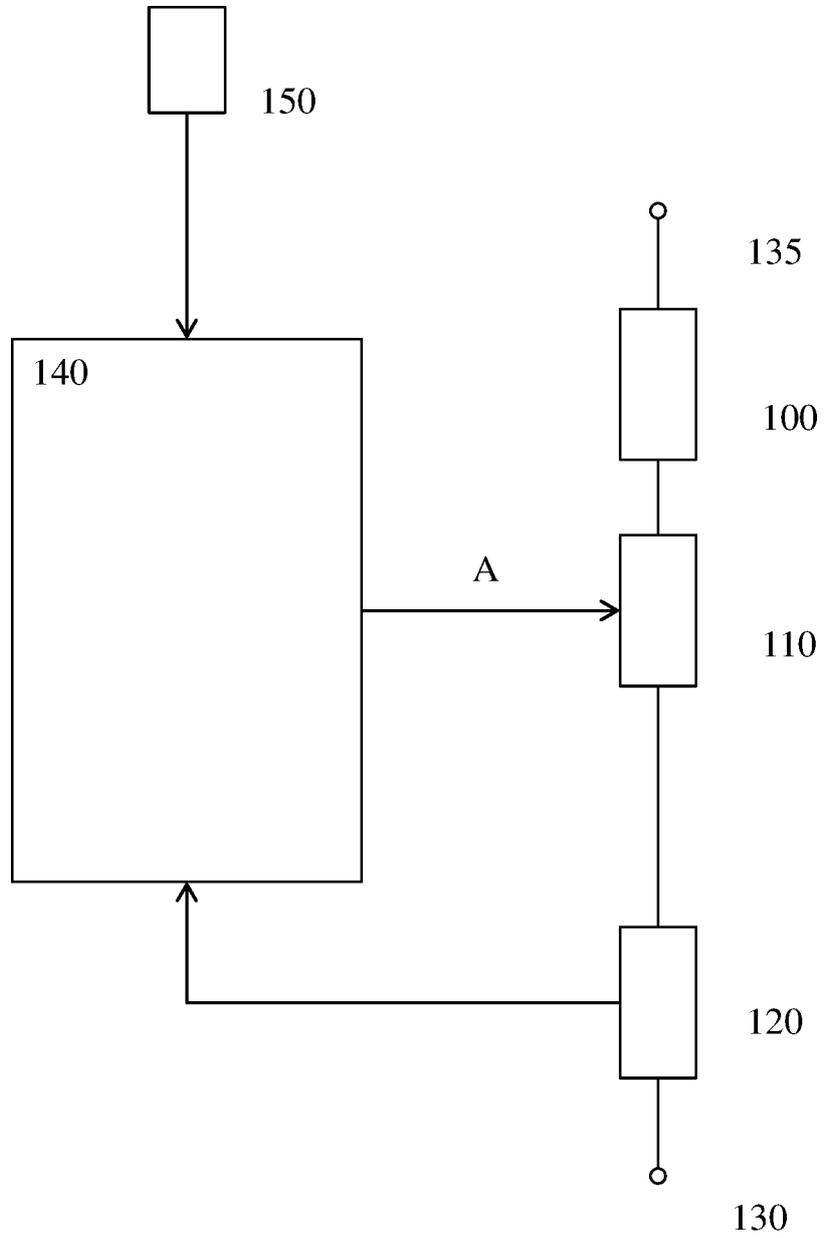


Fig. 1

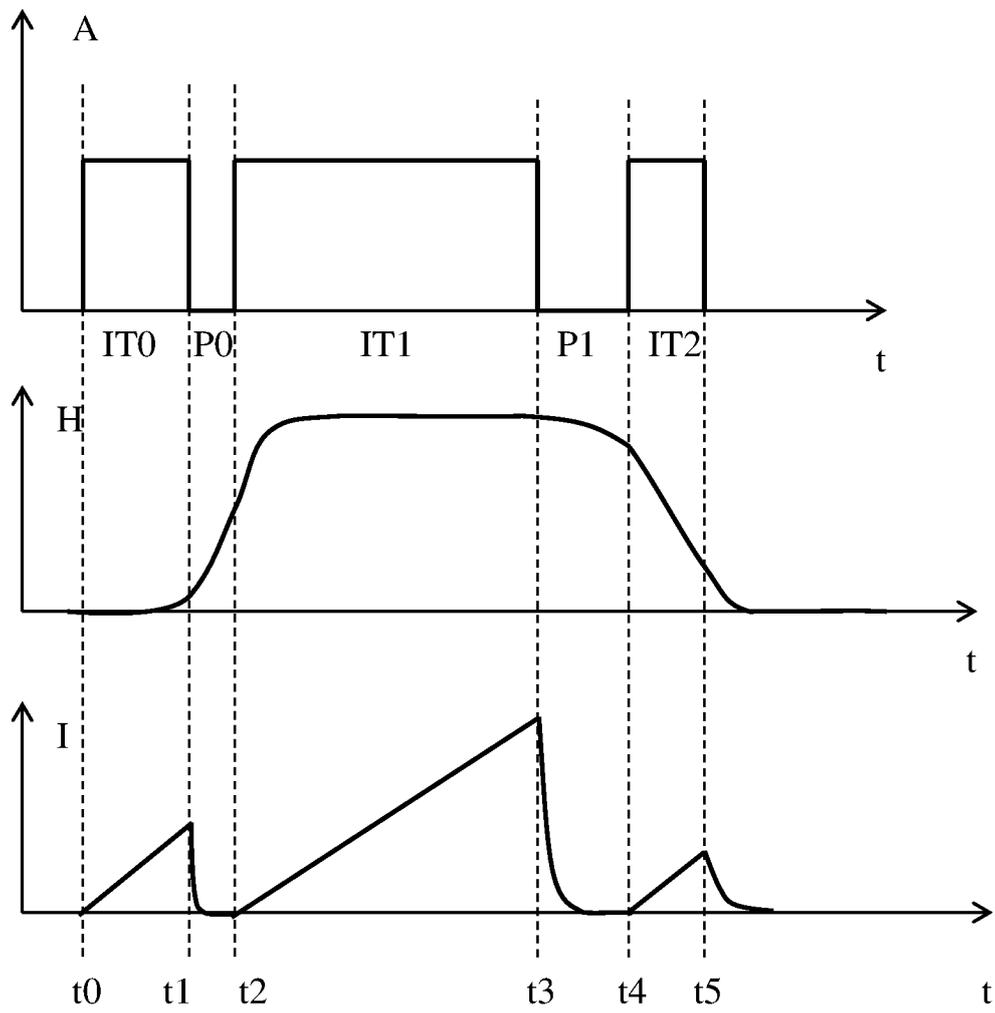


Fig. 2

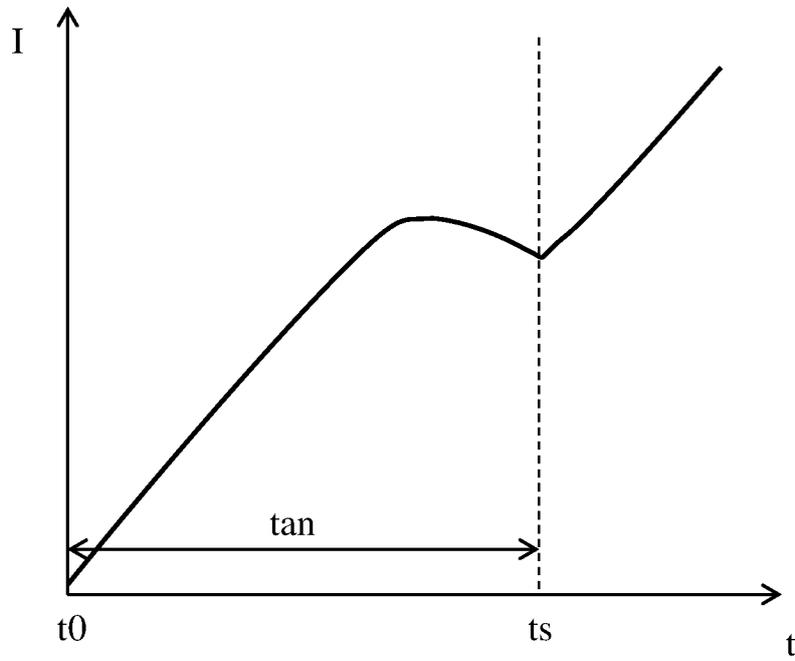


Fig. 3

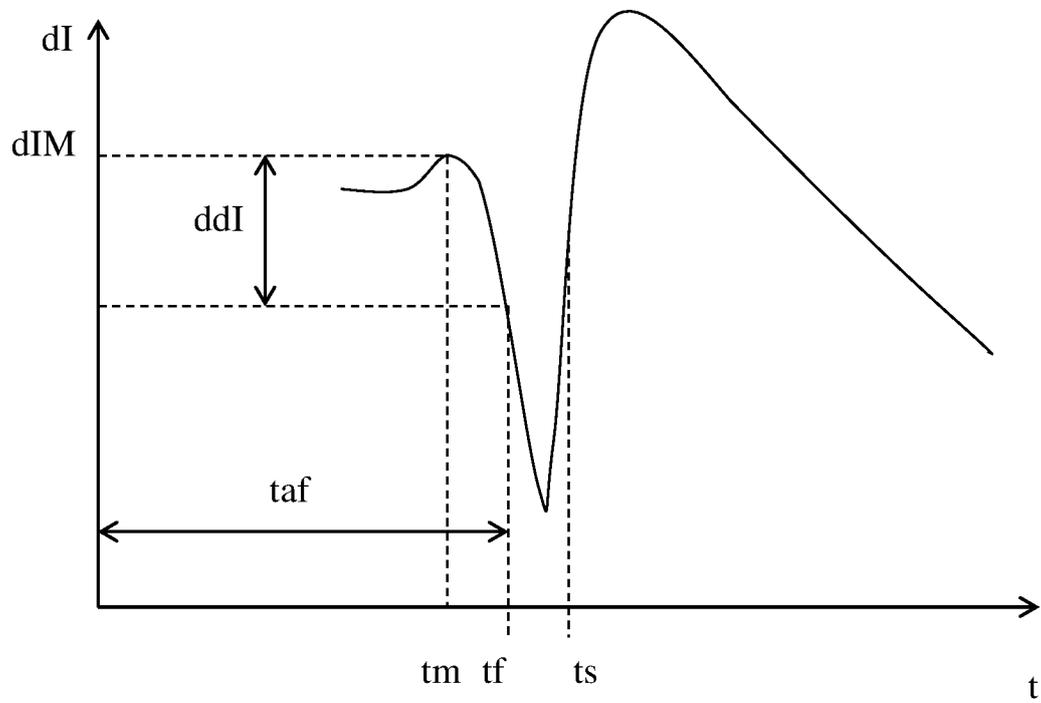


Fig. 4

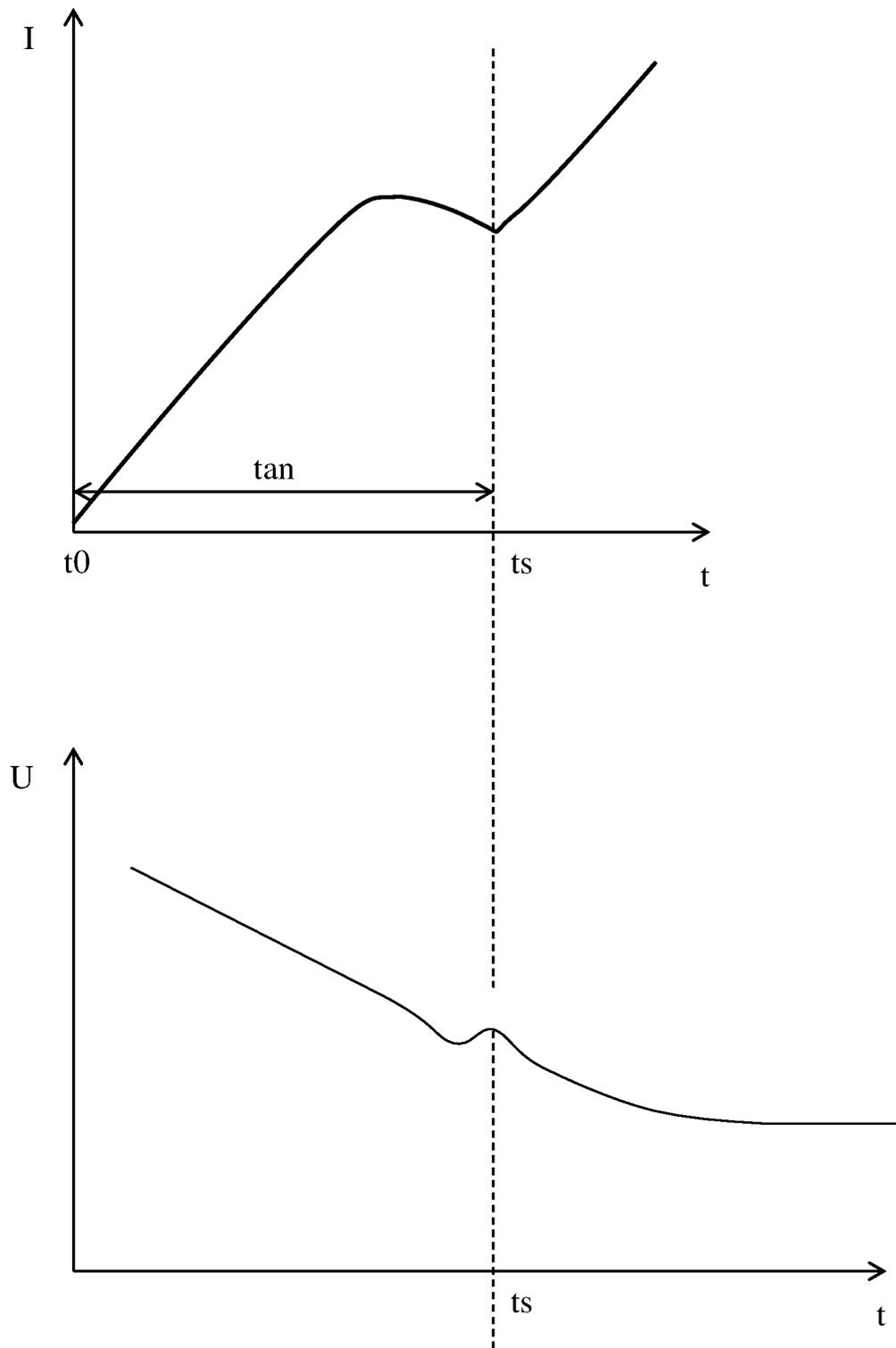
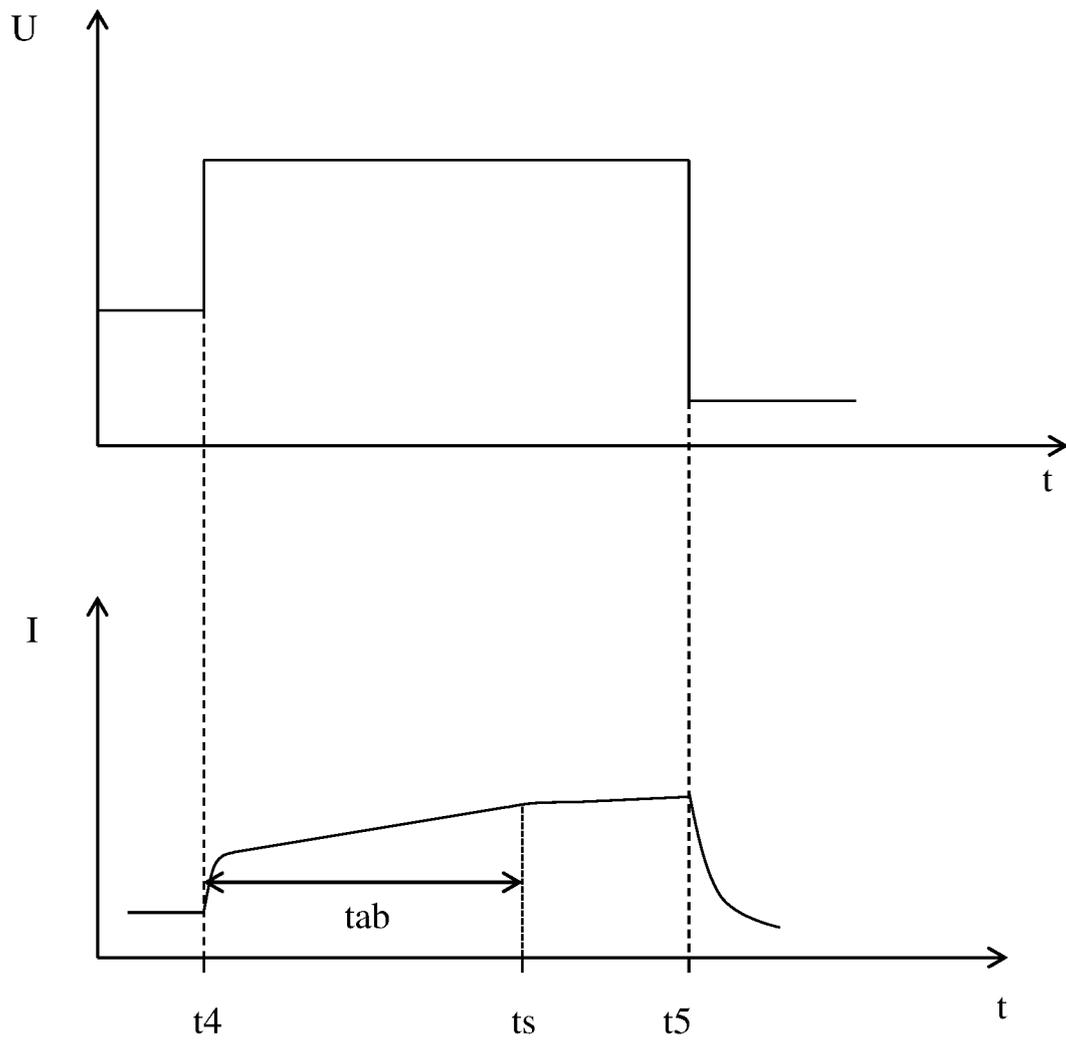


Fig. 5



t

Fig. 6