



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 418 328 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.05.2004 Patentblatt 2004/20

(51) Int Cl.7: **F02D 41/20**

(21) Anmeldenummer: **03104122.1**

(22) Anmeldetag: **07.11.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(30) Priorität: **08.11.2002 DE 10252092**

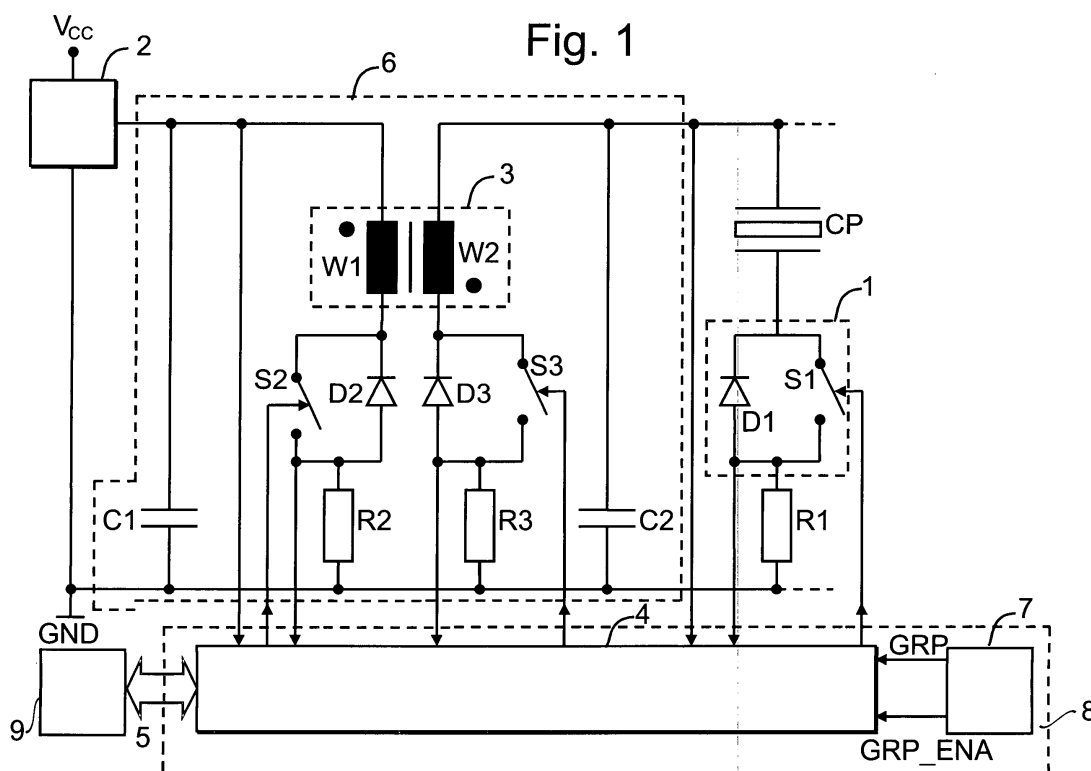
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Schrod, Walter**
93057, Regensburg (DE)
• **Löbus, Diego**
93053, Regensburg (DE)
• **Franz, Thomas**
90431, Nürnberg (DE)
• **Falke, Bernd**
93080, Pentling (DE)
• **Aspelmayr, Josef**
93055, Regensburg (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Steuern des Aktors eines Ventils**

(57) Vorrichtung und Verfahren zum Steuern eines Aktors (CP) eines Ventils, insbesondere für einen piezoelektrischen Aktor eines Einspritzventils für eine Brennkraftmaschine, wobei der Aktor (CP) nacheinander auf zwei Ladungszustände geladen wird, die jeweils einer Stellung des Ventils entsprechen. Es wird vorge-

schlagen, dass der Aktor (CP) zur Festlegung eines vorgegebenen zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhaltens des Ventils beim Aufladen und/oder beim Entladen nacheinander auf mindestens drei unterschiedliche Ladungszustände geladen wird, wobei mindestens einer der Ladungszustände einem teilweise geöffneten und teilweise geschlossen Ventil entspricht.



EP 1 418 328 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Steuern eines Aktors eines Ventils, insbesondere eines piezoelektrischen Aktors eines Einspritzventils für eine Brennkraftmaschine, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In modernen Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen werden piezoelektrische Aktoren als Stellglieder für die Einspritzventile eingesetzt, was im Vergleich zu herkömmlichen Magnetventilen eine hochdynamische Steuerung des Einspritzvorgangs ermöglicht. Der Hub eines derartigen piezoelektrischen Aktors und damit die Ventilstellung des zugehörigen Einspritzventils hängt von dem Ladungszustand ab, so dass der piezoelektrische Aktor entsprechend dem gewünschten Hub aufgeladen bzw. entladen werden muss.

[0003] Zur elektrischen Ansteuerung piezoelektrischer Aktoren entsprechend dem gewünschten Hub ist aus DE 199 44 733 A1 eine Treiberschaltung mit einem Transformator bekannt, wobei die Primärseite des Transformators über einen Ladeschalter mit einer Versorgungsspannung verbunden ist, während die Sekundärseite über einen Entladeschalter mit dem piezoelektrischen Aktor verbunden ist. Durch eine geeignete pulswidenmodulierte Ansteuerung des Ladeschalters und des Entladeschalters lässt sich dann der Ladezustand des piezoelektrischen Aktors entsprechend dem gewünschten Hub einstellen, so dass das Einspritzventil zu den vorgegebenen Zeiten entweder öffnet bzw. schließt.

[0004] Nachteilig daran ist jedoch, dass im Betrieb eines derartigen Einspritzventils störende Geräusche und Vibrationen entstehen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass der mechanische Verschleiß von piezoelektrischen Einspritzventilen relativ groß ist.

[0005] Der Erfindung liegt also die Aufgabe zugrunde, bei piezoelektrischen Einspritzventilen Geräuschemissionen, Vibrationen und Verschleiß zu verringern.

[0006] Die Aufgabe wird durch ein Steuerverfahren für einen piezoelektrischen Aktor gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8 gelöst.

[0007] Die Erfindung geht von der physikalischen Erkenntnis aus, dass die Geräuschentwicklung, die Vibrationen und der Verschleiß bei piezoelektrischen Aktoren wesentlich durch strömungsdynamische Phänomene verursacht werden, die entstehen, wenn das Einspritzventil schnell zwischen der geöffneten Ventilstellung und der geschlossenen Ventilstellung wechselt. Entsprechend sieht die Erfindung ein vorgegebenes zeitliches Öffnungs- und/oder Schließverhalten des Einspritzventils vor, um die störenden strömungsdynamischen Phänomene zu unterdrücken.

[0008] Bei dem erfindungsgemäßen Steuerverfahren wird der Aktor deshalb zur Festlegung eines vorgegebenen zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhaltens des Ventils beim Aufladen und/oder beim Entladen nacheinander auf mindestens drei unterschiedliche La-

dungszustände geladen, wobei mindestens einer der Ladungszustände einem teilweise geöffneten und teilweise geschlossenen Ventil entspricht. Im Gegensatz dazu sieht das eingangs beschriebene bekannte Steuerverfahren nur zwei unterschiedliche Ladungszustände für den Aktor vor, wobei ein Ladungszustand einem vollständig geschlossenen Einspritzventil entspricht, wohingegen das Einspritzventil in dem anderen Ladungszustand des Aktors vollständig geöffnet ist. Die teilweise geöffnete Zwischenstellung des Einspritzventils trägt vorteilhaft zu einer Beruhigung der vorstehend erwähnten strömungsdynamischen Phänomene bei, da das Einspritzventil so weniger abrupt öffnet bzw. schließt.

[0009] Der zeitliche Verlauf des ersten Steuersignals und/oder des zweiten Steuersignals zur Festlegung eines bestimmten zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhaltens ist in Form einer Sequenz gespeichert. Bei der Ansteuerung des Einspritzventils muss dann lediglich die Sequenz aus dem Speicher ausgelesen und abgearbeitet werden. Die gespeicherte Sequenz definiert hierbei also einen bestimmten zeitlichen Verlauf der Ventilstellung des Einspritzventils beim Öffnen bzw. Schließen. Der strömungsdynamisch optimale Verlauf kann dann unter Laborbedingungen ermittelt und abgespeichert werden, so dass im normalen Betrieb nur noch ein Abruf der gespeicherten Sequenz erforderlich ist.

[0010] Hierbei ist es auch möglich, mehrere verschiedene Sequenzen zu speichern, die jeweils ein zeitliches Öffnungs- bzw. Schließverhalten des Einspritzventils definieren. Entsprechend den Betriebsbedingungen der Einspritzanlage kann dann die optimale Sequenz ausgelesen und abgearbeitet werden. Das Umschalten zwischen den gespeicherten Sequenzen bzw. die Auswahl einer gespeicherten Sequenz kann beispielsweise durch ein digitales Auswahlsignal erfolgen.

[0011] Vorzugsweise werden die beim Aufladen bzw. Entladen des Aktors durchfahrenen Ladungszustände jeweils für eine vorgegebene Wartezeit beibehalten, wobei die Wartezeit kleiner oder größer als die vorangegangene Lade- oder Entladezeit sein kann. Die Ladezeit ist hierbei die Zeitspanne, in der der Aktor aufgeladen wird, während die Entladezeit die Zeitspanne ist, in der der Aktor entladen wird. Diese Beibehaltung des Ladungszustands während der Wartezeiten ist vorteilhaft, da das Einspritzventil so während der Wartezeit seine Ventilstellung im wesentlichen beibehält, so dass eine Beruhigung strömungsdynamischer Effekte auftritt, die beim plötzlichen Öffnen oder Schließen des Einspritzventils entstehen. Die Länge der Wartezeit kann optimiert werden, um die störenden strömungsdynamischen Phänomene zu unterdrücken und ein optimales Öffnungs- bzw. Schließverhalten des Einspritzventils zu erreichen.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Aktor im geschlossenen Zustand des Einspritzventils nacheinander mehrfach teilweise entladen und anschließend wieder teilweise aufgeladen, so

dass die Ventilstellung des Einspritzventils um die Schließstellung herum pendelt, wobei das Einspritzventil mehrfach kurzzeitig und geringfügig geöffnet wird.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Aktor zur Festlegung eines vorgegebenen zeitlichen Öffnungsund/oder Schließverhaltens des Ventils jeweils für vorgegebene Ladezeiten aufgeladen und/oder für vorgegebene Entladezeiten entladen sowie für vorgegebene Wartezeiten auf einem im wesentlichen konstanten Ladungszustand gehalten. Die Festlegung der vorgegebenen Ladungszustände erfolgt hierbei also indirekt durch Vorgabe der Ladezeiten, der Entladezeiten und der dazwischen liegenden Wartezeiten. Entsprechend den jeweiligen Lade- bzw. Entladezeiten stellen sich dann die gewünschten Ladungszustände ein.

[0014] Vorzugsweise wird der Wechsel zwischen den Ladezeiten, den Entladezeiten und den Wartezeiten durch ein erstes Steuersignal ausgelöst. Bei dem ersten Steuersignal handelt es sich vorzugsweise um eine Impulsfolge, wobei vorzugsweise jeweils eine Impulsflanke eine Lade- bzw. Entladezeit startet. Beispielsweise kann eine fallende Flanke des ersten Steuersignals einen Ladevorgang auslösen, wohingegen eine steigende Flanke des ersten Steuersignals einen Entladevorgang auslöst. Es wäre jedoch umgekehrt auch möglich, dass eine steigende Flanke des ersten Steuersignals einen Ladevorgang auslöst, wohingegen eine fallende Flanke einen Entladevorgang auslöst.

[0015] Weiterhin ist vorzugsweise ein zweites Steuersignal vorgesehen, das die zeitliche Dauer der Lade- und Entladevorgänge festlegt, wobei dieses zweite Steuersignal vorzugsweise pegelaktiv ist. Beispielsweise kann ein High-Pegel des zweiten Steuersignals einen Lade- oder Entladevorgang beenden. Es ist jedoch auch umgekehrt möglich, dass ein Low-Pegel des zweiten Steuersignals einen Lade- oder Entladevorgang beendet.

[0016] Darüber hinaus kann das zweite Steuersignal als Freigabesignal dienen, indem es die Auslösung eines Lade- bzw. Entladevorgangs in Abhängigkeit von seinem Pegel freigibt oder sperrt. Beispielsweise kann das zweite Steuersignal bei einem High-Pegel die Auslösung eines Lade- oder Entladevorgangs auch bei einer Flanke des ersten Steuersignals sperren. Es ist jedoch auch umgekehrt möglich, dass ein Low-Pegel des zweiten Steuersignals die Auslösung eines Lade- oder Entladevorgangs bei einer Flanke des ersten Steuersignals sperrt. Diese Sperrung eines Lade- oder Entladevorgangs ermöglicht einen inaktiven Pegelwechsel des ersten Steuersignals, um nacheinander zwei Ladevorgänge oder zwei Entladevorgänge auslösen zu können.

[0017] Da in der Automobiltechnik eine Miniaturisierung der Elektronik von entscheidender Bedeutung ist, ist es besonders vorteilhaft, die oben beschriebene Anordnung ganz oder teilweise in einen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC) zu integrieren oder als ASIC auszuführen. Insbesondere sind die

Steuereinheit, die Schnittstelle sowie der Speicher in einen ASIC integriert. Diese Integration führt zu einem zu der bereits erwähnten Miniaturisierung der Vorrichtung und zum anderen zu einer Reduktion der Herstellungskosten der Vorrichtung.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich um einen digitalen anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC).

[0019] Besonders vorteilhaft eignet sich das erfindungsgemäße Steuerverfahren für Pumpe-Düse-Einspritzanlagen, jedoch ist die Erfindung auch mit Common-Rail-Einspritzanlagen realisierbar. Darüber hinaus ist die Erfindung auch bei einer Benzin-Direkteinspritzung (HPDI - High Pressure Direct Injection) anwendbar.

[0020] Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen enthalten oder werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Schaltbild einer Treiberschaltung zur elektrischen Ansteuerung eines Piezoaktors,

Figur 2 den zeitlichen Verlauf von Steuersignalen für die in Figur 1 gezeigte Treiberschaltung sowie die zugehörige Stellung eines Einspritzventils,

Figur 3 das erfindungsgemäße Steuerverfahren als Flussdiagramm sowie

Figur 4 ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Treiberschaltung zur elektrischen Ansteuerung eines Piezoaktors

[0021] Die in Figur 1 dargestellte Treiberschaltung dient zur elektrischen Ansteuerung piezoelektrischer Aktoren von Einspritzventilen einer Brennkraftmaschine. Zur Vereinfachung ist hierbei nur ein einziger Aktor CP dargestellt, obwohl bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine entsprechend der Anzahl von Brennräumen mehrere Aktoren vorhanden sind. Die nicht dargestellten Aktoren sind jedoch identisch aufgebaut und parallel zu dem Aktor CP angeschlossen, wie durch die gestrichelten Linien angedeutet ist.

[0022] Der Aktor CP ist - wie die nicht dargestellten weiteren Aktoren für die anderen Brennräume der Brennkraftmaschine - in Reihe mit einem Auswahlwechsler 1 und einem Widerstand R1 geschaltet, wobei der Auswahlwechsler 1 aus einer Parallelschaltung aus einem Schaltelement S1 und einer Diode D1 besteht. Der Auswahlwechsler 1 ermöglicht es, einen der Aktoren für einen Lade- bzw. Entladevorgang auszuwählen, indem der jeweilige Schalter S1 durchschaltet, während die entsprechenden Schalter für die anderen Aktoren trennen.

[0023] Der Aktor CP wird über eine Lade- und Entladeschaltung 6 auf- bzw. entladen. Die Stromversorgung der Treiberschaltung erfolgt durch einen Spannungswandler 2, der ausgangsseitig durch einen Kondensator

C1 gepuffert ist und beim Einsatz in einem Kraftfahrzeug von dem Kraftfahrzeugbordnetz mit einer Netzspannung $V_{CC}=12\text{ V}$ versorgt wird. Alternativ hierzu kann die Erfindung auch in einem Kraftfahrzeugbordnetz mit einer Netzspannung von 42 V eingesetzt werden.

[0024] Zwischen dem Aktor CP und dem Spannungswandler 2 ist hierbei ein Transformator 3 mit einer Primärwicklung W1 und einer Sekundärwicklung W2 angeordnet, wobei die Primärwicklung W1 mit dem Spannungswandler 2 verbunden ist, während die Sekundärwicklung mit dem Aktor CP verbunden ist.

[0025] Die Primärwicklung W1 des Transformators 3 ist in Reihe mit einem Widerstand R2 und einer Parallelschaltung aus einer Diode D2 und einem Ladeschalter S2 geschaltet. Zum Aufladen des Stellgliedes wird der Ladeschalter S2 mit vorgegebener Frequenz und vorgegebenem Tastverhältnis im Pulsbetrieb mit einer vorgegebenen Zahl von pulsweitenmodulierten Signalen bei der vorgegebenen Ladespannung angesteuert. Während des leitenden Zustandes des Ladeschalters S2 steigt der Strom durch die Primärspule W1 an und wird zu einem vorgegebenen Zeitpunkt durch Öffnen (nichtleitendsteuern) des Ladeschalters S2 abgebrochen. In dieser nichtleitenden Phase der Primärseite fließt über die Sekundärwicklung W2 bei einem dem Windungsverhältnis W2/W1 entsprechenden Strom eine impulsförmige Spannung, die von einem Kondensator C2 geglättet wird, und lädt den Aktor CP mit jedem Strompuls weiter auf, bis schließlich nach der vorgegebenen Zahl von Pulsen eine vorgegebene Aktorspannung in etwa erreicht ist. Der Sekundärkreis wird beim Laden des Aktors CP über den Auswahlsschalter 1 geschlossen.

[0026] Die Sekundärwicklung W2 des Transformators 3 ist dagegen in Reihe mit einem Widerstand R3 und einer Parallelschaltung aus einer Diode D3 und einem Schalter S3 geschaltet.

[0027] Die Entladung des Aktors CP erfolgt ebenfalls mit pulsweitenmodulierten Signalen dadurch, dass der Entladeschalter S3 pulsformig leitend und nichtleitend gesteuert wird, wodurch die Aktorspannung sinkt. Dabei fließt der Strom von dem Aktor CP über die Sekundärwicklung W2, den Entladeschalter S3 und den Auswahlsschalter 1 zurück zu dem Aktor CP.

[0028] Bei jedem Öffnen des Entladeschalters S3 wird ein Teil der Entladeenergie auf die Primärseite des Transformators 3 übertragen und in den Ladekondensator C1 rückgespeichert. Der Primärstromkreis schließt sich über die Diode D2.

[0029] Die Ansteuerung des Auswahlsschalters 1, des Ladeschalters S2 sowie des Entladeschalters S3 erfolgt durch eine Steuereinheit 4, die hier nur schematisch dargestellt ist.

[0030] Hierbei berücksichtigt die Steuereinheit 4 den Ladestrom, den Entladestrom, den Aktorstrom, die Aktorspannung sowie die primärseitige Spannung. Die Steuereinheit 4 weist deshalb mehrere Messeingänge

auf, die mit den spannungsseitigen Anschlüssen der Widerstände R1, R2 bzw. R3 sowie mit den spannungsseitigen Anschlüssen der Primärwicklung W1 bzw. der Sekundärwicklung W2 verbunden sind.

[0031] Die Steuereinheit 4 kann beispielsweise von einem Mikroprozessor 9 angesteuert werden, wobei zur Vereinfachung lediglich die Schnittstelle 5, über die die Steuerdaten des Mikroprozessors 9 übertragen werden, als Blockpfeil 5 dargestellt ist. Die von dem Mikroprozessor 9 gelieferten Steuerdaten können beispielsweise die Auswahl des jeweiligen Aktors bestimmen. Darüber hinaus kann die Steuereinheit 4 auch die gemessenen Werte des Entladestroms, des Aktorstroms, der Aktorspannung sowie der primärseitigen Spannung an den Mikroprozessor 9 zurückmelden.

[0032] Der zeitliche Verlauf des Öffnungs- und Schließverhaltens des von dem Aktor CP angesteuerten Einspritzventils wird durch zwei Steuersignale GRP sowie GRP_ENA festgelegt, wobei ein typischer zeitlicher Verlauf der Steuersignale GRP und GRP_ENA in Figur 2 dargestellt ist. Weiterhin zeigt Figur 2 eine Kurve 6, welche die Ventilstellung des von dem Aktor CP entsprechend den Steuersignalen GRP und GRP_ENA angesteuerten Einspritzventils wiedergibt. Die vollständig geöffnete Ventilstellung ("AUF") und die vollständig geschlossene Ventilstellung ("ZU") des Einspritzventils sind hierbei jeweils durch waagerechte gestrichelte Linien dargestellt.

[0033] Das zweite Steuersignal GRP_ENA ist als Sequenz in einem Speicher 7 gespeichert und wird von der Steuereinheit 4 aus diesem ausgelesen. Der Speicher 7 kann sowohl innerhalb der Steuereinheit 4 als auch ganz oder teilweise innerhalb eines anwendungsspezifischen Bausteins 8 einem sog. ASIC (Application Specific Integrated Circuit) enthalten sein.

[0034] Abhängig von den Eingangsgrößen - wie beispielsweise Informationen über den Betriebszustand einer Brennkraftmaschine wie Drehzahl, Temperatur, Kraftstoffdruck usw. - wird vom Mikroprozessor eine Vorgabe für die Amplitude Lade- und/ oder Entladestroms errechnet. Diese Vorgabe wird wiederum über die Schnittstelle 5 an die Steuereinheit 4 übermittelt, die entsprechend dieser Vorgabe und der durch die Steuersignale GRP und GRP_ENA festgelegten Sequenz den Aktor CP auf- bzw. entlädt.

[0035] Es ist also nicht mehr erforderlich, den Auf- und Entladevorgang des Aktors CP anhand von Messungen unmittelbar zu regeln. Vielmehr wird der Lade- bzw. Entladevorgang einfach entsprechend den gespeicherten zeitlichen Verläufen der Steuersignale GRP und GRP_ENA gesteuert.

[0036] Die Steuereinheit 4, die Schnittstelle 5 und der Speicher 7 sind hier in einem anwendungsspezifischen Baustein 8 einem sog. ASIC (Application Specific Integrated Circuit) zusammengefasst.

[0037] Das Steuersignal GRP löst mit seinen Flanken jeweils eine Ladezeit oder einen Entladezeit aus, wobei eine fallende Flanke des Steuersignals GRP eine Lade-

zeit startet, wohingegen eine steigende Flanke des Steuersignals GRP_ENA eine Entladezeit auslöst.

[0038] Das Steuersignal GRP_ENA ist dagegen pegelaktiv, wobei ein High-Pegel des Steuersignals GRP_ENA eine Lade- oder Entladezeit beendet und dadurch eine Wartezeit einleitet, bis die nächste Flanke des Steuersignals GRP einen weiteren Lade- oder Entladevorgang auslöst.

[0039] Darüber hinaus ermöglicht das Steuersignal GRP_ENA auch eine inaktive Flanke des Steuersignals GRP, indem die Auslösung einer Lade- oder Entladezeit bei einem High-Pegel des Steuersignals GRP_ENA gesperrt wird. Auf diese Weise können nacheinander mehrere Ladezeiten gestartet werden, die jeweils durch eine Wartezeit voneinander getrennt sind.

[0040] Die Steuerung der Auf- bzw. Entladung des Aktors CP durch die beiden Steuersignale GRP und GRP_ENA wird auch durch das Flußdiagramm in Figur 3 erläutert, auf das im folgenden Bezug genommen.

[0041] Eine fallende Flanke des Steuersignals GRP führt hierbei zu einer Aufladung des Aktors CP, wohingegen eine steigende Flanke des Steuersignals GRP eine Entladung des Aktors CP einleitet. Eine Flanke des Steuersignals GRP hat jedoch nur dann eine Auswirkung, wenn diese bei oder kurz vor einem Low-Pegel des Steuersignals GRP_ENA auftritt. Dies ist wichtig, da andernfalls auf jeden Ladevorgang ein Entladevorgang folgen müsste. Ein zwischenzeitlicher inaktiver Pegelwechsel des Steuersignals GRP bei einem High-Pegel des Steuersignals GRP_ENA ermöglicht so jedoch mehrere aufeinander folgender Ladevorgänge, die durch eine Wartezeit mit konstantem Ladezustand des Aktors CP getrennt sind.

[0042] Durch eine geeignete Vorgabe der Steuersignale GRP und GRP_ENA lässt sich also ein gewünschtes zeitliches Öffnungs- und Schließverhalten des von dem Aktor CP angesteuerten Einspritzventils erreichen. So weist die Kurve 6 der Ventilstellung in Figur 2 neben einer vollständig geschlossenen Ventilstellung ZU und einer vollständig geöffneten Ventilstellung AUF mehrere Zwischenstellungen 7-9 auf, in denen das Einspritzventil teilweise geöffnet und teilweise geschlossen ist.

[0043] Durch ein derartiges gestuftes Öffnen bzw. Schließen des Einspritzventils lassen sich die strömungsdynamischen Vorgänge beim Einspritzvorgang optimieren.

[0044] Zum einen ermöglicht dies eine Verringerung der mit dem Öffnen bzw. Schließen des Einspritzventils verbundenen Geräuschemissionen und Vibrationen, da beispielsweise Kavitation verhindert wird.

[0045] Zum anderen kann so der Einspritzvorgang selbst im Hinblick auf Verbrauchssenkung und Schadstoffverringerung optimiert werden.

[0046] Figur 4 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel einer Treiberschaltung, die teilweise mit dem vorstehend beschrieben und in Figur 1 dargestellten Ausführungsbeispiel übereinstimmt. Zur Vermeidung von

Wiederholungen wird deshalb weitgehend auf die vorstehende Beschreibung verwiesen, wobei für übereinstimmende Bauteile dieselben Bezugszeichen verwendet werden, die zur Unterscheidung lediglich durch ein Apostroph gekennzeichnet sind.

[0047] Eine Besonderheit dieser Treiberschaltung besteht darin, dass der Transformator 3 in Figur 1 durch eine einzelne Induktivität L ersetzt wird.

[0048] Weiterhin ist der Ladeschalter S2' in Reihe mit dem Widerstand R2' und der Diode D3' geschaltet, während der Entladeschalter S3' in Reihe mit dem Widerstand R3' und einer Diode D4 geschaltet ist.

[0049] Die Ansteuerung des Ladeschalters S2' und des Entladeschalters S3' erfolgt jedoch in der vorstehend beschriebenen Weise, wobei die Steuersignale GRP und GRP_ENA die Dauer der Lade- und Entladevorgänge festlegen und damit das zeitliche Öffnungs- und Schließverhalten des Einspritzventils bestimmen. Das erfindungsgemäße Steuerverfahren ist also auch bei der Treiberschaltung gemäß Figur 4 einsetzbar.

[0050] Die gestrichelten Verbindungen in Figur 4 zeigen eine alternative Beschaltung.

[0051] So kann der spannungsseitige Anschluß der Diode D4 auch mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Widerstand R2' und dem Ladeschalter S2' verbunden sein, wobei die direkte Verbindung der Diode D4 mit dem Spannungswandler 2' getrennt ist.

[0052] Weiterhin kann der masseseitige Anschluß der Diode D3' mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Entladeschalter S3' und dem Widerstand R3' verbunden sein, wobei die direkte Masseverbindung der Diode D3' getrennt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Aktors (CP) eines Ventils, insbesondere eines piezoelektrischen Aktors eines Einspritzventils für eine Brennkraftmaschine, wobei der Aktor (CP) nacheinander auf zwei Ladungszustände (AUF, ZU) geladen wird, die jeweils einer Stellung des Ventils entsprechen,
 - wobei der Aktor (CP) zur Festlegung eines vorgegebenen zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhaltens des Ventils beim Aufladen und/oder beim Entladen nacheinander auf mindestens drei unterschiedliche Ladungszustände (AUF, 7-9, ZU) geladen wird, wobei mindestens einer der Ladungszustände (7-9) einem teilweise geöffneten und teilweise geschlossen Ventil entspricht,
 - wobei der Aktor (CP) zur Festlegung eines vorgegebenen zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhaltens des Ventils jeweils für vorgegebene Ladezeiten aufgeladen und/oder für vorgegebene Entladezeiten entladen sowie für vorgegebene Wartezeiten auf einem im We-

- sentlichen konstanten Ladungszustand gehalten wird,
- wobei die Ladezeiten und/oder die Entladezeiten durch ein erstes Steuersignal (GRP) ausgelöst werden, 5
 - wobei die Ladezeiten und/oder die Entladezeiten durch ein zweites Steuersignal (GRP_ENA) beendet werden, und
 - wobei der zeitliche Verlauf des ersten Steuersignals (GRP) und/oder des zweiten Steuersignals (GRP_ENA) zur Festlegung eines bestimmten zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverhaltens des Ventils in Form einer Sequenz aus einem Speicher (7) ausgelesen werden. 10 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verschiedenen Ladungszustände (AUF, 7-9, ZU) jeweils für eine vorgegebene Wartezeit beibehalten werden. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wartezeit kleiner oder größer als die Entladezeit und/oder die Ladezeit ist. 25
4. Steuerverfahren nach einem der Ansprüche 1 - 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ladezeiten und/oder die Entladezeiten jeweils durch eine Flanke des ersten Steuersignals (GRP) ausgelöst werden. 30
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Flanke des ersten Steuersignals (GRP) eine Ladezeit gestartet wird, während bei einer entgegengesetzten Flanke des ersten Steuersignals (GRP) eine Entladezeit gestartet wird. 35 40
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Sequenzen gespeichert sind, die jeweils ein anderes zeitliches Öffnungs- und/oder Schließverhaltens des Ventils definieren, wobei die Auswahl einer gespeicherten Sequenzen durch ein drittes Steuersignal erfolgt. 45
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Erzeugung und/oder Speicherung des ersten Steuersignals und/oder des zweiten Steuersignals und/oder des Steuersignals ein Mikroprozessor (9) vorgesehen ist. 50 55
8. Vorrichtung zum Steuern eines Aktors (CP) eines Ventils, insbesondere eines piezoelektrischen Aktors eines Einspritzventils für eine Brennkraftmaschine, die aufweist:
- einen Auswahlschalter (1) zur Auswahl eines Aktors (CP) für einen Lade- oder Entladevorgang,
 - einen Spannungswandler (2), der eingangsseitig mit einem Bordnetz und ausgangsseitig über eine Lade- und Entladeeinheit (6) mit dem Aktor (CP) verbunden ist,
 - einen Speicher (7) und eine Steuereinheit (4), die eine Schnittstelle (5) zu einer Mikroprozessor (9) und eine Schnittstelle zu dem Speicher (7) aufweist, und
 - in diesem Speicher (7) Daten (GRP_ENA) gespeichert sind, die den zeitlichen Öffnungs- und/oder Schließverlauf des Aktors (CP) vorgeben.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Speicher (7) der Speicher eines Mikroprozessors (9) ist.
10. Anwendungsspezifischer integrierter Schaltkreis (8), der die Steuereinheit (4), die Schnittstelle (5) und den Speicher (7) nach Anspruch 8 aufweist.

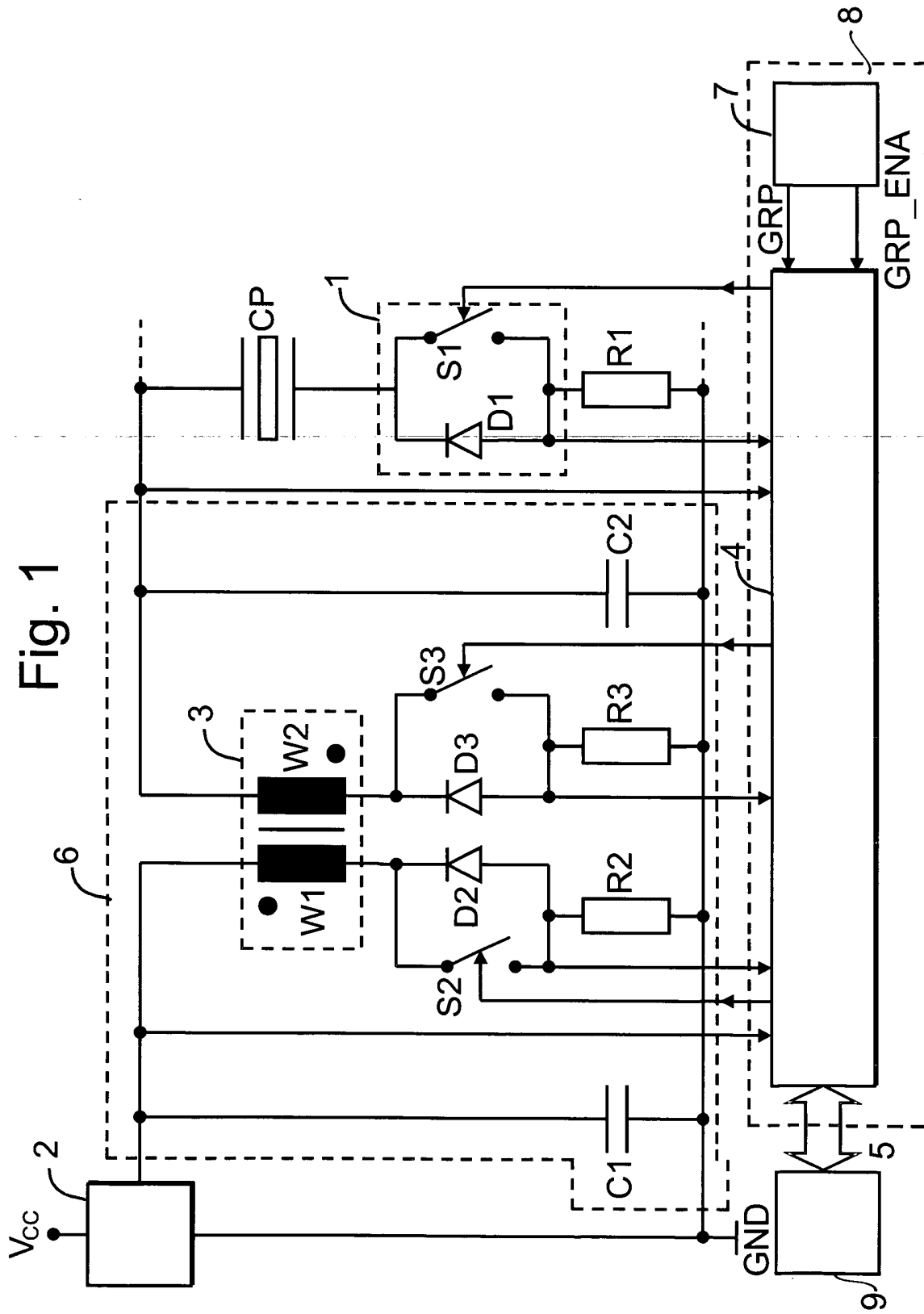


Fig. 2

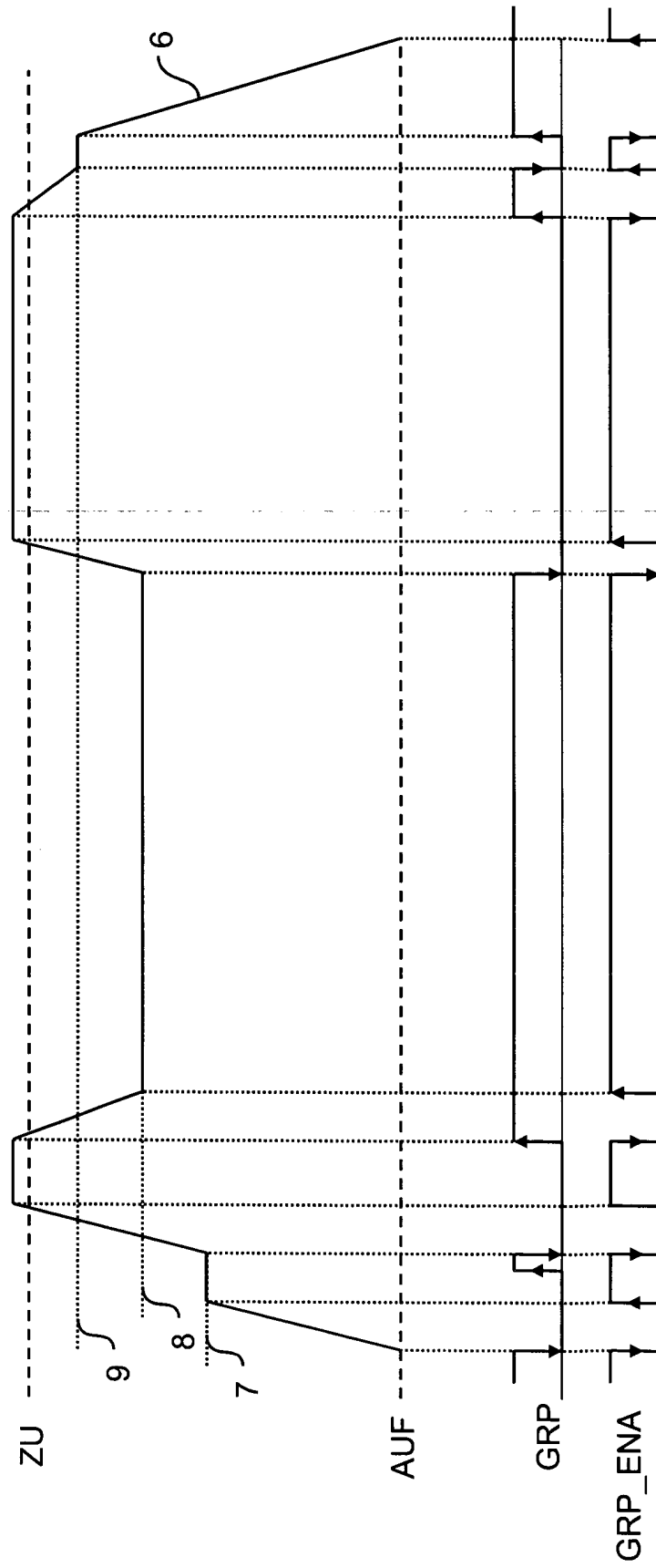


Fig. 3

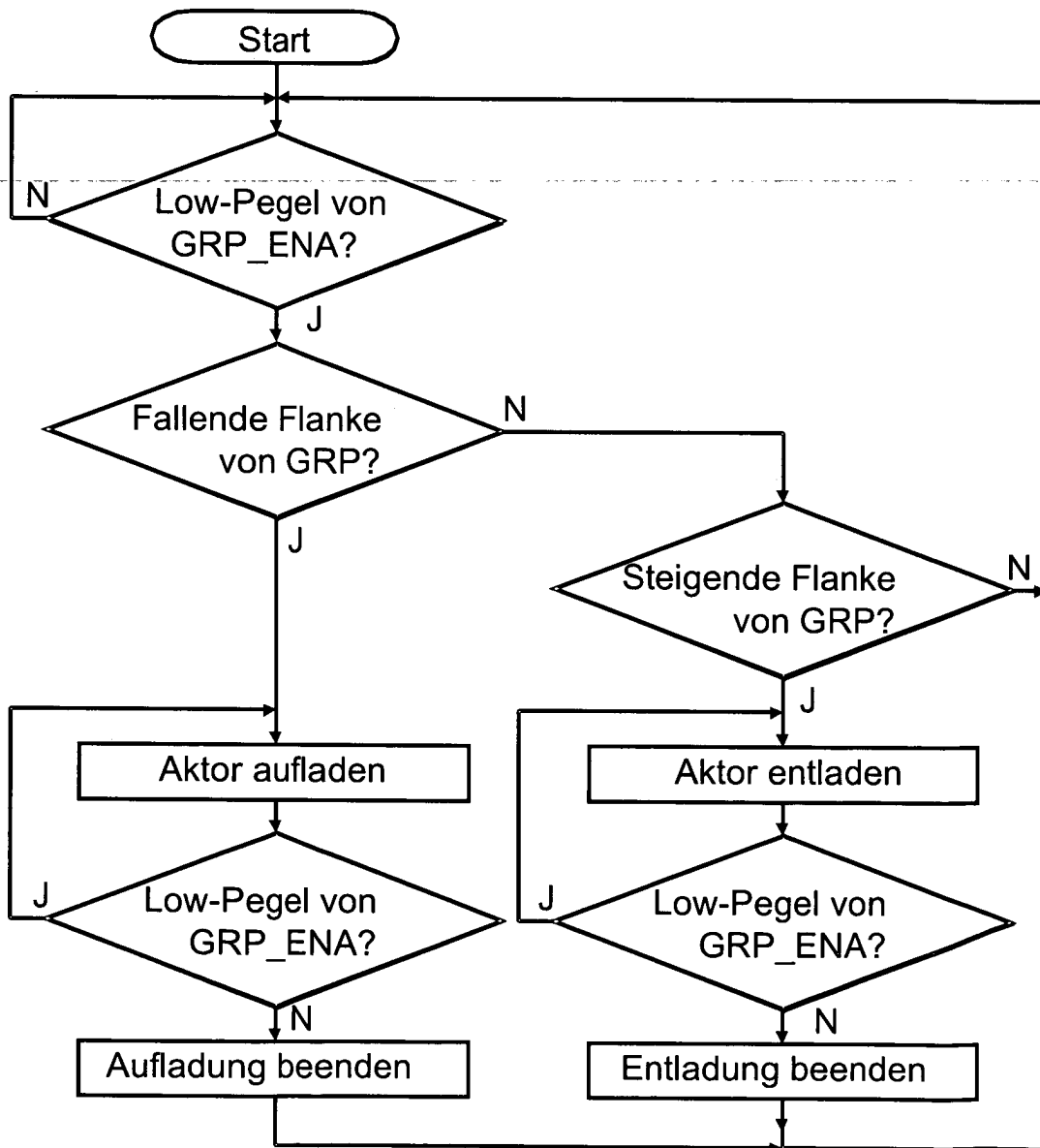


Fig. 4

