



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
11.07.2007 Patentblatt 2007/28

(51) Int Cl.:
F02D 41/20 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06119822.2**

(22) Anmeldetag: **30.08.2006**

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

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

(72) Erfinder: **Bolz, Stephan 93102, Pfatter (DE)**

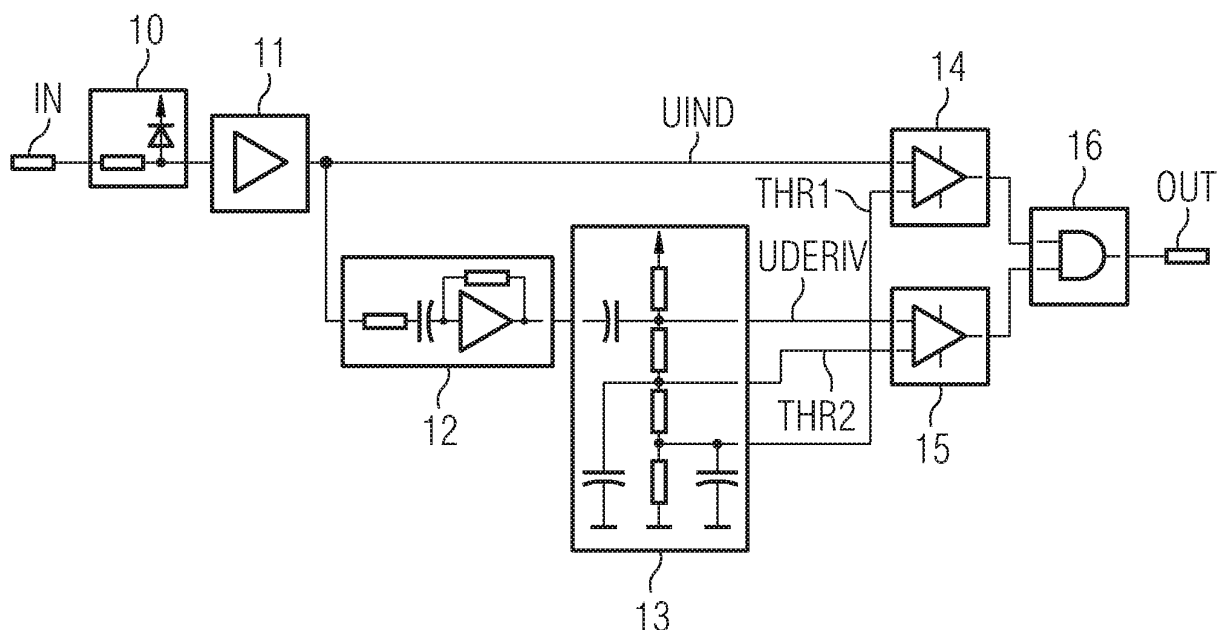
(30) Priorität: **20.09.2005 DE 102005044886**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Erkennen eines Endes einer Bewegung eines Ventilkolbens in einem Ventil**

(57) Eine Vorrichtung ist ausgebildet zum Erfassen einer ersten Größe (UIND), die repräsentativ ist für eine Induktionsspannung, die durch eine Bewegung eines Ventilkolbens in einer Spule eines Ventils induziert wird. Die Vorrichtung ist weiter ausgebildet zum Ermitteln einer zweiten Größe (UDERIV), die repräsentativ ist für eine

erste Ableitung der ersten Größe (UIND) nach der Zeit. Ferner ist die Vorrichtung ausgebildet zum Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens in dem Ventil, wenn die erste Größe (UIND) größer ist als ein vorgegebener erster Schwellenwert (THR1) und die zweite Größe (UDERIV) unter einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert (THR2) fällt.

FIG 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zum Erkennen eines Endes einer Bewegung eines Ventilkolbens in einem Ventil, insbesondere in einem magnetisch bistabilen Solenoid-Ventil für ein Einspritzventil einer Brennkraftmaschine in einem Kraftfahrzeug.

[0002] An Brennkraftmaschinen, insbesondere in Kraftfahrzeugen, werden hohe Anforderungen gestellt. Die Schadstoffemissionen unterliegen gesetzlichen Bestimmungen und der Kunde verlangt nach einem geringen Kraftstoffverbrauch und einem sicheren und zuverlässigen Betrieb. Durch direktes Einspritzen des Kraftstoffs in die jeweilige Verbrennungskammer der Brennkraftmaschine mit hohem Druck, z.B. mit über 2000 Bar bei Dieselmotoren oder über 100 Bar bei Benzin, sowie gegebenenfalls durch Zuführen des Kraftstoffs in mehreren Teileinspritzungen je Einspritzvorgang kann die Gemischauflösung verbessert werden und so der Kraftstoffverbrauch und die Entstehung von Schadstoffemissionen verringert werden. Die Anforderungen an die Präzision und Dynamik der Einspritzventile sind daher hoch. Gefordert sind beispielsweise Ventilschaltzeiten von z.B. etwa 100 bis 500 Mikrosekunden, so dass bei dem hohen Kraftstoffdruck geringe Kraftstoffmengen, z.B. wenige Mikrogramm, präzise eingespritzt werden können. Für Diesel-Pkw-Motoren weisen die Einspritzventile dazu einen Piezoaktor zum Betätigen des Ventils auf. Jedoch sind Einspritzventile mit Piezoaktor teuer. Einspritzventile, die einen Magnetaktor aufweisen, erreichen jedoch die geforderten Ventilschaltzeiten nicht.

[0003] Für großvolumige und langsam laufende Dieselmotoren, beispielsweise ein Sechszylinder-Motor mit neun Litern Hubraum und einer Betriebsdrehzahl von maximal 1.800 Umdrehungen pro Minute, sind die Anforderungen an die Ventilschaltzeiten geringer. Um eine vorgegebene Kraftstoffmenge präzise zu messen zu können, müssen eine Zeitdauer, während der das Ventil geöffnet ist, und die Ventilschaltzeit möglichst präzise bekannt sein.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung ist, eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zum Erkennen eines Endes einer Bewegung eines Ventilkolbens in einem Ventil zu schaffen, die bzw. das zuverlässig ist.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0006] Die Erfindung zeichnet sich aus durch eine Vorrichtung und ein entsprechendes Verfahren zum Erkennen jeweils eines Endes einer Bewegung eines Ventilkolbens in mindestens einem Ventil. Die Vorrichtung ist mit dem mindestens einen Ventil koppelbar. Die Vorrichtung ist ausgebildet zum Erfassen einer ersten Größe, die repräsentativ ist für eine Induktionsspannung, die durch die Bewegung des Ventilkolbens in einer Spule des Ventils induziert wird. Die Vorrichtung ist ferner aus-

gebildet zum Ermitteln einer zweiten Größe, die repräsentativ ist für eine erste Ableitung der ersten Größe nach der Zeit. Ferner ist die Vorrichtung ausgebildet zum Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens in dem Ventil, wenn die erste Größe größer ist als ein vorgegebener erster Schwellenwert und die zweite Größe unter einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert fällt.

[0007] Durch das Berücksichtigen sowohl der ersten Größe als auch der zweiten Größe kann das Erkennen besonders zuverlässig sein. Ist die erste Größe größer als der vorgegebene erste Schwellenwert, dann kann dadurch sichergestellt werden, dass die Induktionsspannung hinreichend groß ist und dass die Induktionsspannung insbesondere größer ist als ein gegebenenfalls vorhandenes Rauschen oder gegebenenfalls vorhandene andere Störsignale. Durch das Ende der Bewegung des Ventilkolbens weist die Induktionsspannung einen charakteristischen Verlauf auf, insbesondere einen Knick, nach dem die Induktionsspannung gegenüber ihrem vorherigen Verlauf schneller absinkt. Fällt die zweite Größe unter den vorgegebenen zweiten Schwellenwert, kann dieser charakteristische Verlauf der Induktionsspannung bei dem Ende der Bewegung des Ventilkolbens zuverlässig erkannt werden. Beispielsweise ist die Vorrichtung ausgebildet zum Erzeugen eines Signals, um das Erkennen des Endes des Ventilkolbens in dem Ventil zu signalisieren.

[0008] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der vorgegebene erste Schwellenwert und/oder der vorgegebene zweite Schwellenwert abhängig von der ersten Größe vorgegeben. Dies hat den Vorteil, dass das Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens bei unterschiedlich großer Induktionsspannung zuverlässig möglich ist. Die Induktionsspannung ist z.B. unterschiedlich groß bei unterschiedlichen Ventilen oder bei unterschiedlichem Verschleißzustand des mindestens einen Ventils.

[0009] In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn der vorgegebene erste Schwellenwert bzw. der vorgegebene zweite Schwellenwert nur dann abhängig von der ersten Größe vorgegeben wird, wenn die erste Größe größer ist als ein vorgegebener dritter Schwellenwert. Der vorgegebene dritte Schwellenwert ist vorzugsweise so groß, dass dieser nicht durch das Rauschen oder andere Störsignale der ersten Größe überschritten wird. Ferner ist der vorgegebene dritte Schwellenwert vorzugsweise so klein, dass auch bei einer geringen Induktionsspannung das Ende der Bewegung des Ventilkolbens zuverlässig erkannt werden kann. Das Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens kann so robust gegenüber Rauschen und anderen Störsignalen und gegenüber unterschiedlich großen Induktionsspannungen sein.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Vorrichtung einen ersten Impedanzwandler, dessen eingangsseitige Impedanz größer ist als dessen ausgangsseitige Impedanz und dem eingangsseitig die Induktionsspannung zuführbar ist.

Ferner umfasst die Vorrichtung einen zweiten Impedanzwandler, dessen eingangsseitige Impedanz kleiner ist als dessen ausgangsseitige Impedanz und der ausgangsseitig über eine Reihenschaltung aus einem Widerstand und einem Kondensator mit einem Ausgang des ersten Impedanzwandlers gekoppelt ist. Die erste Größe ist ausgangsseitig des ersten Impedanzwandlers erfassbar. Ferner ist die zweite Größe ausgangsseitig des zweiten Impedanzwandlers ermittelbar. Der Vorteil ist, dass eine solche Vorrichtung sehr einfach und preisgünstig sein kann. Der erste und der zweite Impedanzwandler können beispielsweise durch jeweils mindestens einen Transistor gebildet sein. Ferner kann eine solche Vorrichtung sehr einfach als eine integrierte Schaltung besonders preisgünstig ausgebildet werden.

[0011] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eingangsseitig ein Tiefpassfilter vorgesehen. Dies hat den Vorteil, dass Rauschen und hochfrequente Störungen vermindert werden können und dadurch das Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens besonders zuverlässig erfolgen kann.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung einen Spannungsteiler auf, der elektrisch zwischen einem Versorgungspotenzial und einem Massepotenzial angeordnet ist und der als eine Reihenschaltung von mindestens drei Widerständen ausgebildet ist und an dem jeweils zwischen zwei aufeinander folgenden Widerständen der vorgegebene erste Schwellenwert und der vorgegebene zweite Schwellenwert abgreifbar sind. Der Vorteil ist, dass der vorgegebene erste Schwellenwert und der vorgegebene zweite Schwellenwert durch einen solchen mehrstufigen Spannungsteiler sehr einfach und präzise vorgegeben werden können und dazu nur wenige Bauelemente erforderlich sind.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Vorrichtung ausgangsseitig einen ersten und einen zweiten Komparator, die jeweils einen Open-Collector-Ausgang aufweisen. Die Vorrichtung ist so ausgebildet, dass dem ersten Komparator an seinem positiven Eingang die erste Größe und an seinem negativen Eingang der vorgegebene erste Schwellenwert zugeführt wird. Dem zweiten Komparator wird an seinem negativen Eingang die zweite Größe und an seinem positiven Eingang der vorgegebene zweite Schwellenwert zugeführt. Der Open-Collector-Ausgang des ersten Komparators und der Open-Collector-Ausgang des zweiten Komparators sind miteinander verbunden und bilden einen Ausgang der Vorrichtung. Der Vorteil ist, dass nur wenige Bauelemente erforderlich sind und die Vorrichtung so sehr einfach ist.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Vorrichtung eingangsseitig eine Schutzschaltung auf, die mindestens eine Diode und einen Widerstand umfasst und die so ausgebildet ist, dass bei einem eingangsseitigen Überschreiten einer Versorgungsspannung die Diode leitend wird und ein Stromfluss durch die Diode durch den Widerstand begrenzt ist.

Die Vorrichtung ist dadurch robust und einfach und schützt die Vorrichtung zuverlässig vor einer eingangsseitigen Überspannung.

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert.

[0016] Es zeigen:

Figur 1 ein Ventil,

Figur 2 eine Schaltungsanordnung für ein Ansteuern des Ventils,

Figur 3 ein erstes Diagramm,

Figur 4 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Erkennen eines Endes einer Bewegung eines Ventilkolbens in dem Ventil,

Figur 5 ein zweites Diagramm,

Figur 6 ein drittes Diagramm,

Figur 7 eine erste Ausführungsform der Vorrichtung und

Figur 8 eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung.

[0017] Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0018] Ein Ventil, z.B. ein Steuerventil für ein Einspritzventil für eine Brennkraftmaschine in einem Kraftfahrzeug, umfasst ein Ventilgehäuse 1, das eine Ausnehmung aufweist, in der ein Ventilkolben 2 axial beweglich angeordnet ist (Figur 1). Das Ventil weist einen Einlass 3 und zwei Auslässe 4 auf, die in dem Ventilgehäuse 1 ausgebildet sind. Ferner sind in dem Ventilgehäuse 1 Abflüsse 5 ausgebildet. Der Einlass 3 ist beispielsweise mit einem nicht dargestellten Fluidreservoir koppelbar, aus dem dem Ventil ein Fluid, z.B. Hydrauliköl oder Motoröl, zugeführt werden kann. Die Auslässe 4 münden beispielsweise in einen nicht dargestellten Steuerraum, an den z.B. ein Hydraulikstempel angrenzt, der abhängig von einem Fluiddruck in dem Steuerraum bewegbar ist zum Öffnen und Schließen des Einspritzventils.

[0019] Abhängig von einer axialen Position des Ventilkolbens 2 in der Ausnehmung des Ventilgehäuses 1 ist entweder der Einlass 3 hydraulisch über Nuten 8, die in dem Ventilkolben 2 und dem Ventilgehäuse 1 ausgebildet sind, mit den Auslässen 4 gekoppelt oder sind die Auslässe 4 mit den Abflüssen 5 gekoppelt. Durch die Abflüsse 5 kann das Fluid aus dem Steuerraum abfließen.

[0020] Das Ventil weist eine erste Kappe 6 und eine zweite Kappe 7 auf, die jeweils an einem axialen Ende des Ventils angeordnet sind. Die erste Kappe 6 und die

zweite Kappe 7 begrenzen einen Hub des Ventilkolbens 2 in dem Ventilgehäuse 1. Angrenzend an die erste Kappe 6 ist eine erste Spule L1 und angrenzend an die zweite Kappe 7 ist eine zweite Spule L2 angeordnet. Durch ein geeignetes Bestromen der ersten Spule L1 bzw. der zweiten Spule L2 kann ein Magnetfeld so aufgebaut werden, dass der Ventilkolben 2 durch dieses angezogen wird und gegen die durch die erste Kappe 6 bzw. die zweite Kappe 7 gebildete Hubbegrenzung bewegt wird. Vorzugsweise sind die erste Kappe 6 und die zweite Kappe 7 so ausgebildet, dass auch nach einem Beenden des Bestromens der ersten Spule L1 bzw. der zweiten Spule L2 durch ein entsprechendes Magnetisieren der ersten Kappe 6 bzw. der zweiten Kappe 7 ein Remanenzmagnetfeld erhalten bleibt. Der Ventilkolben 2 kann so seine aktuelle Position an der ersten Kappe 6 bzw. der zweiten Kappe 7 beibehalten, bis der Ventilkolben 2 durch das Bestromen der jeweils gegenüberliegenden Spule zu der dieser zugeordneten Kappe gezogen wird. Das Ventil bildet somit ein magnetisch bistabiles Solenoid-Ventil. Das Ventil kann jedoch auch anders ausgebildet sein.

[0021] Figur 2 zeigt eine Schaltungsanordnung, die ausgebildet ist zum Ansteuern des Ventils. Die Schaltungsanordnung weist eine Steuereinrichtung 9 auf, die beispielsweise ein pulsweitenmoduliertes Steuersignal erzeugt, das einem ersten Schalter SW1 zugeführt wird. Der erste Schalter SW1 ist elektrisch zwischen einem positiven Potenzial einer Batteriespannung UBAT und einem ersten Anschluss der ersten Spule L1 angeordnet. Die Batteriespannung UBAT beträgt beispielsweise etwa 24 Volt. Ferner ist der erste Schalter SW1 und der erste Anschluss der ersten Spule L1 über eine in Sperrrichtung angeordnete erste Diode D1 mit einem negativen Potenzial der Batteriespannung UBAT gekoppelt, das als ein Massepotenzial GND bezeichnet ist.

[0022] Ein zweiter Anschluss der ersten Spule L1 ist über einen zweiten Schalter SW2 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt. Der zweite Schalter SW2 ist vorgesehen für ein Auswählen des Ventils, wenn weitere Ventile durch die Steuereinrichtung 9 angesteuert werden können. Ferner ist der zweite Anschluss der ersten Spule L1 über eine in Sperrrichtung geschaltete zweite Diode D2 mit dem positiven Potenzial der Batteriespannung UBAT gekoppelt. Der erste Schalter SW1, der zweite Schalter SW2, die erste Diode D1 und die zweite Diode D2 sind entsprechend für die zweite Spule L2 vorgesehen. Die Steuereinrichtung 9 ist vorzugsweise ausgebildet, das pulsweitenmodulierte Steuersignal entsprechend auch für die zweite Spule L2 zu erzeugen.

[0023] Die erste Spule L1 und die zweite Spule L2 werden vorzugsweise so abwechselnd bestromt, dass der Ventilkolben 2 in die jeweils andere axiale Position an der ersten Kappe 6 bzw. der zweiten Kappe 7 bewegt wird. Vorzugsweise wird die jeweils unbestromte Spule genutzt, um die Bewegung des Ventilkolbens 2 in dem Ventilgehäuse 1 zu erfassen. Dadurch, dass die erste Kappe 6 und die zweite Kappe 7 oder auch das Ventil-

gehäuse 1 oder der Ventilkolben 2 magnetisiert sind, kann durch das Bewegen des Ventilkolbens 2 durch das vorherrschende Magnetfeld eine Induktionsspannung in der ersten Spule L1 und in der zweiten Spule L2 induziert werden. Diese Induktionsspannung ist in der jeweils unbestromten Spule besonders einfach erfassbar.

[0024] Figur 3 zeigt ein erstes Diagramm, in dem ein Verlauf eines elektrischen Stroms I durch die erste Spule L1 bzw. die zweite Spule L2 bei dem Bestromen dargestellt ist. Das Bestromen der jeweiligen Spule beginnt zu einem Startzeitpunkt t_0 durch das Einschalten des der jeweiligen Spule zugeordneten ersten Schalters SW1 und zweiten Schalters SW2. Der elektrische Strom I steigt an, bis ein vorgegebener Strom erreicht ist. Dann wird der Strom I durch abwechselndes Ein- und Ausschalten des ersten Schalters SW1 in einem vorgegebenen Bereich gehalten. Mit einem Beginn der Bewegung des Ventilkolbens durch das vorherrschende Magnetfeld wird in der jeweils unbestromten Spule die Induktionsspannung induziert. Diese kann in Form einer ersten Größe UIND erfasst werden, die repräsentativ ist für diese Induktionsspannung. Schlägt der Ventilkolben 2 zu einem ersten Zeitpunkt t_1 gegen die durch die erste Kappe 6 bzw. die zweite Kappe 7 gebildete Hubbegrenzung, dann zeigt die erste Größe UIND einen charakteristischen Verlauf in Form eines Knicks B. Der Knick B wird verursacht durch das Ende der Bewegung des Ventilkolbens. Da die Induktionsspannung nach dem ersten Zeitpunkt t_1 nicht weiter induziert wird, fällt die erste Größe UIND nach dem Zeitpunkt t_1 schneller als vor dem ersten Zeitpunkt t_1 . Das Ende der Bewegung des Ventilkolbens kann somit durch ein Erkennen des Knicks B in dem Verlauf der ersten Größe UIND erkannt werden.

[0025] Figur 4 zeigt ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens in dem Ventil. Die Vorrichtung weist einen Eingang IN auf, über den der Vorrichtung die Induktionsspannung oder die erste Größe UIND zuführbar ist. Eine Schutzschaltung 10 ist eingangsseitig der Vorrichtung vorgesehen, um die Vorrichtung vor einer zu großen Eingangsspannung an dem Eingang IN zu schützen und so ein Beschädigen der Vorrichtung zu verhindern. Die Schutzschaltung 10 ist gekoppelt mit einem Puffer 11, der beispielsweise als ein erster Impedanzwandler ausgebildet ist. Die Vorrichtung kann so beispielsweise hochohmig mit der ersten Spule L1 bzw. der zweiten Spule L2 oder weiteren Spulen in gegebenenfalls vorgesehenen weiteren Ventilen gekoppelt sein. Ausgangsseitig des Puffers 11 kann die erste Größe UIND abgegriffen werden.

[0026] Der Puffer 11 ist mit einem Differenzierer 12 gekoppelt, der eine erste Ableitung der ersten Größe UIND nach der Zeit bildet und ausgangsseitig eine zweite Größe UDERIV bereitstellt, die repräsentativ ist für die erste Ableitung der ersten Größe UIND nach der Zeit. Ferner ist in der Vorrichtung ein Referenzerzeuger 13 vorgesehen, der einen vorgegebenen ersten Schwellenwert THR1 und einen vorgegebenen zweiten Schwellen-

wert THR2 erzeugt und vorgibt.

[0027] Ein erster Vergleicher 14 ist vorgesehen zum Vergleichen der ersten Größe UIND mit dem vorgegebenen ersten Schwellenwert THR1. Ein zweiter Vergleicher 15 ist vorgesehen zum Vergleichen der zweiten Größe UDERIV mit dem vorgegebenen zweiten Schwellenwert THR2. Ausgangsseitig sind der erste Vergleicher 14 und der zweite Vergleicher 15 über ein Und-Glied 16 logisch miteinander verknüpft. Ein Ausgang OUT der Vorrichtung ist gebildet durch einen Ausgang des Und-Glieds 16. An dem Ausgang OUT wird das Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens signalisiert, wenn die erste Größe UIND größer ist als der vorgegebene erste Schwellenwert THR1 und die zweite Größe UDERIV unter den vorgegebenen zweiten Schwellenwert THR2 fällt (Figur 5). Das Signalisieren an dem Ausgang OUT erfolgt beispielsweise durch einen Ausgangspuls P einer Ausgangsspannung UOUT.

[0028] Der Ausgangspuls P kann beispielsweise einer nicht dargestellten Steuereinheit zugeführt werden, die ausgebildet ist, das Ventil abhängig von dem zweiten Zeitpunkt t2, der durch den Ausgangspuls P markiert ist, so anzusteuern, dass z.B. eine vorgegebene Kraftstoffmenge eingespritzt wird. Es kann jedoch ebenso ein dem Blockschaltbild entsprechendes Verfahren vorgesehen sein, z.B. in Form eines Programms, das durch die Steuereinheit ausgeführt wird.

[0029] Figur 5 zeigt einen Verlauf der zweiten Größe UDERIV, des vorgegebenen zweiten Schwellenwerts THR2 und der Ausgangsspannung UOUT. Zu einem zweiten Zeitpunkt t2 fällt die zweite Größe UDERIV unter den vorgegebenen zweiten Schwellenwert THR2 und löst den Ausgangspuls P in der Ausgangsspannung UOUT aus, wenn gleichzeitig die erste Größe UIND größer ist als der vorgegebene erste Schwellenwert THR1 (Figur 3).

[0030] Abhängig von dem vorgegebenen zweiten Schwellenwert THR2 ist der Ausgangspuls P, der zu dem zweiten Zeitpunkt t2 auftritt, verzögert gegenüber dem Auftreten des Knicks B zu dem ersten Zeitpunkt t1 (Figur 6). Die Vorrichtung kann jedoch so ausgebildet sein, dass diese Verzögerung weitgehend konstant ist und so der erste Zeitpunkt t1, also das Ende der Bewegung des Ventilkörpers in dem Ventil, zuverlässig ermittelt werden kann.

[0031] In Figur 7 ist eine erste Ausführungsform der Vorrichtung dargestellt. Die Vorrichtung ist ausgebildet zum Erkennen des jeweiligen Endes der Bewegung des Ventilkolbens in sechs Ventilen, die in zwei Banken zu je drei Ventilen elektrisch miteinander gekoppelt sind. Die Ventile werden vorzugsweise sequentiell und ohne Überlappung bzgl. ihrer Ansteuerung angesteuert. Eine solche Vorrichtung ist vorzugsweise jeweils für die erste Spule L1 und für die zweite Spule L2 vorgesehen. Werden die Ventile überlappend angesteuert, dann sind gegebenenfalls weitere Vorrichtungen vorzusehen. Die der zweiten Ventilbank zugeordneten Elemente der Vorrichtung weisen Bezugszeichen mit einem zusätzlichen

Strich auf und entsprechen jeweils den der ersten Ventilbank zugeordneten Elementen. Die Vorrichtung ist nachfolgend erläutert mit Bezug auf die erste Spule L1 gemäß Figur 2.

[0032] Der Eingang IN der Vorrichtung ist elektrisch mit der zweiten Diode D2 und dem zweiten Schalter SW2 gekoppelt. Der Eingang IN ist ferner über einen ersten Widerstand R1 und eine in Sperrrichtung angeordneten dritten Diode D3 mit einem Versorgungspotenzial USUP gekoppelt, das beispielsweise etwa 5 Volt gegenüber dem Massepotenzial GND beträgt. Der erste Widerstand R1 und die dritte Diode D3 sind elektrisch mit einem Knoten K1 gekoppelt, der wiederum mit einem Basisanschluss eines ersten Transistors T1 und über einen ersten Kondensator C1 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt ist. Der Eingang IN ist ferner über einen zweiten Widerstand R2 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt. Die erste Spule L1 entlädt sich über den zweiten Widerstand R2. Der exponentielle Spannungsabfall nach dem ersten Zeitpunkt t1 wird durch den zweiten Widerstand R2 beeinflusst. Der erste Widerstand R1 weist beispielsweise einen Widerstandswert von etwa 10 Kiloohm auf, der zweite Widerstand R2 weist beispielsweise einen Widerstandswert von etwa 500 Ohm auf.

[0033] Der erste Widerstand R1 und die dritte Diode D3 bilden die Schutzschaltung 10. Ist eine Spannung zwischen dem Eingang IN und dem Massepotenzial GND größer als die Summe einer Spannung zwischen dem Versorgungspotenzial USUP und dem Massepotenzial GND und einer Durchlassspannung der dritten Diode D3, dann wird die dritte Diode D3 leitend. Ein Stromfluss durch die dritte Diode D3 wird dann durch den ersten Widerstand R1 begrenzt. Ferner bildet der erste Widerstand R1 mit den Widerständen R1' und R2' einen Spannungsteiler, der die Spannung zwischen dem Knoten K1 und dem Massepotenzial GND gegenüber der Spannung zwischen dem Eingang IN und dem Massepotenzial GND verringert. Dadurch ist die Vorrichtung geschützt gegen Überspannungen an dem Eingang IN. Ferner ist durch den ersten Widerstand R1 und den ersten Kondensator C1 ein Tiefpassfilter gebildet, der vorzugsweise so ausgebildet ist, dass Rauschen und andere Störsignale an dem Knoten K1 weitgehend unterdrückt sind.

[0034] Der Puffer 11 ist durch den ersten Transistor T1 gebildet, der als Kollektorschaltung beschaltet ist. Ein Kollektoranschluss des ersten Transistors T1 ist mit dem Massepotenzial GND verbunden und ein Emitteranschluss des ersten Transistors T1 ist über einen dritten Widerstand R3 mit dem Versorgungspotenzial USUP gekoppelt. Der Emitteranschluss des ersten Transistors T1 bildet einen Knoten K2, an dem die erste Größe UIND niederohmig bereitgestellt wird. Die Kollektorschaltung des ersten Transistors T1 weist eine eingangsseitige Impedanz auf, die größer ist als deren ausgangsseitige Impedanz. Der erste Transistor T1 bildet somit den ersten Impedanzwandler.

[0035] Der Differenzierer 12 ist gebildet durch einen

zweiten Kondensator C2 und einen vierten Widerstand R4, die eine Reihenschaltung bilden, und einen zweiten Transistor T2 sowie einen fünften, sechsten, siebten und achten Widerstand R5, R6, R7, R8, die zur Arbeitspunkteinstellung des zweiten Transistors T2 dienen. Der zweite Transistor T2 ist als Basisschaltung beschaltet. Ein Emitteranschluss des zweiten Transistors T2 ist über den fünften Widerstand R5 mit dem Versorgungspotenzial USUP gekoppelt und ein Kollektoranschluss des zweiten Transistors T2 ist über den sechsten Widerstand R6 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt. Ferner ist ein Basisanschluss des zweiten Transistors T2 über den siebten Widerstand R7 mit dem Versorgungspotenzial USUP gekoppelt und über den achten Widerstand R8 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt. Die Reihenschaltung aus dem zweiten Kondensator C2 und dem vierten Widerstand R4 ist elektrisch zwischen dem zweiten Knoten K2 und dem Emitteranschluss des zweiten Transistors T2 angeordnet. Der zweite Transistor T2 bildet durch seine Basisschaltung einen zweiten Impedanzwandler, dessen eingangsseitige Impedanz kleiner ist als dessen ausgangsseitige Impedanz.

[0036] Eine Eckfrequenz des Differenzierers 12 ist im Wesentlichen durch $1 / (2 * \pi * R4 * C2)$ gegeben und beträgt beispielsweise etwa 200 kHz. Eine Spannungsverstärkung des zweiten Transistors T2 ist gegeben durch ein Verhältnis des sechsten Widerstands R6 und des vierten Widerstands R4.

[0037] An dem Kollektoranschluss des zweiten Transistors T2 kann die zweite Größe UDERIV ermittelt werden. Dazu ist der Kollektoranschluss des zweiten Transistors T2 mit einem Basisanschluss eines dritten Transistors T3 gekoppelt, der als Kollektorschaltung beschaltet ist. Der dritte Transistor T3 bildet somit einen dritten Impedanzwandler, dessen eingangsseitige Impedanz größer ist als dessen ausgangsseitige Impedanz. Ein Kollektoranschluss des dritten Transistors T3 ist mit dem Massepotenzial GND gekoppelt und ein Emitteranschluss des dritten Transistors T3 ist über einen neunten Widerstand R9 mit dem Versorgungspotenzial USUP gekoppelt.

[0038] Elektrisch zwischen dem Versorgungspotenzial USUP und dem Massepotenzial GND ist ein mehrstufiger Spannungsteiler angeordnet, der den Referenzzeuger 13 bildet und der aus einer Reihenschaltung eines zehnten, elften, zwölften und dreizehnten Widerstands R10, R11, R12, R13 gebildet ist. Der zehnte Widerstand R10 ist elektrisch zwischen dem Versorgungspotenzial USUP und einem Knoten K3 angeordnet. Der Knoten K3 ist über einen dritten Kondensator C3 mit dem Emitteranschluss des dritten Transistors T3 gekoppelt. Der elfte Widerstand R11 ist zwischen dem dritten Knoten K3 und einem vierten Knoten K4 angeordnet und der zwölfte Widerstand R12 ist zwischen dem vierten Knoten K4 und einem fünften Knoten K5 angeordnet. Der dreizehnte Widerstand R13 ist zwischen dem fünften Knoten K5 und dem Massepotenzial GND angeordnet. An dem Knoten K3 kann die zweite Größe UDERIV abgegriffen

werden. Der Knoten K4 ist über einen vierten Kondensator C4 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt. Entsprechend ist der fünfte Knoten K5 über einen fünften Kondensator C5 mit dem Massepotenzial GND gekoppelt.

[0039] An dem fünften Knoten K5, also über dem dreizehnten Widerstand R13 bzw. dem fünften Kondensator C5, wird die vorgegebene erste Schwellenspannung THR1 abgegriffen. Die vorgegebene erste Schwellenspannung THR1 weist vorzugsweise etwa einen Wert auf, der halb so groß ist, wie ein zu erwartender maximaler Betrag der ersten Größe UIND. Entspricht der maximale Betrag beispielsweise dem Versorgungspotenzial USUP von 5 Volt, dann beträgt die vorgegebene erste Schwellenspannung THR1 bevorzugt etwa 2,5 Volt. Die vorgegebene zweite Schwellenspannung THR2 wird zwischen dem dritten Knoten K3 und dem vierten Knoten K4, also über dem elften Widerstand R11, abgegriffen. Der vorgegebene erste Schwellenwert THR1 und der vorgegebene zweite Schwellenwert THR2 sind somit abhängig von einer Dimensionierung des Spannungsteilers vorgegeben.

[0040] Die Vorrichtung umfasst ferner einen ersten Komparator COMP1 und einen zweiten Komparator COMP2. Der erste Komparator COMP1 ist eingangsseitig mit seinem positiven Eingang mit dem zweiten Knoten K2 gekoppelt und mit seinem negativen Eingang mit dem fünften Knoten K5 gekoppelt. Der erste Komparator COMP1 bildet somit den ersten Vergleichler 14, der die erste Größe UIND mit dem vorgegebenen ersten Schwellenwert THR1 vergleicht. Entsprechend ist der zweite Komparator COMP2 mit seinem negativen Eingang mit dem dritten Knoten K3 und mit seinem positiven Eingang mit dem vierten Knoten K4 gekoppelt. Der zweite Komparator COMP2 bildet somit den zweiten Vergleichler 15, der die zweite Größe UDERIV mit dem vorgegebenen zweiten Schwellenwert THR2 vergleicht.

[0041] Vorzugsweise weisen der erste Komparator COMP1 und der zweite Komparator COMP2 jeweils einen Open-Collector-Ausgang auf. Dadurch kann das Und-Glied 16 sehr einfach durch Verbinden der jeweiligen Ausgänge des ersten Komparators COMP1 und des zweiten Komparators COMP2 realisiert werden. Die verknüpften Open-Collector-Ausgänge des ersten Komparators COMP1 und des zweiten Komparators COMP2 bilden so den Ausgang OUT der Vorrichtung. Der Ausgang OUT ist über einen vierzehnten Widerstand R14 mit dem Versorgungspotenzial USUP gekoppelt.

[0042] Tritt der Knick B in dem Verlauf der ersten Größe UIND auf, dann fällt das Potenzial an dem dritten Knoten K3. Da das Potenzial an dem vierten Knoten K4 durch die Ladung auf dem vierten Kondensator C4 gestützt ist, kann das Potenzial an dem dritten Knoten K3 für eine kurze Zeitdauer, z.B. für wenige zehn Mikrosekunden, unterhalb des Potenzials des vierten Knotens K4 fallen und somit ausgangsseitig des zweiten Komparators COMP2 einen positiven Impuls etwa für die Zeitdauer des Unterschreitens hervorrufen. Ist gleichzeitig das Po-

tenzial an dem zweiten Knoten K2 größer als das an dem fünften Knoten K5, dann wird an dem Ausgang OUT der Ausgangspuls P erzeugt.

[0043] Der Spannungsteiler aus dem zehnten, elften, zwölften und dreizehnten Widerstand R10, R11, R12, R14 kann auch aus nur drei Widerständen gebildet sein, wenn die zweite Größe UDERIV anstatt an dem dritten Knoten K3 an dem Emitteranschluss des dritten Transistors T3 abgegriffen wird und der zehnte und der elfte Widerstand R10, R11 zu einem Widerstand zusammengefasst werden. Auf den vierten und den fünften Kondensator C4, C5 kann dann verzichtet werden.

[0044] Figur 8 zeigt eine zweite Ausführungsform der Vorrichtung, die der ersten Ausführungsform in Figur 7 entspricht. Jedoch ist der zehnte Widerstand R10 unterteilt in einen ersten Unterwiderstand R10a und einen zweiten Unterwiderstand R10b. Ein sechster Knoten K6 ist elektrisch zwischen dem ersten Unterwiderstand R10a und dem zweiten Unterwiderstand R10b ausgebildet. Ferner ist eine vierte Diode D4 mit ihrem Katodenanschluss mit dem sechsten Knoten K6 gekoppelt und mit ihrem Anodenanschluss mit dem zweiten Knoten K2 gekoppelt. Dadurch ist ein Potenzial an dem sechsten Knoten K6 und auch an dem dritten Knoten K3 und dem vierten Knoten K4 abhängig von dem Potenzial an dem zweiten Knoten K2, wenn die erste Größe UIND, also das Potenzial an dem zweiten Knoten K2, größer ist als ein vorgegebener dritter Schwellenwert. Der vorgegebene dritte Schwellenwert ist durch ein entsprechendes Dimensionieren des ersten Unterwiderstands R10a sowie des zweiten Unterwiderstands R10b, des elften Widerstands R11, des zwölften Widerstands R12 und des dreizehnten Widerstands R13 vorgegeben. Vorzugsweise ist der dritte Schwellenwert so vorgegeben, dass dieser größer ist als gegebenenfalls in der ersten Größe UIND vorhandenes Rauschen oder vorhandene andere Störsignale, jedoch so klein ist, dass der Knick B in dem Verlauf der ersten Größe UIND auch dann zuverlässig erkannt werden kann, wenn die erste Größe UIND nur einen geringen Betrag aufweist. Der Vorteil ist, dass durch ein Verändern des Potenzials an dem vierten Knoten K4 abhängig von dem Potenzial an dem zweiten Knoten K2 der vorgegebene zweite Schwellenwert abhängig von der ersten Größe UIND angepasst wird, da zu erwarten ist, dass die zweite Größe UDERIV bei dem Auftreten des Knicks B abhängig von dem Betrag der ersten Größe UIND mehr oder weniger weit abfällt. Dadurch kann der Knick B weitgehend unabhängig von dem Betrag der ersten Größe UIND zuverlässig erkannt werden. Ferner kann bei geeigneter Dimensionierung die Verzögerung zwischen dem ersten Zeitpunkt t1 des Auftretens des Knicks B und dem Ausgangspuls P zu dem zweiten Zeitpunkt t2 weitgehend konstant sein. Das Ende der Bewegung des Ventilkolbens 2 kann so besonders präzise ermittelt werden. Der vorgegebene dritte Schwellenwert beträgt beispielsweise etwa zwei bis drei Volt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erkennen jeweils eines Endes einer Bewegung eines Ventilkolbens in mindestens einem Ventil, wobei die Vorrichtung mit dem mindestens einen Ventil koppelbar ist und ausgebildet ist
 - zum Erfassen einer ersten Größe (UIND), die repräsentativ ist für eine Induktionsspannung, die durch die Bewegung des Ventilkolbens in einer Spule des Ventils induziert wird,
 - zum Ermitteln einer zweiten Größe (UDERIV), die repräsentativ ist für eine erste Ableitung der ersten Größe (UIND) nach der Zeit, und
 - zum Erkennen des Endes der Bewegung des Ventilkolbens in dem Ventil, wenn die erste Größe (UIND) größer ist als ein vorgegebener erster Schwellenwert (THR1) und die zweite Größe (UDERIV) unter einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert (THR2) fällt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, die so ausgebildet ist, dass der vorgegebene erste Schwellenwert (THR1) und/oder der vorgegebene zweite Schwellenwert (THR2) abhängig von der ersten Größe (UIND) vorgegeben wird.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, die so ausgebildet ist, dass der vorgegebene erste Schwellenwert (THR1) bzw. der vorgegebene zweite Schwellenwert (THR2) nur dann abhängig von der ersten Größe (UIND) vorgegeben wird, wenn die erste Größe (UIND) größer ist als ein vorgegebener dritter Schwellenwert.
4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die einen ersten Impedanzwandler umfasst, dessen eingangsseitige Impedanz größer ist als dessen ausgangsseitige Impedanz und dem eingangsseitig die Induktionsspannung zuführbar ist, und einen zweiten Impedanzwandler umfasst, dessen eingangsseitige Impedanz kleiner ist als dessen ausgangsseitige Impedanz und der eingangsseitig über eine Reihenschaltung aus einem Widerstand und einem Kondensator mit einem Ausgang des ersten Impedanzwandlers gekoppelt ist, und die erste Größe (UIND) ausgangsseitig des ersten Impedanzwandlers erfassbar ist und die zweite Größe (UDERIV) ausgangsseitig des zweiten Impedanzwandlers ermittelbar ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die eingangsseitig ein Tiefpassfilter aufweist.
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die einen Spannungsteiler aufweist, der elektrisch zwischen einem Versorgungspotenzial (USUP) und einem Massepotenzial (GND) angeordnet

net ist und der als eine Reihenschaltung von mindestens drei Widerständen ausgebildet ist und an dem jeweils zwischen zwei aufeinander folgenden Widerständen der vorgegebene erste Schwellenwert (THR1) und der vorgegebene zweite Schwellenwert (THR2) abgreifbar sind. 5

7. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die ausgangsseitig einen ersten und einen zweiten Komparator (COMP1, COMP2) umfasst, die jeweils einen Open-Collector-Ausgang aufweisen, und die so ausgebildet ist, dass dem ersten Komparator (COMP1) an seinem positiven Eingang die erste Größe (UIND) und an seinem negativen Eingang der vorgegebene erste Schwellenwert (THR1) zugeführt wird und dem zweiten Komparator (COMP2) an seinem negativen Eingang die zweite Größe (UDERIV) und an seinem positiven Eingang der vorgegebene zweite Schwellenwert (THR2) zugeführt wird und der Open-Collector-Ausgang des ersten Komparators (COMP1) und der Open-Collector-Ausgang des zweiten Komparators (COMP2) miteinander verbunden sind und einen Ausgang (OUT) der Vorrichtung bilden. 10
15
20

8. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, die eingangsseitig eine Schutzschaltung aufweist, die mindestens eine Diode und einen Widerstand umfasst und die so ausgebildet ist, dass bei einem eingangsseitigen Überschreiten einer Versorgungsspannung die Diode leitend wird und ein Stromfluss durch die Diode durch den Widerstand begrenzt ist. 25
30

9. Verfahren zum Erkennen eines Endes einer Bewegung einer Ventalnadel in einem Ventil, bei dem 35
- eine erste Größe (UIND) erfasst wird, die repräsentativ ist für eine Induktionsspannung, die durch die Bewegung der Ventalnadel in einer Spule des Ventils induziert wird, 40
 - eine zweite Größe (UDERIV) ermittelt wird, die repräsentativ ist für eine erste Ableitung der ersten Größe (UIND) nach der Zeit, und
 - das Ende der Bewegung des Ventilkolbens in dem Ventil erkannt wird, wenn die erste Größe (UIND) größer ist als ein vorgegebener erster Schwellenwert (THR1) und die zweite Größe (UDERIV) unter einen vorgegebenen zweiten Schwellenwert (THR2) fällt. 45
50

55

FIG 1

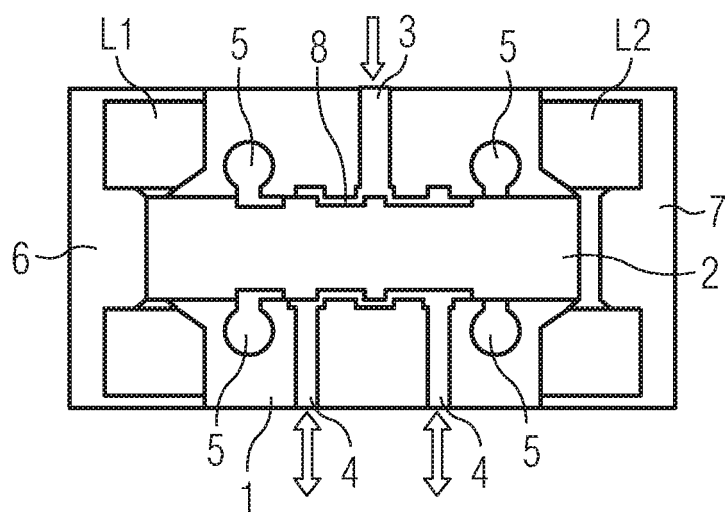


FIG 2

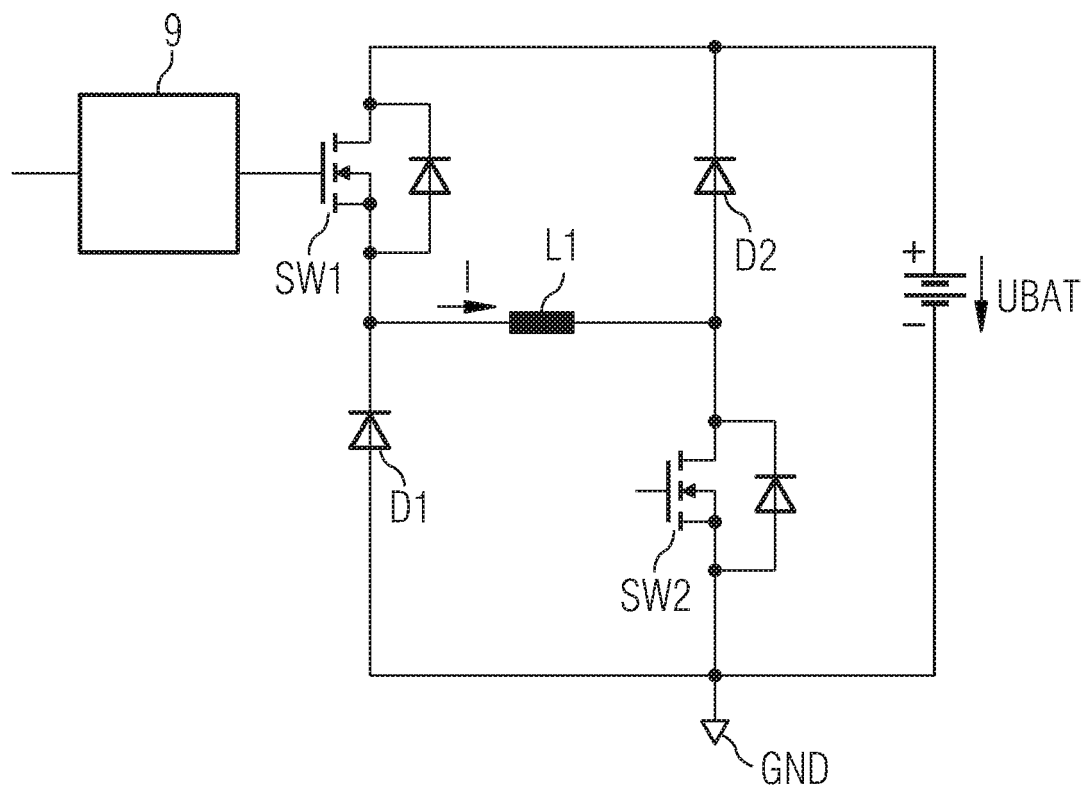


FIG 3

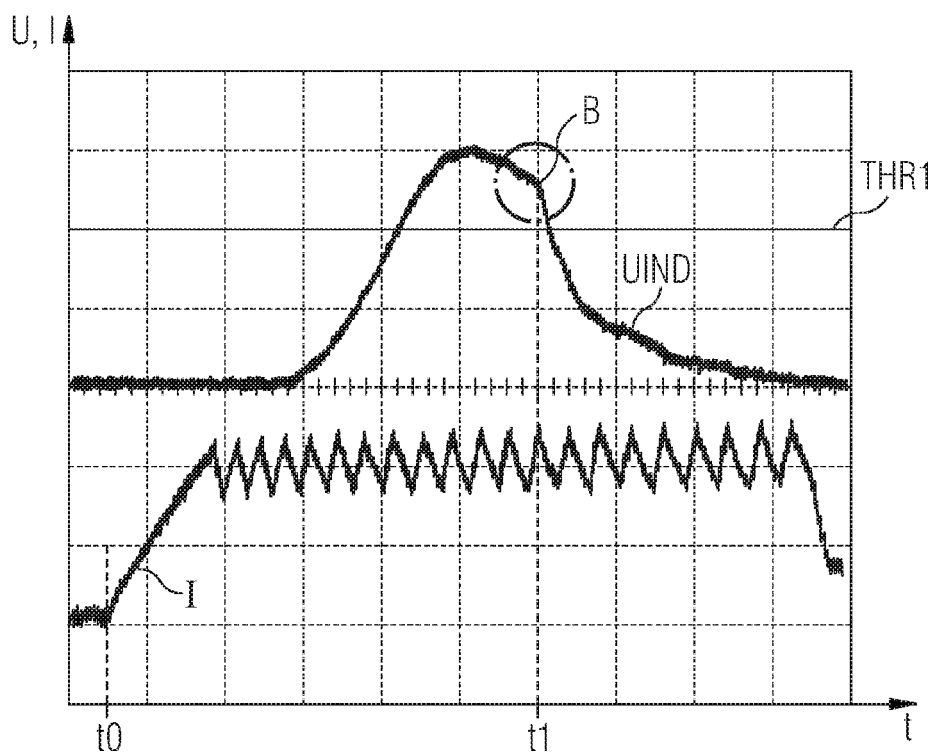


FIG 4

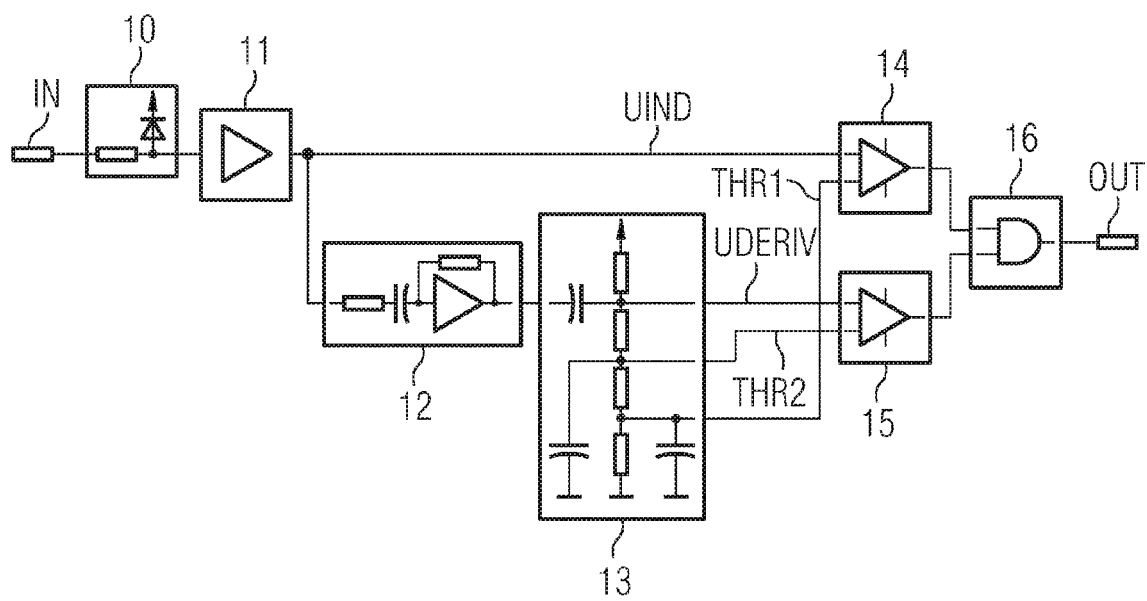


FIG 5

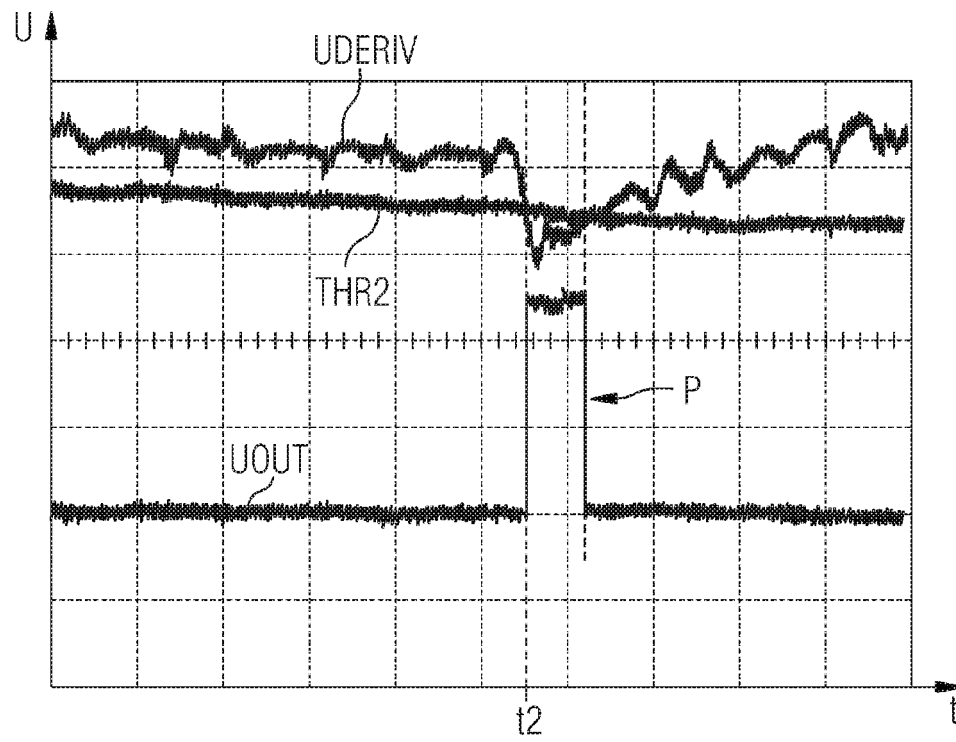
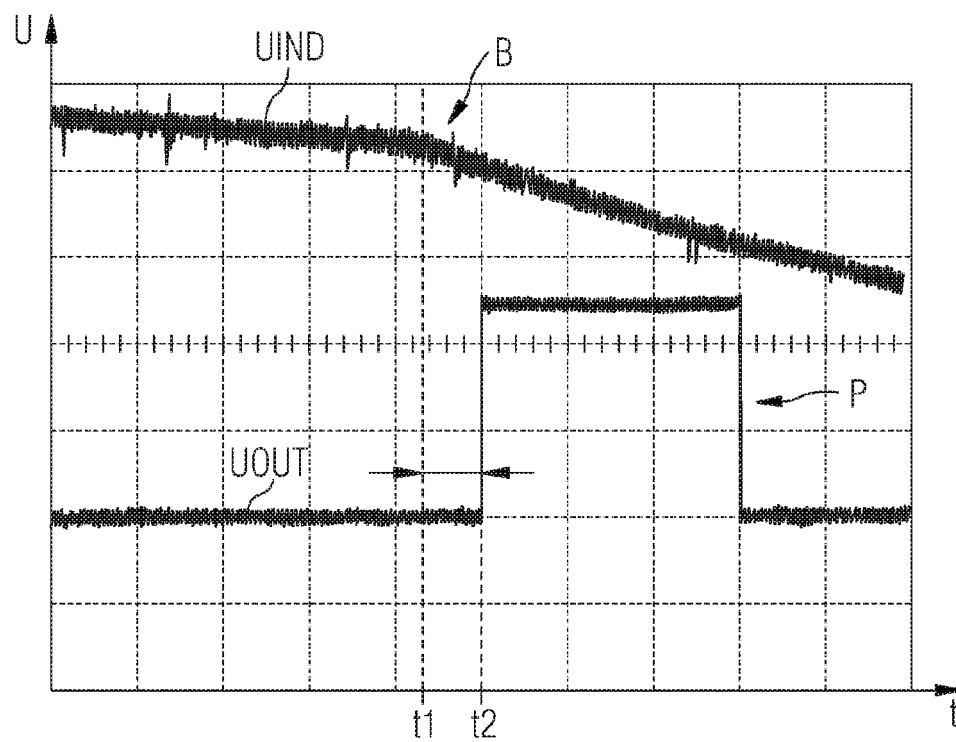
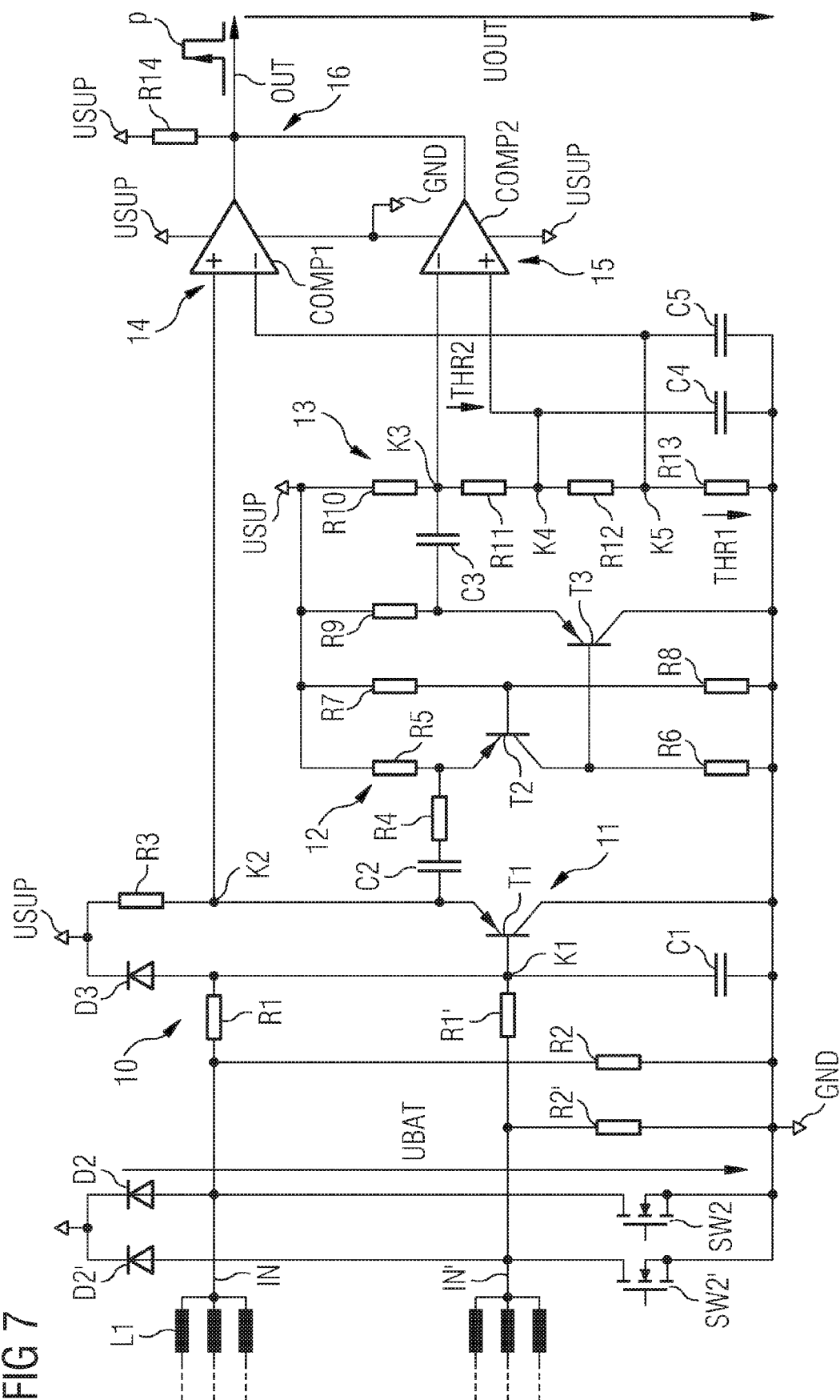


FIG 6



754



854

