



(11) **EP 1 167 729 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch: **09.09.2009 Patentblatt 2009/37** (51) Int Cl.: **F02D 41/20^(2006.01) H01L 41/04^(2006.01)**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung: **23.03.2005 Patentblatt 2005/12**

(21) Anmeldenummer: **00113992.2**

(22) Anmeldetag: **01.07.2000**

(54) **Piezoelektrischer Aktor eines Einspritzventils**

Piezoelectric actuator for injector

Actionneur piézo-électrique pour injecteur

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.01.2002 Patentblatt 2002/01

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Boss, Jürgen**
70806 Kornwestheim (DE)
• **Rueger, Johannes-Joerg**
71665 Vaihingen/Enz (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 464 443 WO-A-99/67527
WO-A1-01/163121 DE-A- 19 711 903
DE-A- 19 732 802 DE-A- 19 733 560
DE-A- 19 804 196

• **RUMPHORST M: "EIN NEUES ELEKTRONISCHES HOCHDRUCK-EINSPRITZSYSTEM FÜR DIESELMOTOREN A NEW ELECTRONIC HIGH PRESSURE INJECTION SYSTEM" MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, DE, FRANCKH'SCHE VERLAGSHANDLUNG, ABTEILUNG TECHNIK. STUTTGART, Bd. 56, Nr. 3, 1. März 1995 (1995-03-01), Seiten 142-148, XP000490673 ISSN: 0024-8525**

EP 1 167 729 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Einspritzventils für Kraftstoff, bei dem ein piezoelektrischer Aktor über einen hydraulischen Koppler ein Verschleißglied antreibt. Sie bezieht sich weiter auf ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einer Anzahl von derartigen Einspritzventilen.

[0002] Als wesentlicher Bestandteil kann in einer Verbrennungskraftmaschine zur Einbringung des Kraftstoffs in die Brennräume der Zylinder ein Kraftstoffeinspritzsystem zum Einsatz kommen. Ein derartiges Kraftstoffeinspritzsystem umfaßt üblicherweise eine Anzahl von Einspritzdüsen, die individuell oder auch in der Art eines sogenannten Common-Rail-Systems (CR-Systems) über ein zentrales Versorgungssystem mit Kraftstoff bespeisbar sind. Bei beiden Ausführungsformen ist jede Einspritzdüse üblicherweise in ein jeweils zugeordnetes Einspritzventil integriert, über das die Kraftstoffeinspritzung in einer vorgebbaren Weise einstellbar ist.

[0003] Die Einspritzventile können dabei für eine elektrische Ansteuerung mit einem piezoelektrischen Aktor versehen sein. Ein derartiges Einspritzventil für die Kraftstoffeinspritzung in den Verbrennungsraum eines Verbrennungsmotors mit einem Hochdrucksystem oder CR-System ist aus der DE 197 328 02 bekannt. Dieses Einspritzventil ist in doppelschaltender Weise ausgeführt und weist ein Verschleißglied auf, das sich in einem von zwei alternativen Ventilsitzen jeweils in einer Schließposition befindet und dabei ein Verschließen der Einspritzdüse bewirkt. In einer Mittelstellung zwischen den beiden Ventilsitzen nimmt das Verschleißglied hingegen eine Öffnungsposition ein.

[0004] Zur Überführung des Verschleißglieds von einer Schließposition in die Öffnungsposition oder von der Öffnungsposition in eine der Schließpositionen ist das Verschleißglied über einen piezoelektrischen Aktor antreibbar. Dazu wird beispielsweise der piezoelektrische Aktor auf eine Ansteuerspannung aufgeladen, die vom Druck im Common-Rail-System abhängig ist. Aufgrund der Ansteuerspannung dehnt sich der Aktor in Längsrichtung aus. Diese Längenausdehnung wird über einen hydraulischen Koppler auf das Verschleißglied übertragen, so daß einerseits der vom Aktor erzeugbare Hub verstärkt wird und andererseits das Verschleißglied von einer möglichen statischen Temperaturdehnung des Aktors entkoppelt ist. Eine Aufladung des piezoelektrischen Aktors bewirkt somit über den hydraulischen Koppler eine Überführung des Verschleißgliedes zunächst von der ersten Schließposition in die Öffnungsposition und sodann von der Öffnungsposition in die zweite Schließposition. Hingegen bewirkt ein Entladen des piezoelektrischen Aktors infolge der damit verbundenen Kontraktion in Längsrichtung über den hydraulischen Koppler eine Überführung des Verschleißgliedes zunächst von der zweiten Schließposition in die Öffnungsposition und sodann von der Öffnungsposition in die erste Schließposition.

[0005] Durch den Bewegungsablauf des Verschleißgliedes von einer zur anderen Schließposition wird eine kurzzeitige Entlastung eines unter Hochdruck stehenden Ventilsteuerraumes bewirkt, über dessen Druckniveau die Steuerung einer Ventilmadel in eine Öffnungs- oder Schließstellung erfolgt. Befindet sich das Verschleißglied somit in der Öffnungsposition zwischen den beiden Schließpositionen, so erfolgt eine Kraftstoffeinspritzung in einen dem Einspritzventil nachgeschalteten Verbrennungsraum.

[0006] Bei einer Ansteuerung des Aktors und somit bei einer Betätigung des Einspritzventils wird infolge der im Hydraulikbereich herrschenden Druckverhältnisse ein Teil der im Koppler befindlichen Flüssigkeit, also des dort befindlichen Kraftstoffs, über eine Leckspalte aus dem Koppler herausgedrückt. Dieser Effekt ist besonders groß, wenn das Verschleißglied in der dem Hochdruckbereich zugewandten Schließposition gehalten wird, da in diesem Fall die Gegenkraft durch den Druck im CR-System besonders hoch ist.

[0007] Für eine ordnungsgemäße Funktionsweise des Einspritzventils, insbesondere für eine bedarfsgerechte genaue Dosierung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge, ist eine präzise Positionierung des Verschleißgliedes über die Ansteuerspannung erforderlich. Die Umsetzung der Ansteuerspannung in eine Positionierung des Verschleißgliedes, also in einen entsprechenden Ventilhub, hängt dabei wesentlich vom Befüllungszustand des hydraulischen Kopplers ab. Insbesondere ist eine möglichst vollständige (Wieder-) Befüllung des hydraulischen Kopplers vor jeder Einspritzung und somit ein Ausgleich der genannten Leckageverluste notwendig. Die Wiederbefüllung des hydraulischen Kopplers nach einer Einspritzung erfolgt beim Einspritzventil gemäß der DE 197 328 02 infolge eines hierfür geeigneten Systemdrucks von etwa 15 bar ebenfalls über die Leckspalte, allerdings nur in der Zeit, in der der piezoelektrische Aktor nicht angesteuert ist. Dementsprechend kann das Ergebnis der Wiederbefüllung nach einer Einspritzung, je nach nachzufüllender Kraftstoffmenge und verfügbarem Zeitintervall, unterschiedlich sein.

[0008] Beim aus der DE 197 328 02 bekannten Einspritzventil wird jedoch in jedem Fall eine ordnungsgemäße Wiederbefüllung des Kopplers zwischen zwei Einspritzungen vorausgesetzt, ohne daß dort eine Erfassung einer möglichen Falsch- oder Nichtbefüllung vorgesehen wäre. Mit anderen Worten: ohne weitere Überprüfung wird von einem in Abhängigkeit von der Ansteuerspannung genau vorhersagbaren Ventilhub ausgegangen. Ein nicht oder nicht ausreichend wiederbefüllter Koppler kann somit lediglich indirekt über Fehler infolge von fehlerhaften Einspritzungen, wie beispielsweise Drehzahlschwankungen, ermittelt werden, ohne daß dabei eine eindeutige Zuordnung zur Fehlerursache möglich wäre. Ein gezielter Korrekturingriff ist somit bei diesem Einspritzventil nicht möglich, so daß nicht in allen Betriebszuständen eine zuverlässige Kraftstoffeinspritzung erfolgt.

[0009] Aus der WO 99/67527 ist ein Verfahren und eine Anordnung zum Steuern eines kapazitiven Aktors bekannt,

bei dem Energie auf den Aktor aufgebracht wird und ein Rückschluss auf ein Funktionieren des Aktors oder eines Einspritzventils auf der Basis der auf den Aktor aufgetragenen Energie und einem Vergleich zwischen einer Spannung des Aktors und Referenzwerten gezogen wird.

[0010] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems mit einer Anzahl von Einspritzventilen, bei denen jeweils ein piezoelektrischer Aktor über einen hydraulischen Koppler ein Verschleißglied antreibt, anzugeben, mit dem eine besonders zuverlässige Kraftstoffeinspritzung gewährleistet ist. Zudem soll ein für die Durchführung des Verfahrens besonders geeignetes Kraftstoffeinspritzsystem angegeben werden.

[0011] Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem nach einem Aufladevorgang eines Aktors dessen Klemmenspannung überwacht und zur Bildung einer Diagnoseaussage für das jeweilige Einspritzventil herangezogen wird, wobei die Diagnoseaussage anhand des zeitlichen Abfalls der Klemmenspannung nach Beendigung des Aufladevorgangs gebildet wird.

[0012] Zur Überwachung der Klemmenspannung wird nach Beendigung des Ladevorgangs des piezoelektrischen Aktors dessen Spannungsversorgung abgekoppelt und stattdessen eine Spannungsmesseinrichtung mit seinen Anschlussklemmen verbunden.

[0013] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass das Kraftstoffeinspritzsystem hinsichtlich der Kraftstoffeinspritzung besonders zuverlässig betrieben werden kann, indem eine direkte und zeitnahe Überwachung des Ventilhubes der Einspritzventile vorgenommen wird. Dazu wird zeitnah, also noch während oder unmittelbar nach dem aktuellen Einspritzzyklus, für jedes Einspritzventil eine Diagnoseaussage bezüglich seines Ventilhubes gebildet. Wie sich überraschenderweise herausgestellt hat, kann dazu als geeigneter Parameter, auf dessen Grundlage die Diagnoseaussage gebildet wird, die zeitliche Entwicklung der Klemmenspannung des jeweiligen Aktors vorgesehen sein. Während der Ladephase baut sich nämlich im hydraulischen Koppler ein Druck auf, der auch nach Beendigung des Ladevorgangs auf den piezoelektrischen Aktor zurückwirkt und in diesem bei abgetrennter Spannungsversorgung eine für die Druckverhältnisse im Koppler und demzufolge auch für die Umsetzung der Ansteuerspannung in Ventilhub charakteristische Piezo-Spannung erzeugt. Die Klemmenspannung am piezoelektrischen Aktor kann somit ohne das Erfordernis eines weiteren Sensors als Meßparameter für das Ventilverhalten hinsichtlich der Umsetzung der Ansteuerspannung in Ventilhub herangezogen werden.

[0014] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0015] Erfindungsgemäß wird die überwachte Klemmenspannung zur Bildung einer Diagnoseaussage über den Füllstand des Kopplers des jeweiligen Einspritzventils herangezogen. Der Kopplerdruck seinerseits ist nämlich - bei unverändert gehaltenen weiteren äußeren Bedingungen - abhängig vom im Koppler befindlichen Medium; so resultiert eine nur teilweise Befüllung des Kopplers mit Kraftstoff (effektives Medium: Kraftstoff-Luft-Gemisch) in anderen Druckverhältnissen als eine vollständige Befüllung des Kopplers mit Kraftstoff als Medium. Somit ist die für die Druckverhältnisse im Koppler charakteristische Klemmenspannung besonders günstig für die Füllstandsüberwachung heranziehbar.

[0016] Eine besonders zuverlässige Diagnoseaussage ist dabei erzielbar, indem diese erfindungsgemäß anhand des zeitlichen Abfalls der Klemmenspannung nach Beendigung des Aufladevorgangs gebildet wird. Nach Beendigung der Ladephase für den piezoelektrischen Aktor baut sich nämlich der Druck im hydraulischen Koppler infolge abströmenden Mediums wieder ab; dieser Druckabfall ist über die Überwachung der Klemmenspannung am Aktor in der Form einer als Funktion der Zeit eintretenden Spannungsreduzierung nachweisbar. Diese Spannungsreduzierung hängt in besonders ausgeprägtem Maße vom Befüllungsgrad im Koppler ab: bei voll befülltem Koppler ist ein vergleichsweise ausgeprägter Spannungseinbruch nachweisbar. Dagegen ist dieser Effekt bei nur teilweise befülltem Koppler deutlich geringer, da in diesem Fall bereits bei der Aufladung nur Luft oder ein Luft-Kraftstoff-Gemisch komprimiert wurde.

[0017] Zweckmäßigerweise wird die Diagnoseaussage dabei anhand eines Vergleichs der Differenz aus einem ersten Meßwert für die Klemmenspannung unmittelbar nach Beendigung des Aufladevorgangs und einem zweiten Meßwert für die Klemmenspannung nach Ablauf einer Wartezeit mit einem Grenzwert gebildet. Für die Wartezeit kann dabei ein fester Wert von vorteilhafterweise etwa 0,25 ms vorgegeben sein. Alternativ kann die Wartezeit aber auch in Abhängigkeit von für den Einspritzzyklus charakteristischen Parametern wie beispielsweise der Ansteuerdauer oder der Dauer einer Spritzpause zwischen zwei Einspritzungen gewählt werden. Insbesondere kann die Wartezeit derart gewählt werden, daß der zweite Meßwert unmittelbar vor einem folgenden Steuereingriff, beispielsweise einer Erhöhung der Ansteuerspannung, ermittelt wird.

[0018] Wird eine Klemmenspannungsdifferenz oberhalb des Grenzwertes festgestellt, so wird daraus auf einen voll befüllten und somit funktionstüchtigen Koppler geschlossen. Ist die Klemmenspannungsdifferenz hingegen kleiner als der Grenzwert, so wird ein Fehler des jeweiligen Kopplers festgestellt. In besonders günstiger Weise wird dabei der Grenzwert aufgrund von charakteristischen Betriebseigenschaften des jeweiligen Kopplers geeignet gewählt, wobei insbesondere als Grenzwert ein Spannungswert von etwa 25 bis 30 V vorgegeben werden kann. Alternativ kann der Grenzwert auch von einer zentralen Steuereinheit betriebspunktabhängig vorgegeben werden, wobei vorteilhafterweise ein aus einer vorangegangenen Eichmessung gewonnenes Kennfeld zugrunde gelegt wird.

[0019] Bei Feststellung eines Fehlers ist durch Vergleich mit einem weiteren Grenzwert noch eine Unterscheidung nach Auswirkungen des Fehlers möglich: unterschreitet die Klemmenspannungsdifferenz auch einen zweiten, noch

geringeren Grenzwert oder Minimalwert, so wird ein "fataler Fehler" diagnostiziert, der beispielsweise eine sofortige Stilllegung des Verbrennungsmotors auslösen kann. Liegt die Klemmenspannungsdifferenz hingegen zwar unterhalb des ersten, aber oberhalb des zweiten Grenzwertes, so wird ein einfacher Fehler diagnostiziert, der zwar einen Weiterbetrieb des Verbrennungsmotors erlaubt, der aber für spätere Diagnosezwecke in einem Bordspeicher hinterlegt wird.

[0020] Vorteilhafterweise wird die Diagnoseaussage unmittelbar für einen Korrekturingriff in das Kraftstoffeinspritzsystem genutzt. Dabei wird insbesondere bei Feststellung eines einfachen Fehlers anhand der Diagnoseaussage ein Sollwert für die Ansteuerspannung des jeweiligen Aktors für einen nachfolgenden Einspritzzyklus vorgegeben, wobei der Sollwert derart gewählt wird, dass sich trotz der festgestellten nicht ausreichenden Befüllung des Kopplers nach Ansteuerung der vorgesehene Ventilhub ergibt.

[0021] Bezüglich des Kraftstoffeinspritzsystems wird die genannte Aufgabe gelöst, mit den Merkmalen gemäß Anspruch 8.

[0022] Um die bei der zeitnahen Diagnose ermittelten Aussagen auch für spätere Anwendungen, beispielsweise Inspektionen oder Überholungsmaßnahmen, vorzuhalten, ist die Diagnoseeinrichtung zweckmäßigerweise mit einem Datenspeichermodul verbunden.

[0023] Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch die Auswertung der Klemmenspannung auf einfache Weise und ohne zusätzlichen konstruktiven Aufwand eine zeitnahe und zuverlässige Diagnose und Funktionsüberwachung jedes einzelnen Einspritzventils ermöglicht ist. Das Kraftstoffeinspritzsystem kann somit besonders zuverlässig betrieben werden, wobei bei geringfügigeren Abweichungen sofort Korrekturmaßnahmen, beispielsweise hinsichtlich einer Nachführung der Ansteuerspannung für jeden Aktor, vorgenommen werden können.

[0024] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Figur 1 ein Einspritzventil eines Kraftstoffeinspritzsystems,

Figur 2 schematisch ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einer Anzahl von Einspritzventilen nach Figur 1, und

Figuren 3a und 3b jeweils ein Zeitdiagramm für eine Klemmenspannung.

[0025] Das Einspritzventil 1 nach Figur 1 weist einen piezoelektrischen Aktor 2 auf, der eine Anzahl von hintereinandergeschalteten Piezoelementen 4 umfaßt. Der Aktor 2 ist einerseits mit einer Gehäusewand 6, durch die Anschlußklemmen 7 des Aktors 2 hindurchgeführt sind, und andererseits mit einem Stellkolben 8 kraftschlüssig verbunden. Der Stellkolben 8 schließt mit seiner vom Aktor 2 abgewandten Stirnfläche 9 einen hydraulischen Koppler 10 ab. Der hydraulische Koppler 10 wirkt seinerseits auf einen in einem Verbindungskanal 12 geführten Stellkolben 14, an dessen vom Koppler 10 abgewandtem Ende ein Verschleißglied 16 angeordnet ist. Dieses ist als doppelt schließendes Steuerventil ausgebildet. Es verschließt in einer ersten Schließposition, die einer Ruheposition des Aktors 2 entspricht, einen ersten Ventilsitz 18 eines Ventilraumes 20. In einer zweiten Schließposition, die einer maximalen Ansteuerung des Aktors 2 entspricht, verschließt das Verschleißglied 16 hingegen einen zweiten Ventilsitz 22 des Ventilraumes 20.

[0026] Über einen Durchlaß im zweiten Ventilsitz 22 ist der Ventilraum 20 mit einem Führungskanal 24 verbunden, der eingangsseitig über ein Anschlußstück 26 an einen nicht dargestellten Druckkanal eines Common-Rail-Kraftstoffversorgungssystems eines Kraftfahrzeugs angeschlossen ist. Im Führungskanal 24 ist eine Düsenadel 28 angeordnet, die einen Kraftstoffauslauf 30 eines vom Anschlußstück 26 abzweigenden Kraftstoffkanals 32 abhängig von einer über die Anschlußklemmen 7 an den Aktor 2 angelegten Ansteuerspannung U_a freigibt oder verschließt. Zur Einstellung funktionsgerechter Druckverhältnisse beim Betrieb des Einspritzventils 1 sind das Anschlußstück 26 mit einer Zulaufdrossel 34 und der Führungskanal 24 mit einer Ablaufdrossel 36 versehen.

[0027] Das Einspritzventil 1 ist, gemeinsam mit weiteren Einspritzventilen 1, Teil eines Kraftstoffeinspritzsystems 40, wie es schematisch in Figur 2 dargestellt ist. Dabei sind die Einspritzventile 1, von denen in Figur 2 der Übersichtlichkeit halber nur vier dargestellt sind, kraftstoffseitig an eine gemeinsame Versorgungsleitung 42 angeschlossen. Die Anzahl der für das Kraftstoffeinspritzsystem 40 vorgesehenen Einspritzventile ist dabei abhängig von den weiteren Erfordernissen der zu versorgenden Brennkraftmaschine, insbesondere kann ein Einspritzventil 1 für jeden zu bespeisenden Zylinder vorgesehen sein.

[0028] Zur elektrischen Ansteuerung der Einspritzventile 1 umfaßt das Kraftstoffversorgungssystem 40 eine zentrale Steuereinheit 44. Diese wiederum weist ein Ansteuermodul 46 auf, das über Leitungen 48 mit den Anschlußklemmen 7 der Einspritzventile 1 abschaltbar verbunden ist. Weiterhin umfaßt die Steuereinheit 44 eine Diagnoseeinheit 50, die an eine Anzahl von den Einspritzventilen 1 jeweils zugeordneten und mit deren Anschlußklemmen 7 verbundenen Spannungsmeßeinrichtungen 52 angeschlossen ist. Zudem weist die Steuereinheit 44 ein Datenspeichermodul 54 auf.

[0029] Beim Betrieb des Kraftstoffversorgungssystems 40 legt die Steuereinheit 44 in einem Einspritzzyklus über das Ansteuermodul 46 eine Ansteuerspannung U_a an die Anschlußklemmen 7 jedes Einspritzventils 1 an. In Abhängigkeit von dieser Ansteuerspannung U_a dehnt sich der Aktor 2 des angesteuerten Einspritzventils 1 in seiner Längsrichtung aus, so daß sich der Stellkolben 8 in Richtung des hydraulischen Kopplers 10 bewegt. Infolge der dadurch bewirkten

Druckerhöhung im Koppler 10 bewegt sich auch der Stellkolben 14 mit dem daran angeordneten Verschließglied 16 in Richtung auf den zweiten Ventilsitz 22 zu.

[0030] Über die Versorgungsleitung 42 herrscht im Anschlußstück 26 jedes Einspritzventils 26 ein hoher Druck, der bei einem Common-Rail-System beispielsweise zwischen 200 und 1800 bar betragen kann. Dieser Druck wirkt gegen die Düsennadel 28 und hält sie geschlossen, so daß durch den Kraftstoffauslauf 30 kein Kraftstoff austreten kann. Wenn aber nun infolge der an den Aktor 2 angelegten Steuerspannung U_a das Verschließglied 16 vom ersten Ventilsitz 18 zum zweiten Ventilsitz 22 oder umgekehrt bewegt wird, dann baut sich der Druck im Hochdruckbereich des Führungskanals 24 ab, so daß die Düsennadel 28 in Richtung auf den Ventilraum 20 zurückweicht und den Kraftstoffauslauf 30 freigibt. In diesem Fall erfolgt eine Kraftstoffeinspritzung in den zugeordneten Zylinder.

[0031] Über Leckspalte wird bei der Bewegung des Stellkolbens 14 ein Teil des im hydraulischen Koppler 10 befindlichen Mediums oder Kraftstoffs herausgedrückt. Für einen bestimmungsgemäßen Zusammenhang zwischen Ansteuerung U_a und eingespritzter Kraftstoffmenge ist jedoch eine ordnungsgemäße Befüllung des hydraulischen Kopplers 10 erforderlich. Daher ist zwischen zwei Einspritzungen eine Wiederbefüllung des jeweiligen Kopplers 10 über einen nicht dargestellten Kanal vorgesehen.

[0032] Zur Überprüfung, ob die Koppler 10 der Einspritzventile 1 auch tatsächlich ordnungsgemäß wiederbefüllt wurden, ist das Kraftstoffeinspritzsystem 40 derart ausgelegt, daß eine direkte und zeitnahe Überwachung aller Koppler 10 der Einspritzventile 1 vorgenommen wird. Dazu wird zeitnah, also noch während oder unmittelbar nach dem aktuellen Einspritzzyklus, für jedes Einspritzventil 1 eine Diagnoseaussage bezüglich des jeweiligen hydraulischen Kopplers 10 gebildet.

[0033] Zur Bildung dieser Diagnoseaussage wird nach erfolgtem Ladevorgang des Aktors 2 des jeweiligen Einspritzventils 1 das Ansteuermodul 46 von den Anschlußklemmen 7 des Aktors 2 getrennt. Statt des Ansteuermoduls 46 wird an die Anschlußklemmen 7 des Aktors 2 die zugehörige Spannungsmeßeinrichtung 52 angeschlossen, deren Meßdaten an die angeschlossene Diagnoseeinheit 50 ausgegeben werden. Somit erfolgt in dieser Phase eine Überwachung der Klemmenspannung U_k des Aktors 2 als Funktion der verstreichenden Zeit. Aus dem zeitlichen Verhalten der Klemmenspannung U_k wird dabei in der Diagnoseeinheit 50 eine Diagnoseaussage über den Befüllungsgrad des Kopplers 10 des jeweiligen Einspritzventils 1 gebildet.

[0034] Wie sich nämlich herausgestellt hat, baut sich nach Beendigung der Ladephase für den piezoelektrischen Aktor 2 der Druck im hydraulischen Koppler 10 infolge abströmenden Mediums wieder ab; dieser Druckabfall ist über die Überwachung der Klemmenspannung U_k am Aktor 2 in der Form einer als Funktion der Zeit eintretenden Reduzierung der Klemmenspannung U_k nachweisbar. Das Ausmaß dieses zeitlichen Abfalls der Klemmenspannung U_k ist dabei auch abhängig vom sogenannten Übersetzungsverhältnis im Koppler 10, also dem Verhältnis aus dem erzeugbaren Hub des Verschließgliedes 16 zu der auf den Koppler 10 einwirkenden Längenänderung des Aktors 2. Wie aus den Figuren 3a (zeitlicher Abfall der Klemmenspannung U_k bei voll befülltem Koppler 10) und 3b (zeitlicher Abfall der Klemmenspannung U_k bei nicht ausreichend befülltem Koppler 10) ersichtlich ist, hängt die Reduzierung der Klemmenspannung U_k zudem in besonders ausgeprägtem Maße vom Befüllungsgrad im Koppler 10 ab: bei voll befülltem Koppler 10 ist ein vergleichsweise ausgeprägter Spannungseinbruch von gemäß Figur 3a etwa 50 V nachweisbar. Dagegen ist dieser Effekt bei nur teilweise befülltem Koppler 10 deutlich geringer und beträgt gemäß Figur 3b nur etwa 15 V.

[0035] Aus der Überwachung der Klemmenspannung U_k am Aktor 2 wird somit in der Diagnoseeinheit 50 für das jeweilige Einspritzventil 1 auf folgende Weise eine Diagnoseaussage gebildet: nach erfolgter Ladephase des Aktors 2 wird die Klemmenspannung U_k gemessen. Nach einer Wartezeit von beispielsweise etwa 0,25 ms wird die Klemmenspannung U_k erneut gemessen. Sodann wird die Differenz beider Meßwerte gebildet und mit einem Grenzwert verglichen. Im Ausführungsbeispiel ist dafür ein fester Grenzwert von etwa 30 V vorgegeben; alternativ kann aber auch ein betriebspunktabhängiger Grenzwert aus einem durch vorherige Eichung gewonnenen, im Datenspeichermodul 54 hinterlegten Kennfeld zugrundegelegt werden. Die Wartezeit ist dabei derart gewählt, daß die Messung der Klemmenspannung U_k unmittelbar vor einem darauffolgenden Steuereingriff, nämlich vor einer weiteren Anhebung der Klemmenspannung U_k , erfolgt.

[0036] Ist die ermittelte Differenz der Klemmenspannungen U_k größer als der Grenzwert, so wird als Diagnose auf eine ordnungsgemäße Wiederbefüllung des Kopplers 10 geschlossen; keine weitere Maßnahme wird eingeleitet.

[0037] Ist die ermittelte Differenz der Klemmenspannungen U_k jedoch kleiner als der Grenzwert, so wird als Diagnose auf eine mangelhafte Wiederbefüllung des Kopplers 10 geschlossen. In diesem Fall wird ein weiterer Vergleich der Differenz der Klemmenspannungen U_k mit einem zweiten Grenzwert oder Minimalwert vorgenommen. Durch diesen Vergleich wird noch eine Unterscheidung nach Auswirkungen des Fehlers vorgenommen: unterschreitet die Differenz der Klemmenspannungen U_k auch den zweiten, noch geringeren Grenzwert oder Minimalwert, so wird ein "fataler Fehler" diagnostiziert, der beispielsweise eine sofortige Stilllegung des Verbrennungsmotors auslöst. Liegt die Differenz der Klemmenspannungen U_k hingegen zwar unterhalb des ersten, aber oberhalb des zweiten Grenzwertes, so wird ein einfacher Fehler diagnostiziert, der zwar einen Weiterbetrieb des Verbrennungsmotors erlaubt, der aber für spätere Diagnosezwecke in dem Datenspeichermodul 54 hinterlegt wird.

[0038] Bei Feststellung eines einfachen Fehlers in der Diagnoseeinheit 50 wird zudem ein Sollwert für die Ansteuer-

spannung U_a des jeweiligen Aktors 2 für einen nachfolgenden Einspritzzyklus vorgegeben, wobei der Sollwert derart gewählt wird, daß sich trotz der festgestellten nicht ausreichenden Befüllung des Kopplers 10 nach einer Ansteuerung der vorgesehene Ventilhub ergibt.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffeinspritzsystems (40) mit einer Anzahl von Einspritzventilen (1), bei denen jeweils ein piezoelektrischer Aktor (2) über einen hydraulischen Koppler (10) ein Verschleißglied (16) treibt, wobei nach einem Aufladevorgang des Aktors (2) dessen Klemmenspannung (U_k) überwacht und zur Bildung einer Diagnoseaussage über den Füllstand des Kopplers (10) des jeweiligen Einspritzventil (1) herangezogen wird, und wobei die Diagnoseaussage anhand des zeitlichen Abfalls der Klemmenspannung (U_k) nach Beendigung des Aufladevorgangs gebildet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Differenz zwischen der unmittelbar nach Beendigung des Aufladevorgangs gemessenen Klemmenspannung (U_k) und der nach Ablauf einer vorgebbaren Wartezeit gemessenen Klemmenspannung (U_k) mit einem Grenzwert verglichen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der unmittelbar nach Beendigung des Aufladevorgangs gemessenen Klemmenspannung (U_k) und der nach Ablauf einer vorgebbaren Wartezeit gemessenen Klemmenspannung (U_k) ein Sollwert für die Ansteuerspannung (U_a) des jeweiligen Aktors (2) für einen nachfolgenden Einspritzzyklus vorgegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, bei dem als Wartezeit eine Zeit von etwa 0,25 ms, gerechnet von der Beendigung des Aufladevorgangs an, gewählt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem als Grenzwert ein fester Spannungswert von etwa 25 bis 30 V vorgegeben wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem als Grenzwert ein betriebspunktabhängiger Spannungswert vorgegeben wird, der aus einem anhand einer vorherigen Eichung ermittelten Kennfeld abgeleitet wird.
7. Kraftstoffeinspritzsystem (40) mit einer Anzahl von Einspritzventilen (1), bei denen jeweils ein piezoelektrischer Aktor (2) über einen hydraulischen Koppler (10) ein Verschleißglied (16) treibt, wobei der Aktor (2) jedes Einspritzventils (1) mit einer zugeordneten Spannungsmesseinrichtung (52) verbunden ist, die ihrerseits ausgangsseitig an eine Diagnoseeinheit (50) angeschlossen ist und wobei die Diagnoseeinheit eine Diagnoseaussage über den Füllstand des Kopplers (10) für das jeweilige Einspritzventil (1) anhand eines zeitlichen Abfalls einer Klemmenspannung (U_k) des Aktors (2) nach Beendigung des Aufladevorgangs bildet.
8. Kraftstoffeinspritzsystem (40) nach Anspruch 7, dessen Diagnoseeinheit (50) mit einem Datenspeichermodul (54) verbunden ist.

Claims

1. Method for operating a fuel injection system (40) having a number of injection valves (1), in which in each case one piezoelectric actuator (2) drives a closure element (16) by means of a hydraulic coupler (10), wherein after a process for charging the actuator (2), the actuator's (2) terminal voltage (U_k) is monitored, and is used to form diagnostic information about the filling level of the coupler (10) of the respective injection valve (1), and wherein the diagnostic information is formed by reference to the decay of the terminal voltage (U_k) over time after the charging process ends.
2. Method according to Claim 1, in which the difference between the terminal voltage (U_k) which is measured directly after the charging process ends and the terminal voltage (U_k) which is measured after a predefinable waiting time has expired is compared with a limiting value.
3. Method according to Claim 2, in which a setpoint value for the actuation voltage (U_a) of the respective actuator (2) is predefined for a subsequent injection cycle as a function of the difference between the terminal voltage (U_k) which is measured directly after the charging process ends and the terminal voltage (U_k) which is measured after a

predefinable waiting time expires.

- 5
4. Method according to Claim 2 or 3, in which a time of approximately 0.25 ms, calculated from the start of the charging process, is selected as the waiting time.
- 10
5. Method according to one of Claims 2 to 4, in which a fixed voltage value of approximately 25 to 30 V is predefined as a limiting value.
- 15
6. Method according to one of Claims 2 to 4, in which a voltage value which is dependent on the operating time and is derived from a characteristic diagram which is determined by reference to a previous calibration is predefined as a limiting value.
- 20
7. Fuel injection system (40) having a number of injection valves (1) in which in each case one piezoelectric actuator (2) drives a closure element (16) by means of a hydraulic coupler (10), wherein the actuator (2) of each injection valve (1) is connected to an assigned voltage measuring device (52) which is itself connected at the output end to a diagnostic unit (50), and wherein the diagnostic unit form is diagnostic information about the filling level of the coupler (10) for the respective injection valve (1) by reference to a decay in a terminal voltage (U_k) of the actuator (2) over time after a process of charging the actuator (2) ends.
8. Fuel injection system (40) according to Claim 7, whose diagnostic unit (50) is connected to a data memory module (54).

Revendications

- 25
1. Procédé de gestion d'un système (40) d'injection de carburant qui présente plusieurs soupapes d'injection (1) dans lesquelles au moins un actionneur piézoélectrique (2) entraîne un élément de fermeture (16) par l'intermédiaire d'un accoupleur hydraulique (10), dans lequel, après une opération de charge de chaque actionneur (2), sa tension aux bornes (U_k) est surveillée et est utilisée pour former une conclusion de diagnostic sur l'état de remplissage de l'accoupleur (10) de chaque soupape d'injection (1) et dans lequel la conclusion de diagnostic est formée à l'aide de la diminution de la tension aux bornes (U_k) au cours du temps après que l'opération de charge s'est terminée.
- 30
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la différence entre la tension aux bornes (U_k) mesurée immédiatement après la fin de l'opération de charge et la tension aux bornes (U_k) mesurée après qu'une durée prédéterminée d'attente s'est écoulée est comparée à une valeur limite.
- 35
3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel, en fonction de la différence entre la tension aux bornes (U_k) mesurée immédiatement après la fin de l'opération de charge et la tension aux bornes (U_k) mesurée après qu'une durée d'attente prédéterminée s'est écoulée, une valeur de consigne de la tension de commande (U_a) de chaque actionneur (2) pour un cycle d'injection suivant est prédéterminée.
- 40
4. Procédé selon les revendications 2 ou 3, dans lequel la durée d'attente sélectionnée est une durée d'environ 0,25 ms calculée à partir de la fin de l'opération de charge.
- 45
5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel la valeur limite prédéterminée est une valeur fixe de tension d'environ 25 à 30 V.
- 50
6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel la valeur limite prédéterminée est une valeur de tension qui dépend du point de fonctionnement et qui est déduite d'un champ de caractéristiques déterminé à l'aide d'un étalonnage préalable.
- 55
7. Système (40) d'injection de carburant qui présente plusieurs soupapes d'injection (1) dans chacune desquelles un actionneur piézoélectrique (2) entraîne par l'intermédiaire d'un accoupleur hydraulique (10) un organe de fermeture (16), l'actionneur (2) de chaque soupape d'injection (1) étant relié à un système associé (52) de mesure de tension dont la sortie est raccordée à une unité de diagnostic (50), l'unité de diagnostic formant une conclusion de diagnostic sur l'état de remplissage de l'accoupleur (10) de chaque soupape d'injection (1) à l'aide de la diminution de la tension

EP 1 167 729 B2

aux bornes (Uk) de l'actionneur (2) au cours du temps après que l'opération de charge s'est terminée.

8. Système (40) d'injection de carburant selon la revendication 7, dont l'unité de diagnostic (50) est reliée à un module (54) de mémoire de données.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

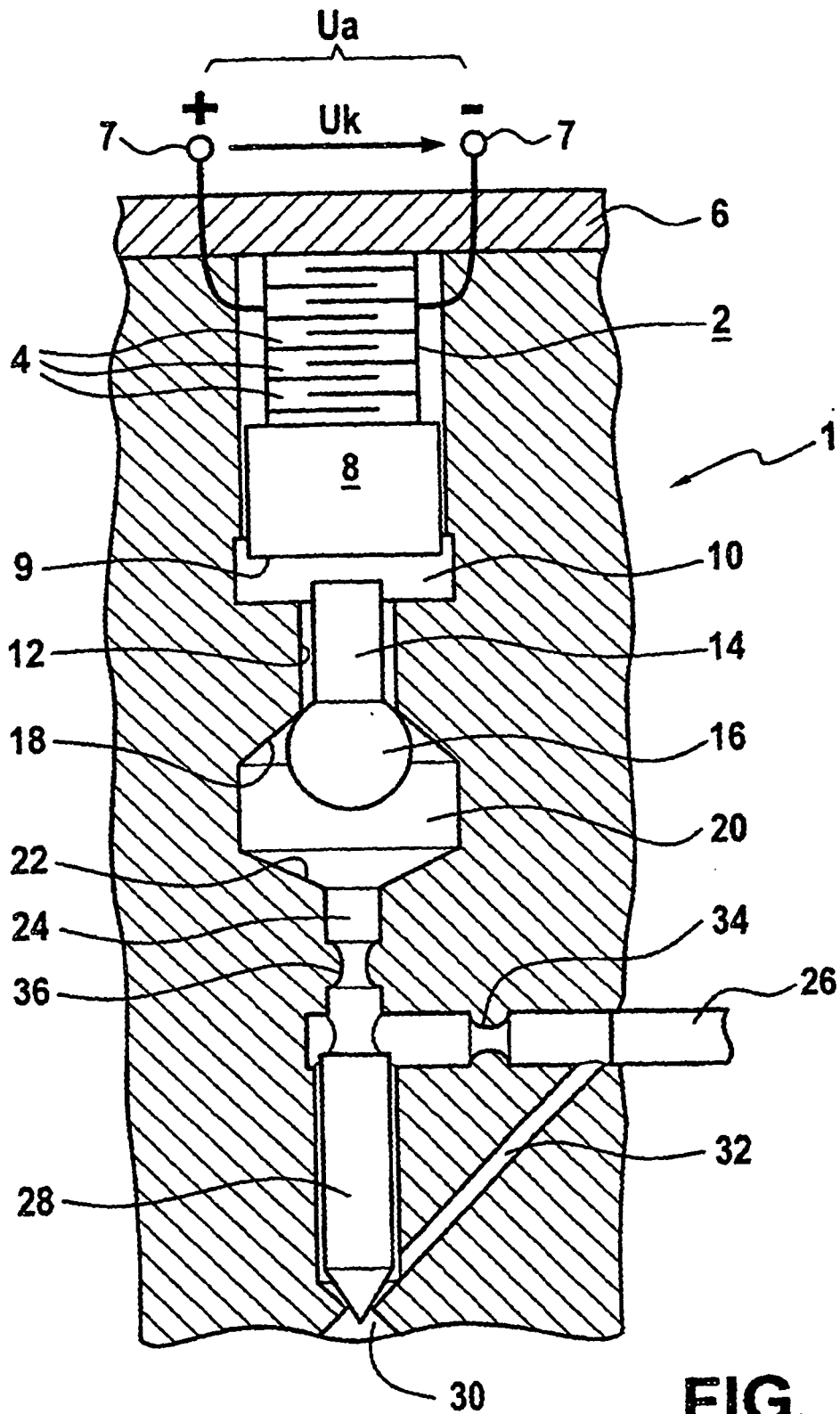


FIG. 1

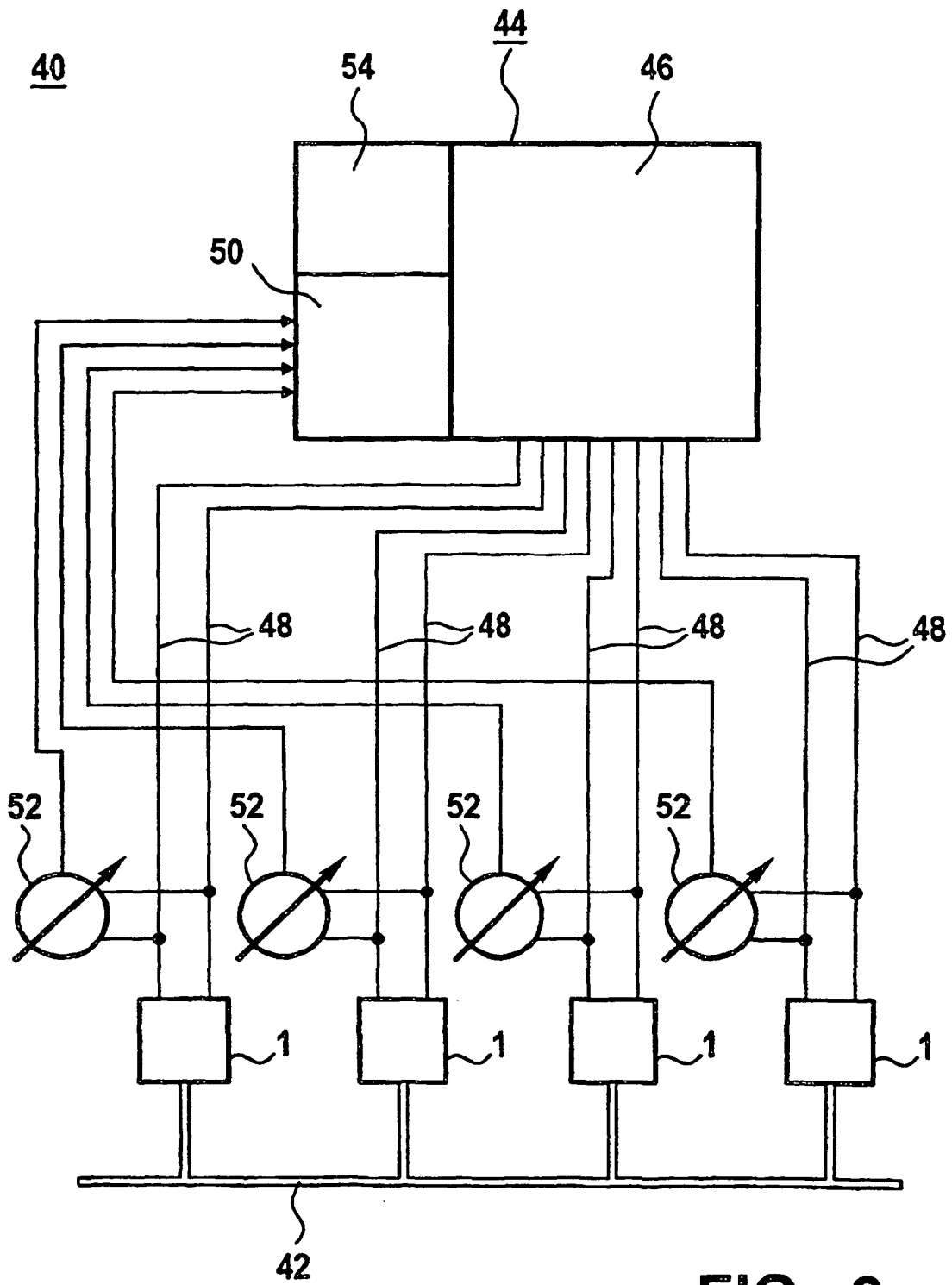


FIG. 2

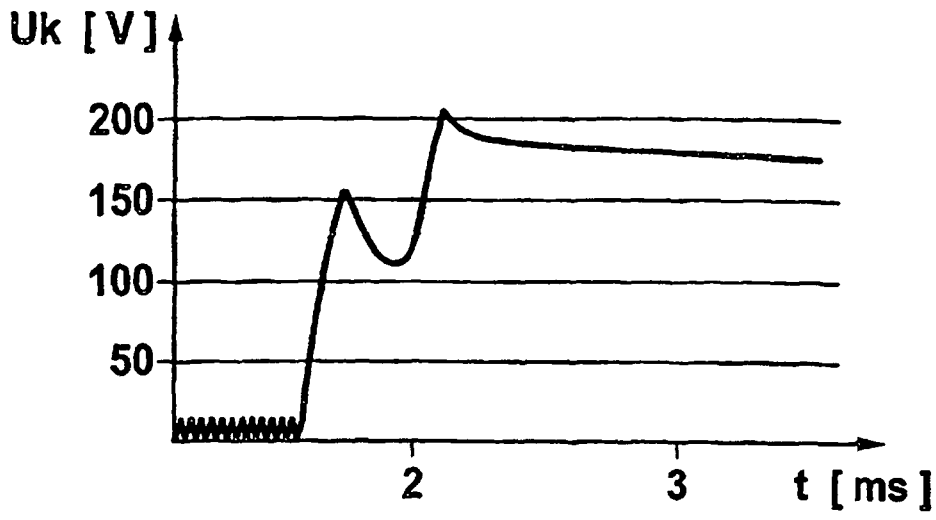


FIG. 3a

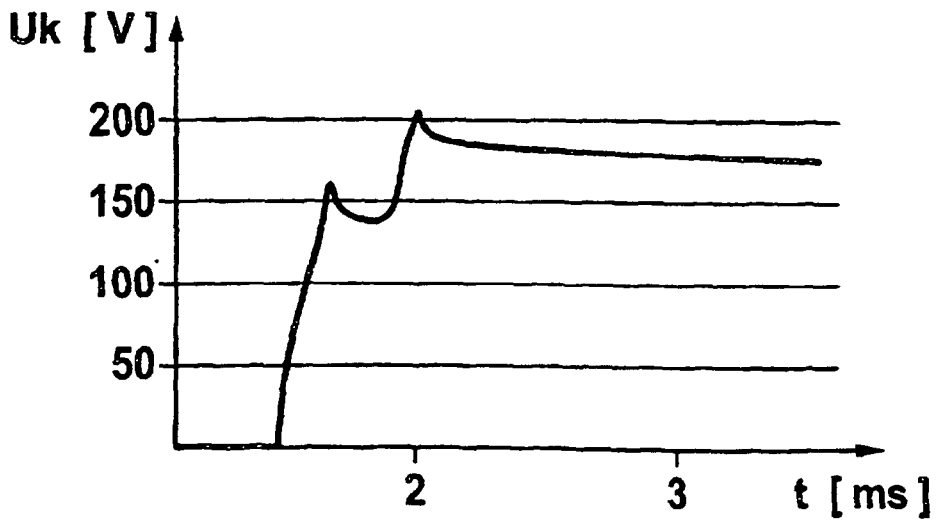


FIG. 3b

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 19732802 [0003] [0007] [0008]
- WO 9967527 A [0009]