

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 095 215 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.08.2004 Patentblatt 2004/33

(21) Anmeldenummer: **99962124.6**

(22) Anmeldetag: **02.12.1999**

(51) Int Cl.7: **F02M 51/06**, F02M 61/20

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE1999/003869

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2000/068564 (16.11.2000 Gazette 2000/46)

(54) **BRENNSTOFFEINSPRITZVENTIL**

FUEL INJECTION VALVE

SOUPAPE D'INJECTION DE CARBURANT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **08.05.1999 DE 19921489**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.05.2001 Patentblatt 2001/18

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

(72) Erfinder:

- **RUEHLE, Wolfgang**
D-71254 Ditzingen (DE)
- **ULM, Juergen**
D-71735 Eberdingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A-89/10478
US-A- 5 803 370

DE-A- 19 735 232

EP 1 095 215 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Anspruchs 1.

[0002] Aus der WO89/10478 ist ein Brennstoffeinspritzventil nach der Gattung des Anspruchs 1 bekannt. Die aus dieser Druckschrift hervorgehende Dämpfungseinrichtung besteht aus einem topfförmig ausgebildeten Dämpfungselement, einer schwachen Druckfeder mit niedrigem Federkoeffizienten und einer starken Druckfeder mit hohem Federkoeffizienten. Die beiden Druckfedern sind zueinander axial versetzt angeordnet und umschließen die Ventilmadel abschnittsweise. Das topfförmig ausgebildete Dämpfungselement befindet sich zwischen den beiden Druckfedern, wobei die beiden Druckfedern in entgegengesetzter Richtung auf das topfförmig ausgebildete Dämpfungselement einwirken und sich jeweils an der dem topfförmig ausgebildeten Dämpfungselement abgewandten Seite an, an der Ventilmadel angebrachten, Abstützelementen abstützen. Die schwache Druckfeder wirkt dem Schließen des Brennstoffeinspritzventils, die starke Druckfeder wirkt dem Öffnen des Brennstoffeinspritzventils entgegen. Zwischen dem Rand des Dämpfungselements und der Innenwand des Ventilgehäuses ist ein umlaufender, sich in axialer Richtung erstreckender, enger Spalt ausgebildet, der mit Brennstoff gefüllt ist. Bei Bewegung des Dämpfungselements entsteht daher zwischen dem Rand des Dämpfungselements und der Innenwand des Ventilgehäuses eine Scherkraft in der Brennstoffflüssigkeit, die eine Reibungskraft erzeugt, die der Bewegung des Dämpfungselements entgegenwirkt. In Zusammenarbeit mit den Druckfedern wird dadurch eine Dämpfung der Ventilmadel erreicht.

[0003] Bei dem bekannten Brennstoffeinspritzventil ergeben sich folgende Nachteile: Durch die Federkraft und die Scherkraft ist die Dämpfungskraft fest vorgegeben und kann sich daher nicht den Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine anpassen, insbesondere ist sie nicht zeitlich variabel verstellbar. Da der Brennstoffzufluß in Richtung des Dichtsitzes durch die Dämpfungsscheibe beeinflusst wird, kommt es zu Strömungswirbeln im Brennstoff, wodurch die Formbarkeit des Brennstoffausflusses verschlechtert wird. Ein in der WO89/10478 als Alternative vorgeschlagener Kraftstoffeinlaß unterhalb der Dämpfungsplatte ist unpraktikabel, da dadurch die Baugröße des abflußseitigen Ventilgehäuses deutlich vergrößert wird. Durch die zusätzlichen mechanischen Bauteile ist das Brennstoffeinspritzventil außerdem verschleißanfälliger, insbesondere da die Dämpfungskraft abhängig von der Breite des zwischen dem Rand des Dämpfungselements und der Innenwand des Ventilgehäuses ausgebildeten Spaltes ist.

[0004] Aus der US 5,236,173 ist es bekannt, zwischen dem Ventilsitzkörper und einem Ventilsitzträger, an welchem der Ventilsitzkörper montiert ist, eine

Dämpfungsfeder in Form einer Tellerfeder vorzusehen, um zu erreichen, daß der Ventilschließkörper an der an dem Ventilsitzkörper ausgebildeten Ventilsitzfläche weich anschlägt. Diese Art der Dämpfung hat jedoch den Nachteil, daß der Ventilsitzkörper nach dem Anschlagen des Ventilschließkörpers in Abspritzrichtung durchschwingt, während der Ventilschließkörper entweder stehenbleibt oder aufgrund der Impulsumkehr sich von dem Ventilsitzkörper entgegen der Abspritzrichtung zurückbewegt. Ventilpreller können deshalb bei dieser Bauform des Brennstoffeinspritzventils sogar noch in verstärktem Maße auftreten, so daß sich diese Art der Dämpfung nicht bewährt hat.

15 Vorteile der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den Vorteil, daß das Brennstoffeinspritzventil in befriedigender Weise entprellt ist. Des weiteren erfordert die elektromagnetische Dämpfungseinrichtung keine mechanisch beanspruchten Bauteile wie Druck- und Tellerfedern und benötigt keine Dämpfungsflüssigkeit. Des weiteren ist die Dämpfungseinrichtung temperaturstabil und ermöglicht eine variable Dämpfungskraft.

[0006] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen des im Anspruch 1 angegebenen Brennstoffeinspritzventils möglich.

[0007] In vorteilhafter Weise weist die Dämpfungseinrichtung eine Erregerspule zum Erzeugen eines Magnetfeldes und zumindest eine an der Ventilmadel angeordnete elektrisch leitende Induktionsschleife auf. Dadurch kann das für die Dämpfung erforderliche elektromagnetische Feld in einfacher Weise erzeugt werden. Außerdem kann die Dämpfungskraft direkt auf die Ventilmadel einwirken.

[0008] Vorteilhaft ist es, daß die Erregerspule auf ein Ventilgehäuse des Brennstoffeinspritzventils gewickelt ist, wobei das Ventilgehäuse hierfür eine umlaufende Nut aufweist. Dadurch ergibt sich eine fertigungstechnisch einfache Unterbringung der Erregerspule, bei der die Erregerspule gut geschützt und einfach auszuwechseln ist.

[0009] Vorteilhaft ist es ferner, daß die elektrische Leitfähigkeit der Induktionsschleife größer ist als die elektrische Leitfähigkeit der Ventilmadel. Dadurch erzeugt eine in der Induktionsschleife induzierte Ringspannung einen in der Induktionsschleife geführten elektrischen Induktionsstrom.

[0010] Vorteilhaft ist es auch, daß die Induktionsschleife von der Ventilmadel elektrisch isoliert ist. Dadurch wird die elektromotorische Kraft besonders gut ausgenutzt.

[0011] Vorteilhaft ist es ferner, daß die Induktionsschleife hülsenförmig ausgebildet ist und die Ventilmadel abschnittsweise umschließt. Dadurch ergibt sich eine

an die Geometrie des Brennstoffeinspritzventils angepaßte Form der Induktionsschleife, die außerdem eine einfache Befestigung an der Ventalnadel ermöglicht.

[0012] Vorteilhaft ist die axiale Länge der Induktionsschleife entlang der Ventilachse kleiner als die axiale Länge der Erregerspule entlang der Ventilachse. Dadurch wird eine größere Ringspannung in der Hülse induziert.

[0013] Vorteilhaft weist ein Steuergerät zur stromgeordneten Ansteuerung der Erregerspule und/oder des Aktors eine Stromregelung auf. Dadurch wird eine exakte, schnell reagierende Steuerung der auf die Ventalnadel einwirkenden Dämpfungskraft ermöglicht.

[0014] Vorteilhaft ist die Erregerspule zur Ausnützung des beim Zusammendrücken des Aktors entstehenden Verschiebungsstromes mit dem Aktor in Reihe geschaltet. Dadurch läßt sich die in dem Aktor gespeicherte Energie zum Dämpfen der Ventalnadel verwenden.

Zeichnung

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

- Fig. 1 einen auszugsweisen axialen Schnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils, wobei das Brennstoffeinspritzventil nach innen öffnend ausgeführt ist;
- Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel einer Steuerung eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils;
- Fig. 3 eine Prinzipskizze zur Erläuterung der Funktionsweise eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils;
- Fig. 4 Diagramme zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils;
- Fig. 5 einen Schaltplan für ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils; und
- Fig. 6 Diagramme zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0016] Fig. 1 zeigt in einer auszugsweisen axialen Schnittdarstellung ein erfindungsgemäßes Brennstoffeinspritzventil 1. Das Brennstoffeinspritzventil 1 dient insbesondere zum direkten Einspritzen von Brennstoff,

insbesondere von Benzin, in einen Brennraum einer gemischverdichtenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschine als sog. Benzindirekteinspritzventil. Das erfindungsgemäße Brennstoffeinspritzventil 1 eignet sich jedoch auch für andere Anwendungsfälle.

[0017] Das Brennstoffeinspritzventil 1 ist als innenöffnendes Brennstoffeinspritzventil 1 ausgeführt. Das Brennstoffeinspritzventil 1 weist ein Ventilgehäuse 2 und eine Abschlußplatte 3 auf. Im Ventilgehäuse 2 befindet sich ein mittels einer axial beweglichen Ventalnadel 4 betätigbarer Ventilschließkörper 5, der in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit der Ventalnadel 4 einteilig ausgebildet ist. Der Ventilschließkörper 5 ist kegeltumpfförmig sich in Abspritzrichtung verjüngend ausgebildet. Der Ventilschließkörper 5 wirkt mit einer an einem Ventilsitzkörper 6 ausgebildeten Ventilsitzfläche 7 zu einem Dichtsitz zusammen. Dabei ist der Ventilsitzkörper 6 im vorderen Teil des Ventilgehäuses 2 befestigt.

[0018] Auf einer inneren Anlagefläche 10, die an einem Vorsprung 11 des Ventilgehäuses 2 ausgebildet ist, liegt ein Anlageelement 12 auf. Dabei kann das Anlageelement 12 plastisch oder elastisch verformbar ausgebildet sein. Eine Zwischenplatte 13 ist durch ein Schraubenelement 14 im Innenraum 16 des Brennstoffeinspritzventils 1 befestigt. Dabei wird die Zwischenplatte 13 durch das Schraubenelement 14 gegen das Anlageelement 12 gepreßt, wodurch sich das Anlageelement 12 verformt. Um die dafür nötige Kraft aufzubringen, wird das Schraubenelement 14 in ein Innengewinde 15, das an der Innenseite des Ventilgehäuses 2 ausgebildet ist, eingeschraubt.

[0019] An der zuflußseitigen Stirnfläche 20 der Zwischenplatte 13 liegt ein piezoelektrischer Aktor 21 an, und an der dichtsitzseitigen Stirnfläche der Zwischenplatte 13 liegt eine Druckfeder 23 an. Dabei sind der Aktor 21 und die Druckfeder 23 von einer rohrförmigen Gehäusewand 24 umschlossen, wobei die rohrförmige Gehäusewand 24 Aussparungen 25a, 25b aufweist, durch welche die Zwischenplatte 13 ragt. Die rohrförmige Gehäusewand 24 ist mit einer zuflußseitigen Gehäuseplatte 25 und einer dichtsitzseitigen Gehäuseplatte 26 verbunden. Die rohrförmige Gehäusewand 24, die zuflußseitige Gehäuseplatte 25 und die dichtsitzseitige Gehäuseplatte 26 bilden zusammen ein Innengehäuse 24, 25, 26. Dabei wirkt der Aktor 21 über die zuflußseitige Gehäuseplatte 25 auf das Innengehäuse 24, 25, 26 und die Druckfeder 23 wirkt über die dichtsitzseitige Gehäuseplatte 26 auf das Innengehäuse 24, 25, 26 ein. An der dichtsitzseitigen Gehäuseplatte 26 ist die Ventalnadel 4 befestigt.

[0020] Der Brennstoff wird über eine Bohrung 30 in der Abschlußplatte 3 in den Innenraum 16 des Brennstoffeinspritzventils 1 geleitet. Von dort wird er über wenigstens eine Bohrung 31 in der Zwischenplatte 13 in Richtung des aus Ventilsitzfläche 7 und Ventilschließkörper 5 gebildeten Dichtsitzes geleitet. Bei Betätigung des Aktors 21 dehnt sich dieser aus, wo-

durch sich das Innengehäuse 24, 25, 26 in Richtung der Abschlußplatte 3 verschiebt und den an der Ventilmadel 4 befestigten Ventilschließkörper 5 von der Ventilsitzfläche 7 abhebt, wodurch sich der Dichtsitz öffnet. Über den entstandenen Spalt zwischen Ventilsitzfläche 7 und Ventilschließkörper 5 gelangt Brennstoff in einen Abspritzkanal 32, wodurch es zum Austritt von Brennstoff aus dem Brennstoffeinspritzventil 1 in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine kommt. Das Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 erfolgt über die Druckfeder 23, die entgegen dem Aktor 21 auf das Innengehäuse 24, 25, 26 einwirkt, wodurch sich das Innengehäuse 24, 25, 26 in Richtung des Ventilsitzkörpers 6 verschiebt und der Ventilschließkörper 5 der Ventilmadel 4 auf die Ventilsitzfläche 7 des Ventilsitzkörpers 6 verschoben wird. Dadurch schließt sich der aus Ventilsitzfläche 7 und Ventilschließkörper 5 gebildete Dichtsitz.

[0021] Die erfindungsgemäße elektromagnetische Dämpfungseinrichtung zum Dämpfen der Bewegung der Ventilmadel 4 ist in diesem Ausführungsbeispiel aus Hülsen 40a bis 40c und einer Erregerspule 41, die in einer umlaufenden Nut 42 auf das Ventilgehäuse 2 des Brennstoffeinspritzventils 1 gewickelt ist, gebildet.

[0022] Um beim Öffnen des Brennstoffeinspritzventils 1 den Öffnungsquerschnitt zu begrenzen, wird die Bewegung der Ventilmadel 4 üblicherweise durch einen geeigneten Anschlag begrenzt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist diese Begrenzung vereinfacht durch den Anschlag der zuflußseitigen Gehäuseplatte 25 an Anschlagelemente 43a, 43b dargestellt. Beim Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 schlägt der Ventilschließkörper 5 der Ventilmadel 4 an der Ventilsitzfläche 7 des Ventilsitzkörpers 6 an. Ohne eine erfindungsgemäße Dämpfungseinrichtung 40a bis 40c, 41 kommt es wegen des beim Öffnen bzw. Schließen vorhandenen Bewegungsimpulses zum Prellen der Ventilmadel 4, wodurch der Dichtsitz nicht mit einem konstanten Öffnungsquerschnitt geöffnet bzw. nicht abrupt geschlossen wird.

[0023] Das Funktionsprinzip der erfindungsgemäßen Dämpfungseinrichtung wird unten in der Beschreibung zu Fig. 3 erläutert. Um die Dämpfungskraft zu verstärken, sind die Hülsen 40a bis 40c gegen die Ventilmadel 4 und jeweils gegeneinander elektrisch isoliert. Diese Isolation kann z. B. durch einen Lack bzw. eine Oxidschicht erfolgen. Falls der Raum um die Hülsen 40a bis 40c mit Brennstoff gefüllt ist, kann eine geeignete Abdichtung der Hülsen gegen den Brennstoff vorgesehen werden. Alternativ dazu ist es möglich, die Hülsen 40a bis 40c aus einem Material zu fertigen, das eine höhere elektrische Leitfähigkeit aufweist als die Ventilmadel 4.

[0024] In Fig. 2 ist ein Schaltdiagramm dargestellt, das vereinfacht die Beschaltung des Aktors 21 und der Erregerspule 41 darstellt. Zum Beaufschlagen des Aktors 21 mit einer elektrischen Steuerspannung sind elektrische Zuleitungen 50a, 50b in das Brennstoffeinspritzventil 1 an den Aktor 21 geführt. Außerdem sind elektrische Zuleitungen 50c, 50d in das Brennstoffein-

spritzventil 1 an die Erregerspule 41 geführt. Die elektrischen Zuleitungen 50a bis 50d sind an ein Steuergerät 51 angeschlossen. Vorteilhaft ist es, wenn das Steuergerät 51 die Spule 41 stromgeregelt ansteuert, da dadurch der Spuleninduktivität 11 beim Ändern der Stromstärke I_L durch eine entsprechend hohe Spannung des Steuergeräts 51, die über die elektrischen Zuleitungen 50c, 50d an die Spule 41 geführt wird, entgegengewirkt werden kann. Um die elektrischen Zuleitungen 50a bis 50d und die Wicklung der Spule 41 vor thermischer Überlastung zu schützen, ist es außerdem sinnvoll, die Stromregelung strombegrenzt auszuführen. Durch das Steuergerät 51 ist es möglich, abhängig von den Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine den Aktor 21 und die Spule 41 aufeinander abgestimmt anzusteuern, um ein Pellen der Ventilmadel 4 zu verhindern.

[0025] In Fig. 3 ist eine Prinzipskizze zur Erläuterung des Funktionsprinzips der Dämpfungseinrichtung des Brennstoffeinspritzventils 1 dargestellt. Ein in der Erregerspule 41 fließender Strom I_L erzeugt ein radialsymmetrisches Magnetfeld B , das proportional zum Spulenstrom I_L ist. Durch die endliche Länge l_L der Spule 41 in axialer Richtung ergibt sich ein inhomogenes Magnetfeld B , wobei eine deutliche Änderung des Magnetfeldes B auf der Spulenachse 55 bei einer Ortsänderung in der Größenordnung der Länge l_L der Spule 41 vorhanden ist. In dem Magnetfeld B befindet sich eine Induktionsschleife 56, die den Rand einer nicht notwendigerweise ebenen Fläche A darstellt. Von den beiden Seiten der Fläche A läßt sich eine willkürlich als Außenseite definieren, wodurch eine Richtung 57 der Fläche A vorgegeben ist. Durch die Richtung 57 der Fläche A ist ein Umlaufsinn 58 der Induktionsschleife 56 gegeben. Das Magnetfeld B , das die Fläche A durchdringt, erzeugt einen magnetischen Fluß Φ durch die Induktionsschleife 56. Durch Ändern des Spulenstroms I_L und/oder durch Bewegen der Induktionsschleife 56 wird der magnetische Fluß Φ durch die Induktionsschleife 56 geändert. Nach dem Faradayschen Induktionsgesetz erzeugt eine zeitliche Änderung des magnetischen Flusses Φ , der durch die Induktionsschleife 56 fließt, in der Induktionsschleife 56 eine dem Umlaufsinn 58 der Induktionsschleife 56 entgegengesetzte elektrische Ringspannung, die proportional zur zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses Φ ist. Die Ringspannung erzeugt in der Induktionsschleife 56 einen elektrischen Strom, der bei Zunahme des magnetischen Flusses Φ entgegen dem Umlaufsinn 58 gerichtet ist, wodurch ein magnetisches Feld B' erzeugt wird. Bei einer zeitlichen Zunahme (Abnahme) des magnetischen Flusses Φ ist das Magnetfeld B' in entgegengesetzter (gleicher) Richtung wie das Magnetfeld B orientiert. Bei entgegengesetzt gerichteten Magnetfeldern B , B' wird die Induktionsschleife 56 von der Erregerspule 41 abgestoßen, bei gleichgerichteten Magnetfeldern B , B' wird die Induktionsschleife 56 von der Erregerspule 41 angezogen.

[0026] Zusammenfassend wird bei einer Erhöhung des magnetischen Flusses Φ die Induktionsschleife 56

von der Erregerspule 41 abgestoßen und bei einer Verringerung des magnetischen Flußes Φ wird die Induktionsschleife 56 von der Erregerspule 41 angezogen. Die damit verbundene Kraft K_0 wird erfindungsgemäß zur Dämpfung der Ventilmadel 4 ausgenutzt.

[0027] In Fig. 4 sind Diagramme dargestellt, anhand derer die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Dämpfungseinrichtung des Brennstoffeinspritzventils 1 erläutert wird. Dabei ist an die Abszisse jeweils die Zeit t und an die Ordinaten sind die verschiedenen Betriebsgrößen des Brennstoffeinspritzventils 1 angetragen. Der Einfachheit halber wird im folgenden nur der Schließvorgang des Brennstoffeinspritzventils 1 betrachtet. Die Funktionsweise der Dämpfungseinrichtung des Brennstoffeinspritzventils 1 kann dementsprechend auf den Öffnungsvorgang übertragen werden. Im geöffneten Zustand des Brennstoffeinspritzventils 1 ist der Aktor 21 bis zum Zeitpunkt t_a mit einer elektrischen Aktorspannung U_A beaufschlagt. Da die Aktorspannung U_A bis zum Zeitpunkt t_a konstant ist, bleibt auch die Lage der Ventilmadel 4 unverändert, was einem konstanten Ventilmadelhub h entspricht. Zum Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 wird die Aktorspannung U_A zum Zeitpunkt t_a bis zum Zeitpunkt t_b ausgehend vom Wert $U_A(t_a)$ auf den Wert $U_A(t_b) = 0$ reduziert. Ab dem Zeitpunkt t_b ist der Aktor 21 abgeschaltet. Vom Zeitpunkt t_a bis zum Zeitpunkt t_b wird das Brennstoffeinspritzventil 1 geschlossen, wodurch der Hub h der Ventilmadel 4 abnimmt. Bei einem ungedämpften Brennstoffeinspritzventil 1 kommt es zum Prellen der Ventilmadel 4, wodurch die Ventilmadel 4 aus dem Dichtsitz gehoben wird, was zusätzlichen Hubbewegungen 60a bis 60d entspricht.

[0028] Zum Zeitpunkt t_1 , der auch kleiner gleich dem Zeitpunkt t_a sein kann, wird zum Dämpfen der Ventilmadel 4 der Strom i_L der Erregerspule 41 angeschaltet. Die beim Anschalten der Erregerspule 41 wirksame Dämpfungskraft ist dabei gegenüber der Aktorkraft des Aktors 21 vernachlässigbar. Im Zeitintervall t_{23} wird durch die Erregerspule 41 ein konstantes Magnetfeld U erzeugt, so daß durch die Bewegung der Induktionsschleife 56, die durch die Hülsen 40a bis 40c gebildet ist, eine Dämpfung der Ventilmadel 4 erfolgt. Für den Hub h' der gedämpften Ventilmadel 4 ergibt sich daher ein Schließvorgang, der prellfrei verläuft und daher keine zusätzlichen Ventilmadelhübe 60a bis 60d aufweist. Im Zeitintervall t_{34} wird der Strom i_L der Erregerspule 41 langsam reduziert, um keine Kraftspitzen auf die Ventilmadel zu übertragen.

[0029] In Fig. 5 ist eine alternative Schaltung zum Beschalten des erfindungsgemäßen Brennstoffeinspritzventils 1 dargestellt, in der die Erregerspule 41 zur Ausnutzung des beim Zusammendrücken des Aktors 21 entstehenden Verschiebungsstroms mit dem Aktor 21 in Reihe geschaltet ist. Für die Erregerspule 41 ist ein Ersatzschaltbild bestehend aus einer verlustfreien Induktivität L und einem Verlustwiderstand R_L dargestellt, während für den Aktor 21 ein Ersatzschaltbild beste-

hend aus einer verlustfreien Kapazität C und einem Verlustwiderstand R_A dargestellt ist.

[0030] Dabei ist zu beachten, daß beim Anlegen einer äußeren Spannung U durch die Induktivität L der Erregerspule 41 zunächst nur ein Teil der äußeren Spannung U auf den Aktor 21 einwirkt und sich die am Aktor 21 abfallende Spannung nur allmählich der äußeren Spannung U annähert. Die Zeitskala der Annäherung ist dabei aus dem Quotienten der Induktivität L der Erregerspule 41 und der Summe aus dem Aktorwiderstand R_A und dem Spulenwiderstand R_L gegeben. Beim Zusammendrücken des Aktors 21 ändert sich die Kapazität des Aktors 21, wodurch sich die auf den Aktor 21 aufgebrachte Ladung ändert und es dadurch zu einem elektrischen Verschiebungsstrom kommt. Da die bei einer Längenänderung des Aktors 21 auftretenden Ströme üblicherweise sehr groß sind, lassen sich mit der Erregerspule 41 entsprechend große Magnetfelder erzeugen.

[0031] Anhand der in Fig. 6 gezeigten Diagramme ist die Funktion der erfindungsgemäßen Dämpfungseinrichtung dargestellt, wenn diese wie in der Fig. 5 verschaltet ist. Zu diesem Ausführungsbeispiel wird das Öffnen des Brennstoffeinspritzventils 1 betrachtet. Das Funktionsprinzip kann jedoch auch auf das Schließen des Brennstoffeinspritzventils 1 übertragen werden. In den Diagrammen ist an der Abszisse jeweils die Zeit t angetragen.

[0032] Zum Öffnen des Brennstoffeinspritzventils 1 wird die Spannung U zum Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_2 erhöht. Dadurch wächst der Hub h der Ventilmadel 4 an. Bei einem ungedämpften Brennstoffeinspritzventil 1 kommt es nach dem Öffnen des Brennstoffeinspritzventils 1 zu einem Prellen der Ventilmadel 4, wodurch zusätzliche Ventilmadelhübe 60a bis 60c auftreten. Dadurch wird der Induktionsstrom in der Induktionsschleife 56, d. h. in den Hülsen 40a bis 40c, erzeugt. Durch den Induktionsstrom i_{ind} wird die Ventilmadel 4 gedämpft. Der zeitliche Verlauf des Hubes h' der Ventilmadel 4 weist daher keine zusätzliche Ventilmadelhübe 60a bis 60c, die durch Prellen der Ventilmadel 4 entstehen, auf. Es kommt daher allenfalls zu einem schwach ausgebildeten zusätzlichen Ventilmadelhub 60e.

[0033] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele begrenzt. Insbesondere eignet sich die Erfindung auch für ein außenöffnendes Brennstoffeinspritzventil 1. Die Dämpfungseinrichtung muß nicht notwendigerweise direkt auf die Ventilmadel 4 einwirken und kann auch anders im Brennstoffeinspritzventil 1 angeordnet sein. An der Ventilmadel 4 kann statt einer Induktionsschleife 56 auch ein Permanentmagnet angeordnet sein, der zusammen mit der Erregerspule 41 eine elektromagnetische Dämpfungseinrichtung bildet. Die Induktionsschleife 56 kann statt durch Hülsen 40a - 40c auch durch eine gewickelte Spule gebildet werden.

Patentansprüche

1. Brennstoffeinspritzventil (1), insbesondere Einspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von Brennkraftmaschinen, mit einem piezoelektrischen oder magnetostruktiven Aktor (21), einem von dem Aktor (21) mittels einer Ventalnadel (4) betätigbaren Ventilschließkörper (5), der mit einer Ventilsitzfläche (7) zu einem Dichtsitz zusammenwirkt und einer Dämpfungseinrichtung zum Dämpfen der Bewegung der Ventalnadel (4),
dadurch gekennzeichnet,
daß die Dämpfungseinrichtung (41, 56) elektromagnetisch arbeitet.
2. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Dämpfungseinrichtung (41, 56) eine Erregerspule (41) zum Erzeugen eines Magnetfeldes und zumindest eine an der Ventalnadel angeordnete, elektrisch leitende Induktionsschleife (56, 40a - 40c) aufweist.
3. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erregerspule (41) auf ein Ventilgehäuse (2) des Brennstoffeinspritzventils (1) gewickelt ist, wobei das Ventilgehäuse (2) hierfür eine umlaufende Nut (42) aufweist.
4. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die elektrische Leitfähigkeit der Induktionsschleife (56, 40a - 40c) größer ist als die elektrische Leitfähigkeit der Ventalnadel (4).
5. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Induktionsschleife (56, 40a - 40c) von der Ventalnadel (4) elektrisch isoliert ist.
6. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Induktionsschleife (40a - 40c) hülsenförmig ausgebildet ist und die Ventalnadel (4) abschnittsweise umschließt.
7. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Länge der hülsenförmigen Induktionsschleife (40a - 40c) entlang der Ventilachse kleiner als die Länge der Erregerspule (41) entlang der Ventilachse ist.
8. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Induktionsschleife (56) aus einer kurzgeschlossenen Induktionsspule besteht.

9. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erregerspule (41) und/oder der Aktor (21) über ein Steuergerät (51) angesteuert sind.
10. Brennstoffeinspritzventil nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Steuergerät (51) zur stromgeregelten Ansteuerung der Erregerspule (41) und/oder des Aktors (21) eine Stromregelung aufweist.
11. Brennstoffeinspritzventil nach einem der Ansprüche 2 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Erregerspule (41) zur Ausnützung des beim Zusammendrücken des Aktors (21) entstehenden Verschiebungsstromes mit dem Aktor (21) in Reihe geschaltet ist.

Claims

1. Fuel injection valve (1), in particular injection valve for fuel injection systems of internal combustion engines, having a piezoelectric or magnetostrictive actuator (21), a valve closing body (5) which can be activated by the actuator (21) by means of a valve needle (4) and interacts with a valve seat face (7) to form a sealing seat, and a damper device for damping movement of the valve needle (4), **characterized in that** the damping device (41, 56) operates electromagnetically.
2. Fuel injection valve according to Claim 1, **characterized in that** the damping device (41, 56) has an exciter coil (41) for generating a magnetic field, and at least one electrically conductive induction loop (56, 40a - 40c) which is arranged on the valve needle.
3. Fuel injection valve according to Claim 2, **characterized in that** the exciter coil (41) is wound onto a valve housing (2) of the fuel injection valve (1), the valve housing (2) having a circumferential groove (42) for this purpose.
4. Fuel injection valve according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the electrical conductivity of the injection loop (56, 40a - 40c) is greater than the electrical conductivity of the valve needle (4).
5. Fuel injection valve according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the induction loop (56, 40a - 40c) is electrically insulated from the valve needle (4).

6. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 5, **characterized in that** the induction loop (40a - 40c) is formed in the manner of a sheath, and encloses the valve needle (4) in part.
7. Fuel injection valve according to Claim 6, **characterized in that** the length of the sheath-shaped induction loop (40a - 40c) along the valve axis is shorter than the length of the exciter coil (41) along the valve axis.
8. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 5, **characterized in that** the induction loop (56) is composed of a short-circuited induction loop.
9. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 8, **characterized in that** the exciter coil (41) and/or the actuator (21) are actuated by means of a controller (51).
10. Fuel injection valve according to Claim 9, **characterized in that** the controller (51) has a current regulator for the current-regulated actuation of the exciter coil (41) and/or of the actuator, (21).
11. Fuel injection valve according to one of Claims 2 to 10, **characterized in that** the exciter coil (41) is connected in series with the actuator (21) in order to utilize the displacement current which is produced when the actuator (21) is compressed.

Revendications

1. Injecteur de carburant (1), notamment injecteur de carburant destiné aux dispositifs d'injection de carburant de moteurs à combustion interne, comprenant un actionneur (21) piézoélectrique ou magnétostrictif, un corps de fermeture de soupape (5) pouvant être actionné par l'actionneur (21) au moyen d'une aiguille de soupape (4) et qui coopère avec une surface de siège de soupape (7) vers un siège de soupape, et comprenant un dispositif d'amortissement pour amortir le mouvement de l'aiguille de soupape (4),
caractérisé en ce que
le dispositif d'amortissement (41, 56) travaille de manière électromagnétique.
2. Injecteur de carburant selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
le dispositif d'amortissement (41, 56) présente une bobine d'excitation (41) pour générer un champ magnétique, ainsi qu'au moins une boucle d'induction (56, 40a - 40c) électriquement conductrice disposée au niveau de l'aiguille de soupape.
3. Injecteur de carburant selon la revendication 2,

caractérisé en ce que

la bobine d'excitation (41) est enroulée sur un carter de soupape (2) de l'injecteur de carburant (1), le carter de soupape (2) présentant à cet effet une rainure périphérique (42).

4. Injecteur de carburant selon la revendication 2 ou 3,
caractérisé en ce que
la conductivité électrique de la boucle d'induction (56, 40a - 40c) est supérieure à la conductivité électrique de l'aiguille de soupape (4).
5. Injecteur de carburant selon la revendication 2 ou 3,
caractérisé en ce que
la boucle d'induction (56, 40a - 40c) est électriquement isolée de l'aiguille de soupape (4).
6. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 5,
caractérisé en ce que
la boucle d'induction (40a - 40c) présente la forme d'une douille entourant partiellement l'aiguille de soupape (4).
7. Injecteur de carburant selon la revendication 6,
caractérisé en ce que
la longueur de la boucle d'induction en forme de douille (40a - 40c) le long de l'axe de soupape est inférieure à la longueur de la bobine d'excitation (41) le long de l'axe de soupape.
8. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 5,
caractérisé en ce que
la boucle d'induction (56) est constituée d'une bobine d'induction court-circuitée.
9. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 8,
caractérisé en ce que
la bobine d'excitation (41) et/ou l'actionneur (21) sont commandés par un appareil de commande (51).
10. Injecteur de carburant selon la revendication 9,
caractérisé en ce que
l'appareil de commande (51) présente une régulation de courant pour une commandé régulée par courant de la bobine d'excitation (41) et/ou de l'actionneur (21).
11. Injecteur de carburant selon l'une quelconque des revendications 2 à 10,
caractérisé en ce que
la bobine d'excitation (41) est montée en série avec l'actionneur (21) pour utiliser le courant de déplacement généré lors de la compression de l'actionneur (21).

FIG 1

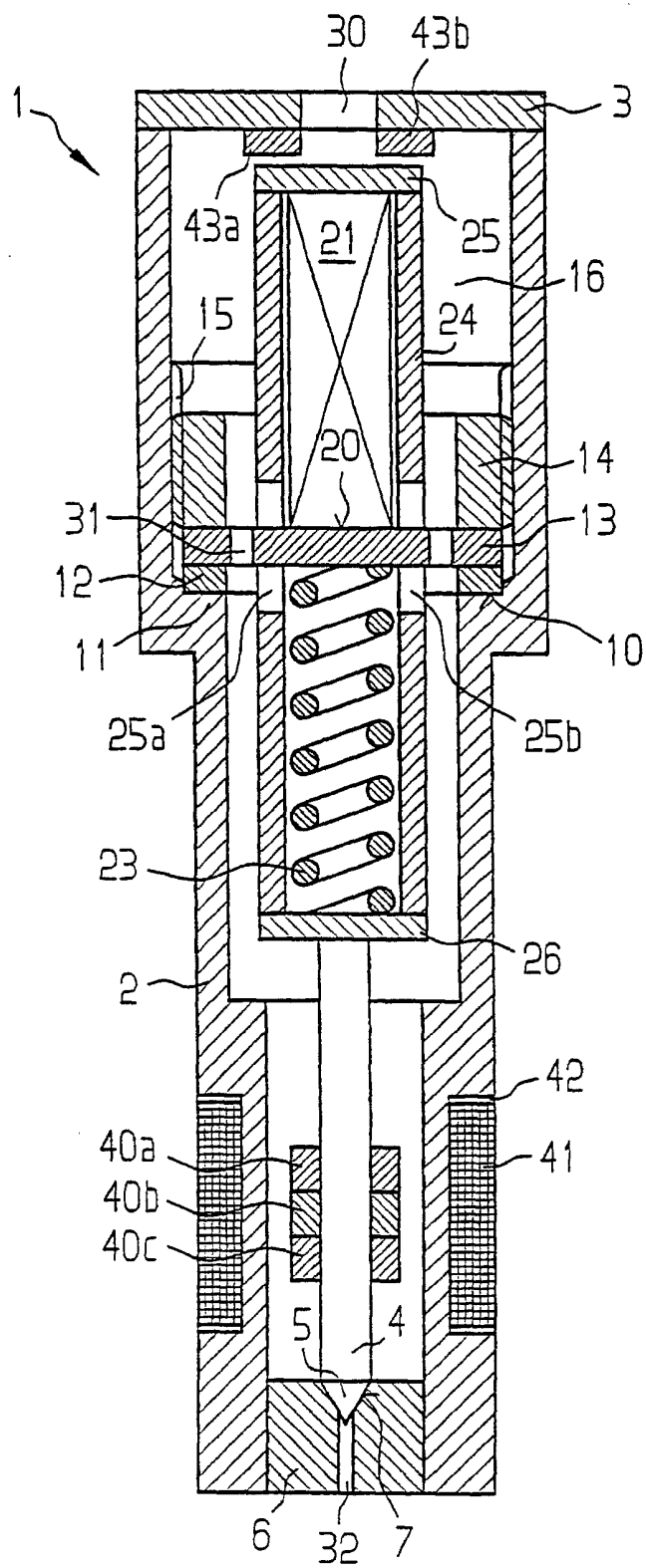


FIG 2

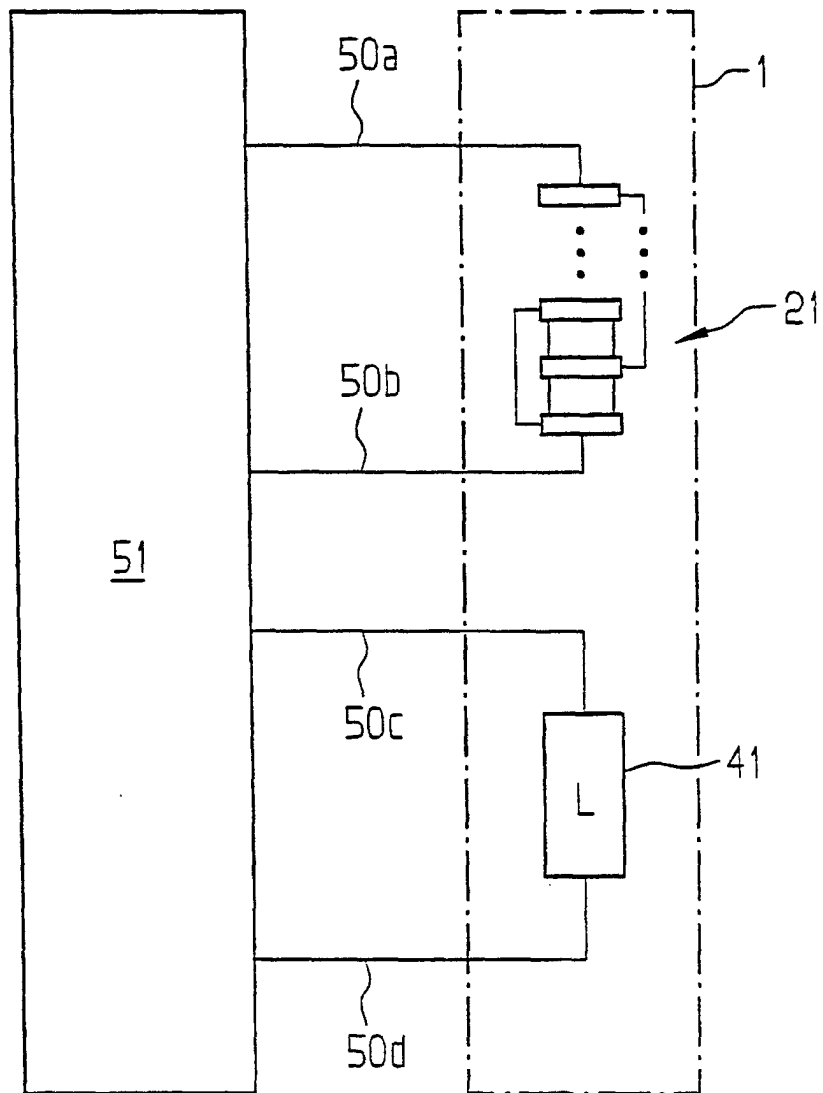


FIG 3

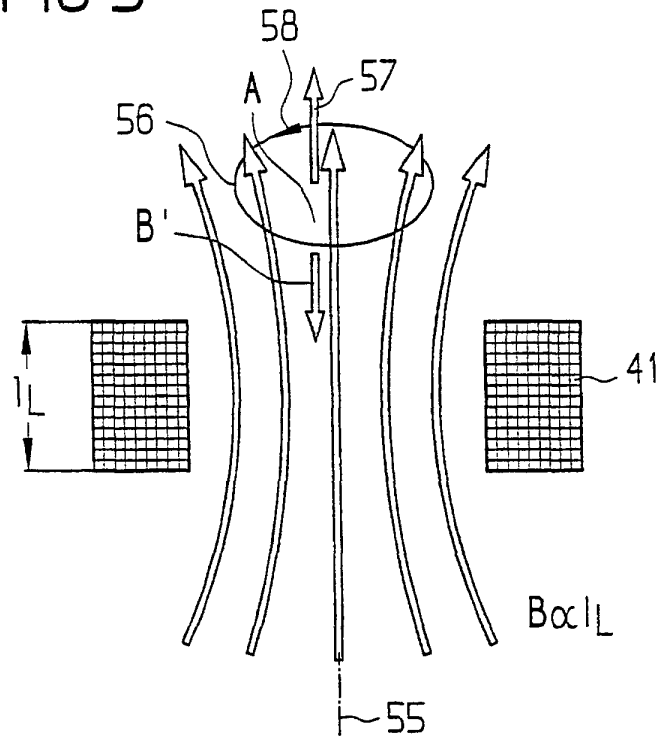


FIG 5

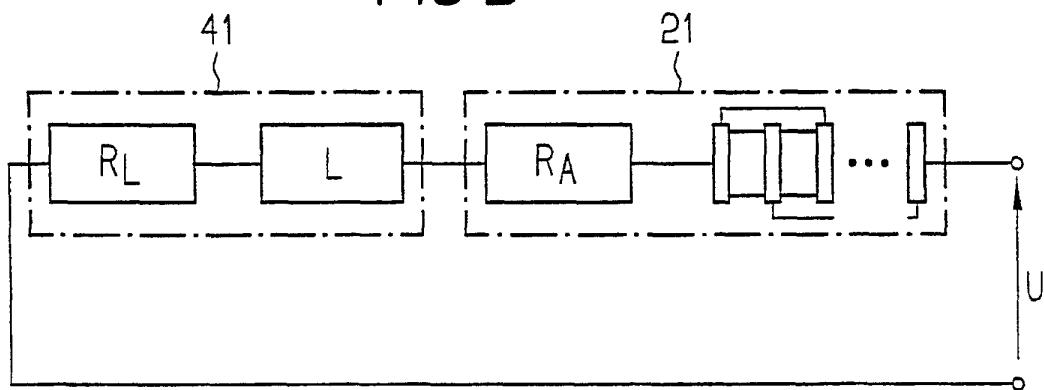


FIG 4

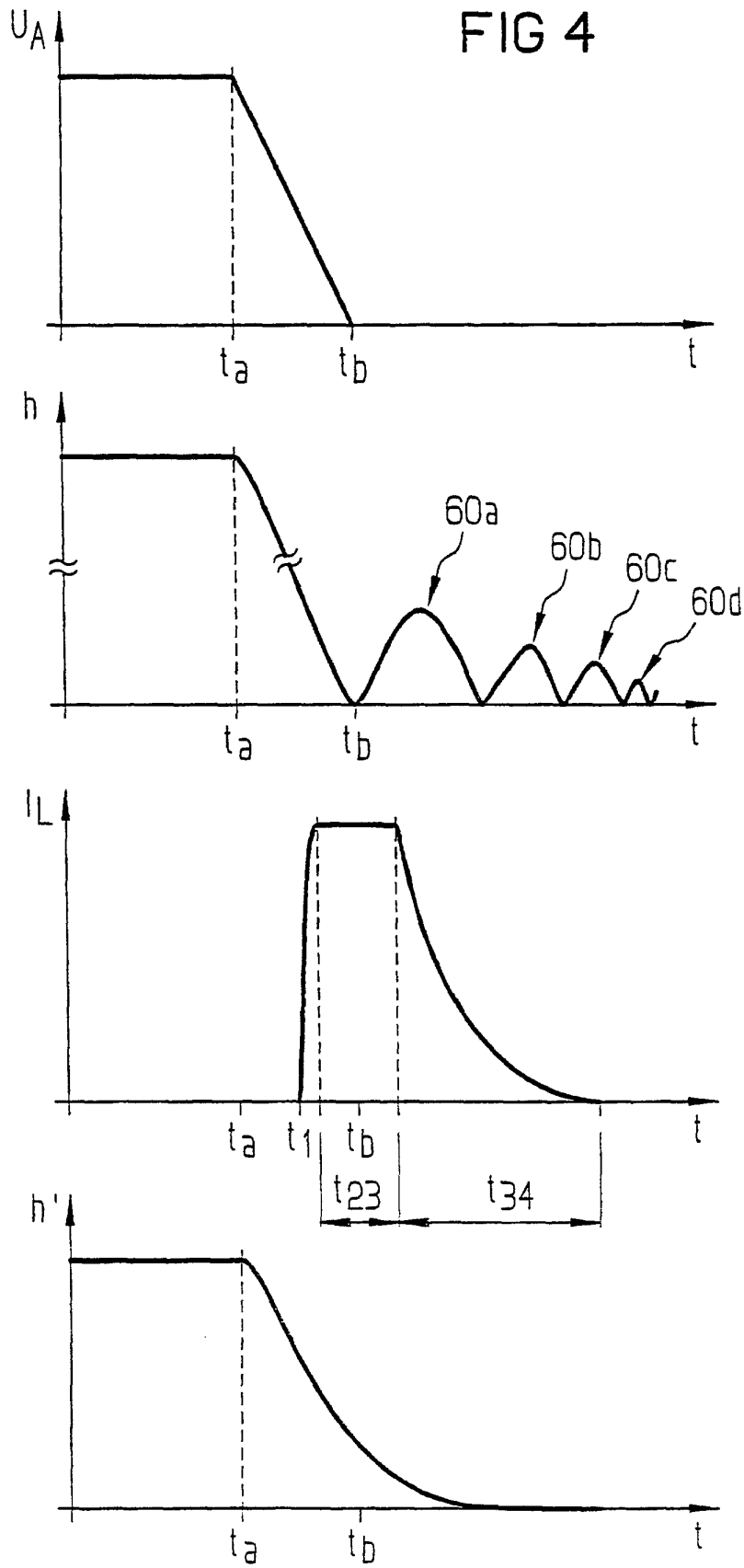


FIG 6

