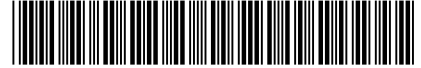


(19)



(11)

EP 3 347 590 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
11.11.2020 Patentblatt 2020/46

(51) Int Cl.:
F02M 63/00 ^(2006.01) **F02M 51/06** ^(2006.01)
H01F 7/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16734726.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/066042

(22) Anmeldetag: **06.07.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/041925 (16.03.2017 Gazette 2017/11)

(54) **KRAFTSTOFFINJEKTOR, VERFAHREN ZUM ERMITTELN DER POSITION EINES BEWEGLICHEN ANKERS UND MOTORSTEUERUNG**

FUEL INJECTOR, METHOD FOR ASCERTAINING THE POSITION OF A MOVABLE ARMATURE, AND MOTOR CONTROL

INJECTEUR DE CARBURANT, PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE LA POSITION D'UN INDUIT MOBILE ET COMMANDE DE MOTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

- **BELYAEV, Nikolay**
93053 Regensburg (DE)
- **LYUBAR, Anatoliy**
93195 Wolfsegg (DE)
- **RÖSEL, Gerd**
93055 Regensburg (DE)
- **STUTIKA, Markus**
93053 Regensburg (DE)

(30) Priorität: **11.09.2015 DE 102015217362**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.07.2018 Patentblatt 2018/29

(73) Patentinhaber: **Vitesco Technologies GmbH**
30165 Hannover (DE)

(74) Vertreter: **Waldmann, Georg Alexander et al**
Continental Automotive GmbH
Postfach 22 16 39
80506 München (DE)

(72) Erfinder:
 • **ZHANG, Hong**
93105 Tegernheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 455 603 **DE-A1-102008 001 822**
DE-A1-102009 047 525 **US-A- 5 127 585**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 347 590 B1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Kraftstoffinjektoren. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere einen Kraftstoffinjektor für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges. Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Ermitteln einer Position eines beweglichen Ankers in einem Kraftstoffinjektor für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges sowie eine Motorsteuerung, die zum Verwenden des Verfahrens eingerichtet ist.

[0002] Figur 1 zeigt einen Solenoid-Injektor 1 mit Leerhub zwischen Anker 3 und Düsennadel 5. Beim Anlegen einer Spannung an die im Spulengehäuse 7 angebrachte Spule 4 wird durch elektromagnetische Kräfte der Anker 3 in Richtung des Polstücks 2 bewegt. Durch mechanische Kopplung bewegt sich nach Überwinden des Leerhubs dann ebenfalls die Düsennadel 5 und gibt Einspritzlöcher zur Kraftstoffzufuhr frei. Anker 3 und Düsennadel 5 bewegen sich weiter bis der Anker 3 auf das Polstück 2 trifft (Nadelhub). Zum Schließen des Injektors 1 wird die Erregerspannung abgeschaltet und somit baut sich die magnetische Kraft ab. Düsennadel 5 und Anker 3 werden durch die Federkraft der Feder 6 in die Schließposition bewegt. Leerhub und Nadelhub werden in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen. Bei Kraftstoffinjektoren ohne Leerhub muss dieser nicht erst überwunden werden, ansonsten verläuft die Ansteuerung eines solchen Kraftstoffinjektors in ähnlicher Art und Weise.

[0003] Sowohl mechanische Toleranzen bei der Fertigung als auch elektrische Toleranzen bei der Ansteuerung führen zu Unterschieden beim Öffnungs- und Schließvorgang zwischen verschiedenen Injektoren. Die somit erzeugten injektorindividuellen zeitlichen Variationen des Beginns der Nadelbewegung (Öffnen) und des Endes der Nadelbewegung (Schließen) ergeben unterschiedliche Einspritzmengen.

[0004] Eine Ausregelung der durch die o.g. Toleranzen verursachten Mengengstreuung ist bekanntermaßen möglich. Vorzugsweise wird die in Patentanmeldung DE 38 43 138 A1 beschriebene Messung der dem Spulenstrom bzw. der Spannung überlagerten charakteristischen Signale verwendet. Dabei ist bekannt, dass an spulenenbetrieblenen Baugruppen ein Feedbacksignal gewonnen werden kann, indem die wirbelstromgetriebene Kopplung zwischen Mechanik (Anker 3 und Injektornadel 5) und Magnetkreis (Spule 4 und die magnetische Teile um die Spule 4, das heißt Anker 3, Polstück 2, Spulengehäuse 7, Injektorgehäuse und Magnetring an der Oberseite der Spule, die den Magnetkreis bilden) zur Signalgenerierung genutzt wird. Der physikalische Effekt beruht auf der geschwindigkeitsabhängigen Selbstinduktion in den elektromagnetischen Kreis infolge der Bewegung des Ankers 3 und der Injektornadel 5. In Abhängigkeit der Bewegungsgeschwindigkeit wird im Elektromagnet eine Spannung induziert bzw. eine charakteristische Änderung des Verlaufs der induzierten Spannung

verursacht, die dem Ansteuersignal überlagert ist (charakteristisches Signal).

[0005] Auch die EP 2 455 603 A1 offenbart ein Verfahren zur Detektion des Öffnungs- und Schließvorgangs eines Injektors, wobei der Injektor zur Erhöhung der Schließkraft einen Permanentmagneten aufweist, der sich im Gehäuse zumindest über den gesamten Hubweg des Ankers neben dem Anker erstreckt.

[0006] Aus der US 5,127,585 A ist es bekannt, einen Permanentmagneten im Gehäuse eines Injektors anzuordnen, um eine Gleichgewichtslage des Ankers zu beeinflussen.

[0007] Vor allem für die Detektion des Öffnens ist die Auswertung der charakteristischen Signalform problematisch. Da sich der Magnetkreis beim Öffnen typischerweise in der magnetischen Sättigung befindet bzw. in die magnetische Sättigung ausgesteuert wird, sowie durch die anderen statischen (z.B. Streuflüsse, Nichtlinearität) und dynamischen (z.B. Magnetflussverdrängung, Wirbelströme) Erscheinungen beeinflusst ist, ist die Rückwirkung auf den Magnetkreis minimal und somit nur schlecht zu detektieren. Auch bei der Detektion des Schließzeitpunktes kann das charakteristische Signal je nach Design des Magnetkreises sehr schwach ausgeprägt sein.

[0008] Messungen haben gezeigt, dass ein großer Teil (z.B. ca. 40%) der eingebrachten elektrischen Energie durch Wirbelströme verbraucht wird und folglich nicht zur Erzeugung von Magnetkraft bzw. mechanischer Energie zur Verfügung steht. Der genaue Wirbelstromverlust hängt u.a. von Material, Architektur des Kraftstoffinjektors und dem Ansteuerungsverfahren ab, weist aber in den meisten Fällen eine erhebliche Größe auf.

Aus diesem Grund werden verschiedene Möglichkeiten in Betracht gezogen um die Wirbelströme zu reduzieren und den Spulenantrieb somit effizienter zu gestalten.

[0009] Die DE 10 2008 001 822 A1 beispielsweise offenbart ein Magnetventil, das zur Reduzierung von Wirbelströmen eine geschlitzte Ankerplatte aufweist.

[0010] Mit einer Reduzierung der Wirbelströme geht jedoch auch eine Verschlechterung der Detektionsmöglichkeiten für Öffnen/Schließen einher (Abschwächung des Signals).

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen verbesserten Kraftstoffinjektor mit reduzierten wirbelstrombedingten Verluste bereitzustellen, der gleichzeitig auch gute Detektionseigenschaften aufweist. Der vorliegenden Erfindung liegt des Weiteren die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Ermitteln der Ankerposition in einem solchen Kraftstoffinjektor bereitzustellen.

[0012] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Gegenstände des unabhängigen Patentanspruchs. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0013] Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Kraftstoffinjektor für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Der beschriebene Kraftst-

offinjektor weist folgendes auf: (a) ein Polstück, (b) einen entlang einer Bewegungsachse beweglichen Anker, (c) eine Spule und (d) einen Permanentmagneten, wobei der bewegliche Anker zumindest ein elektrisch isolierendes Element aufweist, das zum Reduzieren von Wirbelströmen im Anker gestaltet ist, und wobei der Permanentmagnet so angebracht ist, dass er ein Magnetfeld erzeugt, das eine auf den Anker in Richtung des Polstückes wirkende Kraft bewirkt. Dabei ist der Permanentmagnet in Richtung der Bewegungsachse des Ankers nachfolgend auf die Spule angebracht oder er ist relativ zur Bewegungsachse des Ankers radial nach außen der Spule nachfolgend angebracht.

[0014] Dem beschriebenen Kraftstoffinjektor liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das elektrisch isolierende Element die Wirbelströme im Anker reduziert und somit die Effizienz des Kraftstoffinjektors verbessert und dass das Anbringen des Permanentmagneten eine Verstärkung der durch die Ankerbewegung induzierten Spannung bewirkt, so dass diese induzierte Spannung auch bei reduzierten Wirbelströmen zur Detektion von Öffnung und Schließung des Kraftstoffinjektors verwendet werden kann. Das von dem Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld führt des Weiteren aufgrund der auf den Anker wirkenden Magnetkraft zu einem schnelleren Öffnen des Kraftstoffinjektors, wenn die Spule mit einem Spannungspuls beaufschlagt wird. Insgesamt stellt die vorliegende Erfindung somit einen Kraftstoffinjektor mit verbesserter Effizienz und verbesserten Dynamik- und Detektionseigenschaften bereit.

[0015] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das zumindest eine elektrisch isolierende Element einen mit Luft und/oder einem elektrisch isolierenden Material und/oder einem nichtmagnetischen Material gefüllten Schlitz auf oder besteht daraus. Unter einem "elektrisch isolierenden Element" wird im vorliegenden Zusammenhang somit auch ein Luftspalt verstanden. Insbesondere stellt jeder gezielt zur Verringerung von Wirbelströmen in dem Anker ausgebildete elektrisch isolierende Bereich ein "elektrisch isolierendes Element" dar, auch wenn der Bereich nicht von einem Festkörper gebildet ist.

[0016] Mit anderen Worten ist zumindest ein Schlitz im Anker so gebildet, dass er einen potenziellen Wirbelstromweg unterbricht. Der Schlitz kann ausschließlich mit Luft gefüllt sein, er kann ausschließlich mit einem elektrisch isolierenden Material gefüllt sein, er kann ausschließlich mit einem nichtmagnetischen Material gefüllt sein oder er kann mit einer beliebigen Kombination von zwei oder drei der vorher erwähnten Stoffe/Materialien gefüllt sein, wie zum Beispiel einer Kombination von Luft und elektrisch isolierendem Material, einer Kombination von Luft und nichtmagnetischem Material, einer Kombination von elektrisch isolierendem Material und nichtmagnetischem Material oder einer Kombination von Luft, elektrisch isolierendem Material und nichtmagnetischem Material. Das nichtmagnetische Material ist insbesondere auch elektrisch isolierend.

[0017] Durch teilweises oder ganzes Füllen des zumindest einem Schlitz mit einem elektrisch isolierenden Material und/oder einem nichtmagnetischen Material, kann die mechanische Stabilität und die hydraulischen Eigenschaften des Ankers verbessert werden.

[0018] Der Anker kann einstückig oder modular aufgebaut sein. Im Falle eines einstückigen Aufbaus kann der zumindest eine Schlitz während eines Gießverfahren bei der Formung des Ankers oder nachfolgend durch Schneiden oder Fräsen gebildet sein. Im Falle eines modularen Aufbaus kann der zumindest eine Schlitz zwischen einzelnen Modulen gebildet sein.

[0019] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der Anker aus zwei oder mehr Blechteilen gebildet, die durch das zumindest eine elektrisch isolierende Element im Wesentlichen voneinander isoliert sind.

[0020] In diesem Ausführungsbeispiel besteht der Anker aus mehreren Blechteilen, zum Beispiel Eisenschichten, die von dem zumindest einen elektrisch isolierenden Element ganz oder teilweise voneinander getrennt sind, so dass möglichst viele potenzielle Wirbelstromwege unterbrochen sind. Das zumindest eine elektrisch isolierende Element kann insbesondere aus einer dünnen Schicht oder Folie von isolierendem Material bestehen.

[0021] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung erstreckt sich das zumindest eine elektrisch isolierende Element radial relativ zur Bewegungsachse des Ankers.

[0022] Mit anderen Worten bildet das zumindest eine elektrisch isolierende Element eine Fläche, die sich von der Bewegungsachse oder von einem Bereich in der Nähe der Bewegungsachse radial nach außen erstreckt. Beispielsweise erstrecken sich die mit Luft oder einem elektrisch isolierenden festen Material gefüllten Schlitz radial zur Bewegungsachse hin von außen in den Anker hinein. In axialer Richtung erstrecken sich die Schlitz vorzugsweise über die gesamte Länge des Ankers.

[0023] Bevorzugte Ausführungsformen weisen eine, zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht oder noch mehr solche isolierenden Flächen auf.

[0024] Gemäß der Erfindung ist der Permanentmagnet neben der Spule und radial nach außen relativ zur Bewegungsachse des Ankers angebracht. Anders ausgedrückt ist der Permanentmagnet der Spule radial nach außen nachfolgend angeordnet. Insbesondere umschließt er in Draufsicht entlang der Bewegungsachse die Spule lateral.

[0025] Mit anderen Worten ist der Permanentmagnet an der Außenseite der Spule angebracht, wenn diese in Richtung der Bewegungsachse des Ankers betrachtet wird. In dieser Konfiguration weist der Permanentmagnet vorzugsweise eine axiale Magnetisierung auf, um ein Magnetfeld zu bilden, das die Spulenwicklungen umschließt und eine auf den Anker in Richtung des Polstückes, das heißt parallel zu der Bewegungsachse des Ankers, wirkende Kraft bewirkt.

[0026] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel

der Erfindung weist der Kraftstoffinjektor ferner ein Spulengehäuse auf, das den Permanentmagneten enthält. Das Spulengehäuse mit dem Permanentmagneten umschließt zumindest den Teil der Spule, der nicht in Richtung der Bewegungsachse zeigt bzw. nach innen liegt.

[0027] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist das Polstück und/oder das Spulengehäuse zumindest ein elektrisch isolierendes Element auf, das zum Reduzieren von Wirbelströmen im Polstück bzw. Spulengehäuse gestaltet ist.

[0028] Das zumindest eine elektrisch isolierende Element im Polstück und/oder Spulengehäuse kann im Allgemeinen in ähnlicher Art und Weise, wie das oben beschriebene elektrisch isolierende Element im Anker, gebildet sein. Mit anderen Worten kann das Polstück und/oder das Spulengehäuse modular, einstückig oder geblecht aufgebaut sein und das zumindest eine elektrisch isolierende Element kann als ein Schlitz oder eine Schicht von isolierendem Material gebildet sein.

[0029] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung weist der Anker und/oder das Polstück und/oder das Spulengehäuse ein Material auf, das wenige Wirbelströme erzeugt. Das Material kann ein weichmagnetisches Kompositmaterial sein, das beispielsweise aus Eisenpartikeln gebildet ist, die mit einer anorganischen Isolierung umhüllt sind. Dem Fachmann sind derartige Materialien beispielsweise unter der Marke "Somaloy" bekannt.

[0030] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zum Ermitteln einer Position eines beweglichen Ankers in einem Kraftstoffinjektor für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges beschrieben. Der Kraftstoffinjektor weist eine Spule auf. Der Anker weist zumindest ein elektrisch isolierendes Element auf, das zum Reduzieren von Wirbelströmen gestaltet ist. Der Kraftstoffinjektor weist einen Permanentmagneten auf, der so angebracht ist, dass er ein Magnetfeld erzeugt, das eine auf den Anker in Richtung eines Polstückes wirkende Kraft bewirkt.

[0031] Das Verfahren weist - ggf. zusätzlich zu weiteren optionalen Schritten - folgende Schritte auf:

- Erfassen des zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung über und/oder der elektrischen Stromstärke durch die Spule,
- Analysieren des erfassten zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung und/oder des erfassten zeitlichen Verlaufs der Stromstärke, um eine induzierte Spannung und/oder einen induzierten Strom zu identifizieren, die aufgrund der Ankerbewegung und des von dem Permanentmagneten erzeugten Magnetfeldes in der Spule induziert werden, und
- Bestimmen der Ankerposition basierend auf der induzierten Spannung und/oder dem induzierten Strom.

[0032] Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung weist das Verfahren zusätzlich die folgenden Schritte auf:

- 5 - Bestromen der Spule mit einem Betriebsstrom, um den Anker zur Einspritzung von Kraftstoff von einer Schließstellung zum Polstück hin in eine Öffnungsstellung zu bewegen und insbesondere in der Öffnungsstellung zu halten,
- 10 - Abschalten des Betriebsstroms um einen Schließvorgang einzuleiten, während dem sich der Anker von der Öffnungsstellung zurück in die Schließstellung bewegt,
- 15 **[0033]** Das Erfassen des zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung über und/oder der elektrischen Stromstärke durch die Spule kann während einer Ansteuerung des Kraftstoffinjektors erfolgen. Die Ansteuerung des Kraftstoffinjektors ist dabei insbesondere das Bestromen der Spule mit dem Betriebsstrom, um den Anker zur Einspritzung von Kraftstoff von einer Schließstellung zum Polstück hin in eine Öffnungsstellung zu bewegen und den Anker ggf. in der Öffnungsstellung zu halten.
- 20 **[0034]** Alternativ oder zusätzlich kann das Erfassen des zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung über und/oder der elektrischen Stromstärke durch die Spule während des Schließvorgangs - d.h. nach dem Abschalten des Betriebsstroms durch die Spule - erfolgen.
- 25 **[0035]** Bei dem Verfahren werden insbesondere Anfang und Ende von Öffnungs- und Schließvorgängen des Kraftstoffinjektors bestimmt. Insbesondere für die Erfassung der Induktionsspannung bzw. des induzierten Stroms der Spule während des Schließvorgangs ist die Kombination des - mit dem elektrisch isolierenden Element versehenen - Ankers mit dem Permanentmagneten vorteilhaft um trotz der unterdrückten Wirbelströme überhaupt ein für die Positionsbestimmung zufriedenstellendes Induktionssignal zu erhalten.
- 30 **[0036]** Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird eine Motorsteuerung für ein Fahrzeug beschrieben, die zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem zweiten Aspekt eingerichtet ist.
- 35 **[0037]** Diese Motorsteuerung ermöglicht eine effiziente und flexible Ansteuerung des Kraftstoffinjektors, wobei Energie bei der Ansteuerung eingespart werden kann und die Einspritzmengen gleichzeitig sehr präzise eingestellt werden können.
- 40 **[0038]** Die Motorsteuerung kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d.h. einer Software, als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektrischer Schaltungen, d.h. in Hardware oder in beliebig hybrider Form, d.h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden.
- 45 **[0039]** Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf unterschiedliche Erfindungsgegenstände beschrieben wurden. Insbesondere sind einige Ausführungsformen der Erfindung mit

Verfahrensansprüchen und andere Ausführungsformen der Erfindung mit Vorrichtungsansprüchen beschrieben. Dem Fachmann wird jedoch bei der Lektüre dieser Anmeldung sofort klar werden, dass, sofern nicht explizit anders angegeben, zusätzlich zu einer Kombination von Merkmalen, die zu einem Typ von Erfindungsgegenstand gehören, auch eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist, die zu unterschiedlichen Typen von Erfindungsgegenständen gehören.

[0040] Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden beispielhaften Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform.

Figur 1 zeigt einen Kraftstoffinjektor gemäß dem Stand der Technik.

Figur 2 zeigt einen Kraftstoffinjektor gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

Figur 3 zeigt einen Kraftstoffinjektor gemäß einer nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform.

Figuren 4A und 4B zeigen Ausführungen eines Ankers für einen Kraftstoffinjektor gemäß Ausführungsformen der Erfindung.

Figur 5 zeigt eine grafische Darstellung der zeitlichen Verläufe von Spulenspannung und Ankerposition bei Ansteuerung eines Kraftstoffinjektors gemäß der Erfindung.

[0041] Es wird darauf hingewiesen, dass die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen lediglich eine beschränkte Auswahl an möglichen Ausführungsvarianten der Erfindung darstellt. Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. In manchen Figuren können einzelne Bezugszeichen zur Verbesserung der Übersichtlichkeit weggelassen sein. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

[0042] Die Figur 1 zeigt einen Kraftstoffinjektor 1 gemäß dem Stand der Technik. Der bekannte Kraftstoffinjektor 1 mit Leerhub weist, wie eingangs beschrieben, ein Polstück 2, einen beweglichen Anker 3, eine Spule 4, eine Düsenadel 5, eine Feder 6 und ein Spulengehäuse 7 auf. Um Wiederholungen zu vermeiden, wird der bekannte Kraftstoffinjektor 1 an dieser Stelle nicht weiter beschrieben.

[0043] Die Figur 2 zeigt einen Kraftstoffinjektor 200 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Der Kraftstoffinjektor 200 ist grundsätzlich in der gleichen Art und Weise wie der bekannten Kraftstoffinjektor 1 in Figur 1 aufgebaut, unterscheidet sich aber, wie es unten weiter

erläutert wird, in mindestens zwei Aspekten von diesem.

[0044] Der Kraftstoffinjektor 200 mit Leerhub weist spezifischer ein Polstück 202, einen entlang Bewegungsachse 205 beweglichen Anker 204, eine Spule 206, einen Permanentmagneten 208, ein Spulengehäuse 210, eine Düsenadel 212 und eine Feder 214 auf. Der Permanentmagnet 208 ist an der Außenseite der Spule 206 im Spulengehäuse 210 angebracht und in einer Richtung magnetisiert, die parallel zu der Bewegungsachse 205 des Ankers 204 ist, so dass ein von der gestrichelten Linie 216 gekennzeichnetes Magnetfeld permanent vorhanden ist. Das Magnetfeld 216 stellt eine Kraft auf den Anker 204 bereit, die in Richtung des Polstückes 202 wirkt, das heißt parallel zu der Bewegungsachse 205. Dies stellt einen ersten Unterschied zum bekannten Kraftstoffinjektor 1 in der Figur 1 dar. Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass der Anker 204 zumindest ein elektrisch isolierendes Element aufweist, um Wirbelströme im Anker 204 zu reduzieren. Das zumindest eine elektrisch isolierende Element ist in der Figur 2 nicht gezeigt, wird aber unten in Verbindung mit den Figuren 4A und 4B beschrieben. Des Weiteren kann der Anker aus einem speziellen Material aufgebaut sein, zum Beispiel aus einem weichmagnetischen Kompositmaterial wie Somaloy®, das wenige Wirbelströme erzeugt.

[0045] Die Reduktion der Wirbelströme führt aufgrund der entsprechend reduzierten Verluste zu einer verbesserten Energieeffizienz, so dass die notwendige Magnetkraft bei geringerer Stromstärke in der Spule 206 erreicht werden kann. Folglich kann der Öffnungsvorgang auch entsprechend schneller abgeschlossen werden. Letzteres wird zusätzlich von dem permanent vorhandenen Magnetfeld 216 unterstützt, da dieses ein Kraftoffset bereitstellt. Falls eine Erhöhung der Schließgeschwindigkeit erwünscht ist, kann die Federkraft der Feder 214 gegenüber der Feder 6 im bekannten Kraftstoffinjektor 1 erhöht werden. Des Weiteren führt das permanent vorhandene Magnetfeld 216 dazu, dass eine Spannung in der Spule 206 induziert wird, wenn Anker 204 und/oder Nadel 212 sich bewegen. Durch Auswertung dieser induzierten Spannung oder des entsprechenden Stromes kann der Zustand des Kraftstoffinjektors 200 in Bezug auf Öffnungs- und Schließvorgang detektiert werden, das heißt, die Position des Ankers 204 kann ermittelt werden. Insbesondere der Öffnungsvorgang lässt sich am besten durch Auswertung des induzierten Stromes detektieren.

[0046] Die Figur 3 zeigt einen Kraftstoffinjektor 300 gemäß einer nicht zur Erfindung gehörenden Ausführungsform. Der Kraftstoffinjektor 300 unterscheidet sich von dem in der Figur 2 gezeigten und oben beschriebenen Kraftstoffinjektor 200 darin, dass der Permanentmagnet 308 nicht an der Außenseite sondern an der Oberseite der Spule 306 angebracht ist. Der Permanentmagnet 308 ist in einer Richtung magnetisiert, die senkrecht zu der Bewegungsachse 305 des Ankers 304 ist, so dass auch in dieser Ausführungsform ein von der gestrichelten Linie 316 gekennzeichnetes Magnetfeld permanent vorhan-

den ist. In einer weiteren, nicht gezeigten Ausführungsform ist der Permanentmagnet 308 auf der Unterseite der Spule 306 angebracht.

[0047] Die Figuren 4A und 4B zeigen Ausführungen eines Ankers 404a, 404b für einen Kraftstoffinjektor gemäß Ausführungsformen der Erfindung. Spezifischer weist der Anker 404a in der Figur 4A insgesamt acht elektrisch isolierende Elemente 420 auf, die sich relativ zu der Bewegungsachse 405 radial nach außen erstrecken und somit mögliche Wirbelstromwege im Anker 405 effektiv unterbrechen. Die elektrisch isolierende Elemente 420 sind in der Figur 4A als Schlitz im Anker 404a gezeigt, können aber gleichwohl als isolierende Schichten ausgebildet sein. Der Anker kann dabei modular oder geblecht aufgebaut sein. Es können weniger oder mehr als acht Elemente 420 vorgesehen sein. Die Schlitz 420 können leer sein, das heißt mit Luft gefüllt, oder sie können, wie es in der Figur 4B gezeigt ist, ganz oder teilweise mit einem isolierenden und/oder nichtmagnetischen Material 422, zum Beispiel Kunststoff, gefüllt sein, zum Beispiel um die hydraulischen Eigenschaften des Ankers 404b zu beeinflussen. Der Anker 404a als 404b kann aus einem Material (zum Beispiel einem weichmagnetischen Kompositmaterial wie Somaloy®) hergestellt sein, das die Eigenschaft aufweist, wenige Wirbelströme zu erzeugen.

[0048] In den oben mit Bezug auf die Figuren 2 und 3 beschriebenen Kraftstoffinjektoren 200 und 300 können des Weiteren elektrisch isolierende Elemente im Polstück 202, 302 vorgesehen sein, um Wirbelströme auch im Polstück 202, 302 zu reduzieren und somit die Effizienz und Dynamik weiter zu verbessern. Des Weiteren können auch elektrisch isolierende Elemente im Spulengehäuse 210, 310 vorgesehen sein, um Wirbelströme im Spulengehäuse 210, 310 zu reduzieren und somit die Effizienz und Dynamik noch weiter zu verbessern. Solche isolierende Elemente können zum Beispiel in gleicher Art und Weise wie die oben mit Bezug auf die Figuren 4A und 4B beschriebenen Elementen 420 aufgebaut sein. Des Weiteren können auch das Polstück 202, 302 und das Spulengehäuse 210, 310 ein wirbelstromreduzierendes Material aufweisen, wie zum Beispiel Somaloy®.

[0049] Die Figur 5 zeigt eine grafische Darstellung 500 der zeitlichen Verläufe der in der Spule 206, 306 induzierten Spannung 502 und der Ankerposition 504 bei während eines Einspritzvorgangs eines Kraftstoffinjektors gemäß der Erfindung, zum Beispiel des Kraftstoffinjektors 200 oder 300. Die Ansteuerung wird mit einem Spannungspuls (Boostspannung) eingeleitet, der schnell einen Betriebsstrom durch die Spule 206, 306 aufbaut, welcher die Spule 206, 306 magnetisiert, so dass der Anker 204, 304 aus einer Schließstellung in Richtung des Polstücks 202, 302 zu einer Öffnungsstellung hin bewegt wird. Nach Überwinden des Leerhubs wird die Düsenadel 212, 312 vom Anker 204, 304 mitgenommen und ebenfalls in Richtung des Polstücks 202, 302 bewegt. Nach Erreichen der Öffnungsstellung - im

vorliegenden Ausführungsbeispiel bei ca. $t=0,25\text{ms}$ - wird der Anker 204, 306 durch eine gegenüber der Boostspannung reduzierte Haltespannung im Anschlag mit dem Polstück 202, 302 gehalten. In diesem Zustand sinkt die in Spule 206, 306 induzierte Spannung ab und verschwindet, wenn sich weder der Betriebsstrom ändert noch der Anker 204, 304 bewegt.

[0050] Der Schließvorgang wird beispielsweise durch Abschalten der Haltespannung eingeleitet - im vorliegenden Ausführungsbeispiel zum Zeitpunkt $t=0,5\text{ms}$ -. Der dadurch bedingte Abbau des elektromagnetischen Feldes erzeugt beispielsweise den in Fig. 5 zwischen $t=0,5\text{ms}$ und $t=0,6\text{ms}$ sichtbaren rechteckförmigen Verlauf der Induktionsspannung in der Spule 206, 306. Nach zumindest teilweise Abbau des elektromagnetischen Feldes bewegen sich der Anker und die Düsenadel bewegen sich - vorliegend ab $t=0,6\text{ms}$ - getrieben von der Federkraft der Feder 214, 314 wieder weg vom Polstück 202, 302. Aufgrund dieser Bewegung und des Permanentmagneten wird trotz der mittels der Schlitz 420 im Anker 204, 304 stark reduzierten Wirbelströme eine im Kurvenabschnitt 506 deutlich erkennbare Spannung induziert, die zum Detektieren vom Anfang und Ende der Schließbewegung in an sich bekannter Art und Weise verwendet werden kann. Obwohl dies in der Figur 5 nicht deutlich erkennbar ist, wird eine erfassbare Spannung und entsprechender Strom auch während der Öffnungsbewegung induziert, so dass auch der Anfang und das Ende dieser Bewegung detektiert werden können, am besten durch Auswertung des Stromes.

[0051] Insgesamt stellt die vorliegende Erfindung einen verbesserten Kraftstoffinjektor bereit, der gegenüber bekannten Kraftstoffinjektoren eine verbesserte Energieeffizienz sowie verbesserte Eigenschaften in Bezug auf Bewegungsdetektion aufweist.

Patentansprüche

1. Kraftstoffinjektor (200; 300) für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, der Kraftstoffinjektor (200; 300) aufweisend

- ein Polstück (202; 302),
- einen entlang einer Bewegungsachse beweglichen Anker (204; 304; 404a; 404b),
- eine Spule (206; 306) und
- einen Permanentmagneten (208; 308), **dadurch gekennzeichnet dass** der bewegliche Anker (204; 304; 404a; 404b) zumindest ein elektrisch isolierendes Element aufweist, das zum Reduzieren von Wirbelströmen im Anker (204; 304; 404a; 404b) gestaltet ist, und wobei der Permanentmagnet (208; 308) so angebracht ist, dass er ein Magnetfeld (316) erzeugt, das eine auf den Anker in Richtung des Polstückes (202; 302) wirkende Kraft bewirkt,

- wobei der Permanentmagnet (208; 308) relativ zur Bewegungsachse des Ankers (204; 304; 404a; 404b) radial nach außen der Spule (206; 306) nachfolgend angebracht und in einer Richtung parallel zur Bewegungsachse des Ankers (204; 304; 404a; 404b) magnetisiert ist.
2. Kraftstoffinjektor (200; 300) gemäß Anspruch 1, wobei das zumindest eine elektrisch isolierende Element einen mit Luft und/oder mit einem elektrisch isolierenden Material und/oder mit einem nichtmagnetischen Material gefüllten Schlitz (420) aufweist.
 3. Kraftstoffinjektor (200; 300) gemäß Anspruch 1, wobei der Anker (204; 304; 404a; 404b) aus zwei oder mehr Blechteilen gebildet ist, die durch das zumindest eine elektrisch isolierende Element im Wesentlichen voneinander isoliert sind.
 4. Kraftstoffinjektor (200; 300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zumindest eine elektrisch isolierende Element sich relativ zur Bewegungsachse des Ankers (204; 304; 404a; 404b) radial erstreckt.
 5. Kraftstoffinjektor (200; 300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend ein Spulengehäuse (210; 310), das den Permanentmagneten (208; 308) enthält.
 6. Kraftstoffinjektor (200; 300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Polstück (202; 302) und/oder das Spulengehäuse (210; 310) zumindest ein elektrisch isolierendes Element aufweist, das zum Reduzieren von Wirbelströmen im Polstück (202; 302) bzw. Spulengehäuse (210; 310) gestaltet ist.
 7. Kraftstoffinjektor (200; 300) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Anker (204; 304; 404a; 404b) und/oder das Polstück (202; 302) und/oder das Spulengehäuse (210; 310) ein Material aufweist, das wenige Wirbelströme erzeugt.
 8. Verfahren zum Ermitteln einer Position (504) eines beweglichen Ankers (204; 304; 404a; 404b) in einem Kraftstoffinjektor (200; 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:
 - Erfassen des zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung über und/oder der elektrischen Stromstärke durch die Spule (206; 306),
 - Analysieren des erfassten zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung und/oder des erfassten zeitlichen Verlaufs der Stromstärke, um eine induzierte Spannung (502) und/oder einen induzierten Strom zu identifizieren, die insbesondere aufgrund der Ankerbewegung und des von dem Permanentmagneten (208; 308) erzeugten Magnetfeldes (216; 316) in der Spule (206; 306) induziert werden, und
 - Bestimmen der Ankerposition basierend auf der induzierten Spannung (502) und/oder dem induzierten Strom.
9. Verfahren gemäß Anspruch 8, mit den weiteren Schritten:
- Bestromen der Spule (206; 306) mit einem Betriebsstrom, um den Anker (204; 304; 404a; 404b) zur Einspritzung von Kraftstoff von einer Schließstellung zum Polstück (202; 302) hin in eine Öffnungsstellung zu bewegen,
 - Abschalten des Betriebsstroms um einen Schließvorgang einzuleiten, während dem sich der Anker (204; 304; 404a, 404b) von der Öffnungsstellung zurück in die Schließstellung bewegt, wobei das Erfassen des zeitlichen Verlaufs der elektrischen Spannung über und/oder der elektrischen Stromstärke durch die Spule (206; 306) während des Schließvorgangs erfolgt.
10. Motorsteuerung für ein Fahrzeug, die zur Durchführung eines Verfahrens gemäß Anspruch 8 oder 9 eingerichtet ist.

Claims

1. Fuel injector (200; 300) for an internal combustion engine of a motor vehicle, the fuel injector (200; 300) having
 - a pole piece (202; 302),
 - an armature (204; 304; 404a; 404b) which can be moved along a movement axis,
 - a coil (206; 306) and
 - a permanent magnet (208; 308), **characterized in that** the movable armature (204; 304; 404a; 404b) has at least one electrically insulating element which is designed to reduce eddy currents in the armature (204; 304; 404a; 404b), and wherein the permanent magnet (208; 308) is fitted such that it generates a magnetic field (316) which produces a force which acts on the armature in the direction of the pole piece (202; 302),

wherein the permanent magnet (208; 308) is subsequently fitted radially toward the outside of the coil (206; 306) relative to the movement axis of the armature (204; 304; 404a; 404b) and is magnetized in a direction which is parallel to the movement axis of

the armature (204; 304; 404a; 404b).

2. Fuel injector (200; 300) according to Claim 1, wherein the at least one electrically insulating element has a slot (420) which is filled with air and/or with an electrically insulating material and/or with a non-magnetic material. 5
3. Fuel injector (200; 300) according to Claim 1, wherein the armature (204; 304; 404a; 404b) is formed from two or more sheet metal parts which are substantially insulated from one another by the at least one electrically insulating element. 10
4. Fuel injector (200; 300) according to one of the preceding claims, wherein the at least one electrically insulating element extends radially relative to the movement axis of the armature (204; 304; 404a; 404b). 15
5. Fuel injector (200; 300) according to one of the preceding claims, further having a coil housing (210; 310) which contains the permanent magnet (208; 308). 20
6. Fuel injector (200; 300) according to one of the preceding claims, wherein the pole piece (202; 302) and/or the coil housing (210; 310) have/has at least one electrically insulating element which is designed to reduce eddy currents in the pole piece (202; 302) or coil housing (210; 310). 30
7. Fuel injector (200; 300) according to one of the preceding claims, wherein the armature (204; 304; 404a; 404b) and/or the pole piece (202; 302) and/or the coil housing (210; 310) comprise/comprises a material which generates few eddy currents. 35
8. Method for ascertaining a position (504) of a movable armature (204; 304; 404a; 404b) in a fuel injector (200; 300) according to one of Claims 1 to 7 for an internal combustion engine of a motor vehicle, wherein the method comprises the following steps: 40
 - detecting the time profile of the electrical voltage across and/or the electric current intensity through the coil (206; 306), 45
 - analysing the detected time profile of the electrical voltage and/or of the detected time profile of the current intensity in order to identify an induced voltage (502) and/or an induced current which are/is induced, in particular, on account of the armature movement and the magnetic field (216; 316), which is generated by the permanent magnet (208; 308), in the coil (206, 306), and 50
 - determining the armature position based on the induced voltage (502) and/or the induced 55

current.

9. Method according to Claim 8, comprising the further steps of:
 - supplying an operating current to the coil (206; 306) in order to move the armature (204; 304; 404a; 404b) from a closed position, in the direction of the pole piece (202; 302), to an open position for the purpose of injecting fuel,
 - disconnecting the operating current in order to initiate a closing process during which the armature (204; 304; 404a, 404b) returns from the open position to the closed position, wherein the time profile of the electrical voltage across and/or the electric current intensity through the coil (206; 306) is detected during the closing process.
10. Engine controller for a vehicle, which engine controller is designed to carry out a method according to Claim 8 or 9. 20

25 Revendications

1. Injecteur de carburant (200 ; 300) destiné à un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, l'injecteur de carburant (200 ; 300) comportant
 - une pièce polaire (202 ; 302),
 - un induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b) mobile le long d'un axe de déplacement,
 - une bobine (206 ; 306) et
 - un aimant permanent (208 ; 308), **caractérisé en ce que** l'induit mobile (204 ; 304 ; 404a ; 404b) comporte au moins un élément électriquement isolant qui est conçu pour réduire les courants de Foucault dans l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b), et l'aimant permanent (208 ; 308) étant monté de manière à générer un champ magnétique (316) qui produit une force agissant sur l'induit en direction de la pièce polaire (202 ; 302), l'aimant permanent (208 ; 308) étant ensuite fixé par rapport à l'axe de déplacement de l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b) radialement vers l'extérieur de la bobine (206 ; 306) et étant magnétisé dans une direction parallèle à l'axe de déplacement de l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b). 30
2. Injecteur de carburant (200 ; 300) selon la revendication 1, l'au moins un élément électriquement isolant comportant une fente (420) remplie d'air et/ou d'un matériau électriquement isolant et/ou d'un matériau non magnétique. 35
3. Injecteur de carburant (200 ; 300) selon la revendication 1, l'au moins un élément électriquement isolant comportant une fente (420) remplie d'air et/ou d'un matériau électriquement isolant et/ou d'un matériau non magnétique. 40

- cation 1, l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b) étant formé de deux pièces en tôle ou plus qui sont sensiblement isolées l'une de l'autre par l'au moins un élément électriquement isolant.
4. Injecteur de carburant (200 ; 300) selon l'une des revendications précédentes, l'au moins un élément électriquement isolant s'étendant radialement par rapport à l'axe de déplacement de l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b). 5
5. Injecteur de carburant (200 ; 300) selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre un boîtier de bobine (210 ; 310) qui contient l'aimant permanent (208 ; 308). 10
6. Injecteur de carburant (200 ; 300) selon l'une des revendications précédentes, la pièce polaire (202 ; 302) et/ou le boîtier de bobine (210 ; 310) comportant au moins un élément électriquement isolant qui est conçu pour réduire les courants de Foucault dans la pièce polaire (202 ; 302) ou le boîtier de bobine (210 ; 310). 20
7. Injecteur de carburant (200 ; 300) selon l'une des revendications précédentes, l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b) et/ou la pièce polaire (202 ; 302) et/ou le boîtier de bobine (210 ; 310) comprenant un matériau qui génère peu de courants de Foucault. 25
8. Procédé de détermination d'une position (504) d'un induit mobile (204 ; 304 ; 404a ; 404b) dans un injecteur de carburant (200 ; 300) selon l'une des revendications 1 à 7 destiné à un moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, le procédé comprenant les étapes suivantes : 30
- détecter la variation dans le temps de la tension électrique aux bornes de la bobine (206 ; 306) et/ou de l'intensité du courant électrique à travers celle-ci, 40
 - analyser la variation dans le temps détectée de la tension électrique et/ou la variation dans le temps détectée de l'intensité du courant afin d'identifier une tension induite (502) et/ou un courant induit qui sont induits dans la bobine (206, 306) notamment en raison du déplacement de l'induit et du champ magnétique (216 ; 316) généré par l'aimant permanent (208 ; 308), et 45
 - déterminer la position de l'induit sur la base de la tension induite (502) et/ou du courant induit. 50
9. Procédé selon la revendication 8, comprenant les étapes supplémentaires suivantes : 55
- alimenter la bobine (206 ; 306) avec un courant de fonctionnement pour déplacer l'induit (204 ; 304 ; 404a ; 404b) d'une position fermée en direction de la pièce polaire (202 ; 302) vers une position ouverte afin d'injecter du carburant, - couper le courant de fonctionnement pour amorcer un processus de fermeture au cours duquel l'induit (204 ; 304 ; 404a, 404b) retourne de la position ouverte à la position fermée, la détection de la variation dans le temps de la tension électrique aux bornes de la bobine (206 ; 306) et/ou de l'intensité du courant électrique à travers celle-ci étant effectuée pendant le processus de fermeture.
10. Commande de moteur d'un véhicule, laquelle commande est conçue pour exécuter un procédé selon la revendication 8 ou 9.

FIG 1
Stand der Technik

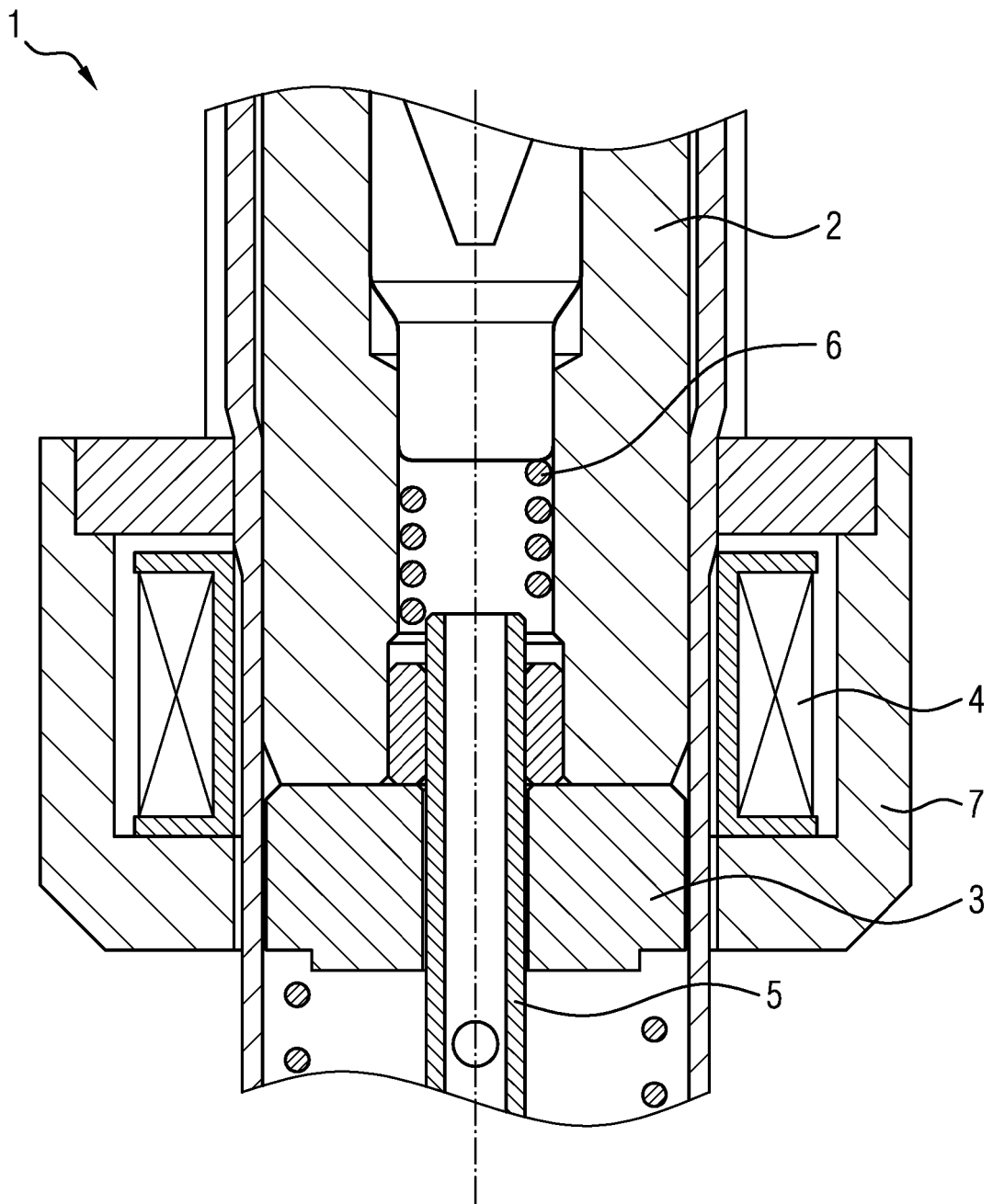


FIG 2

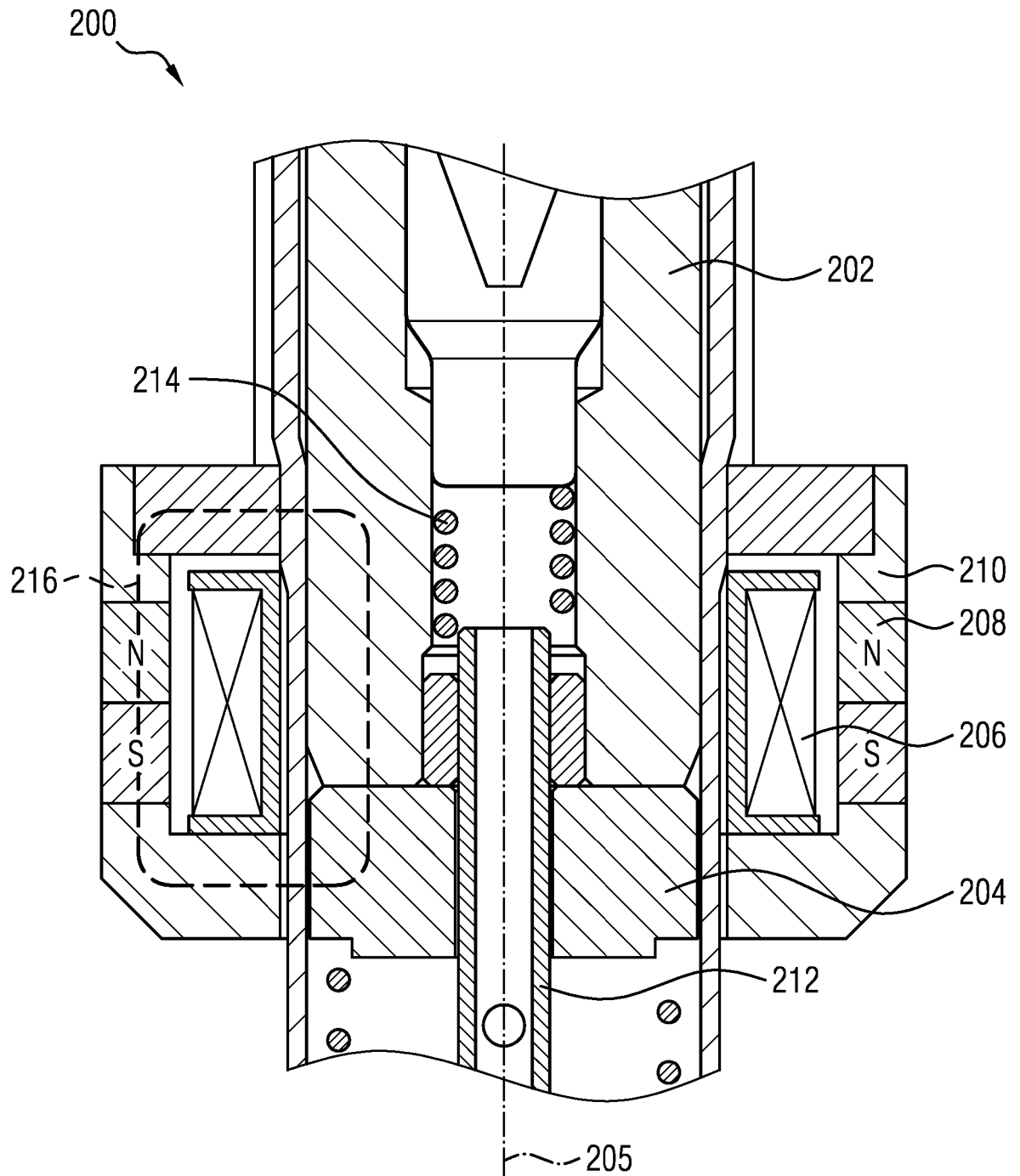


FIG 3

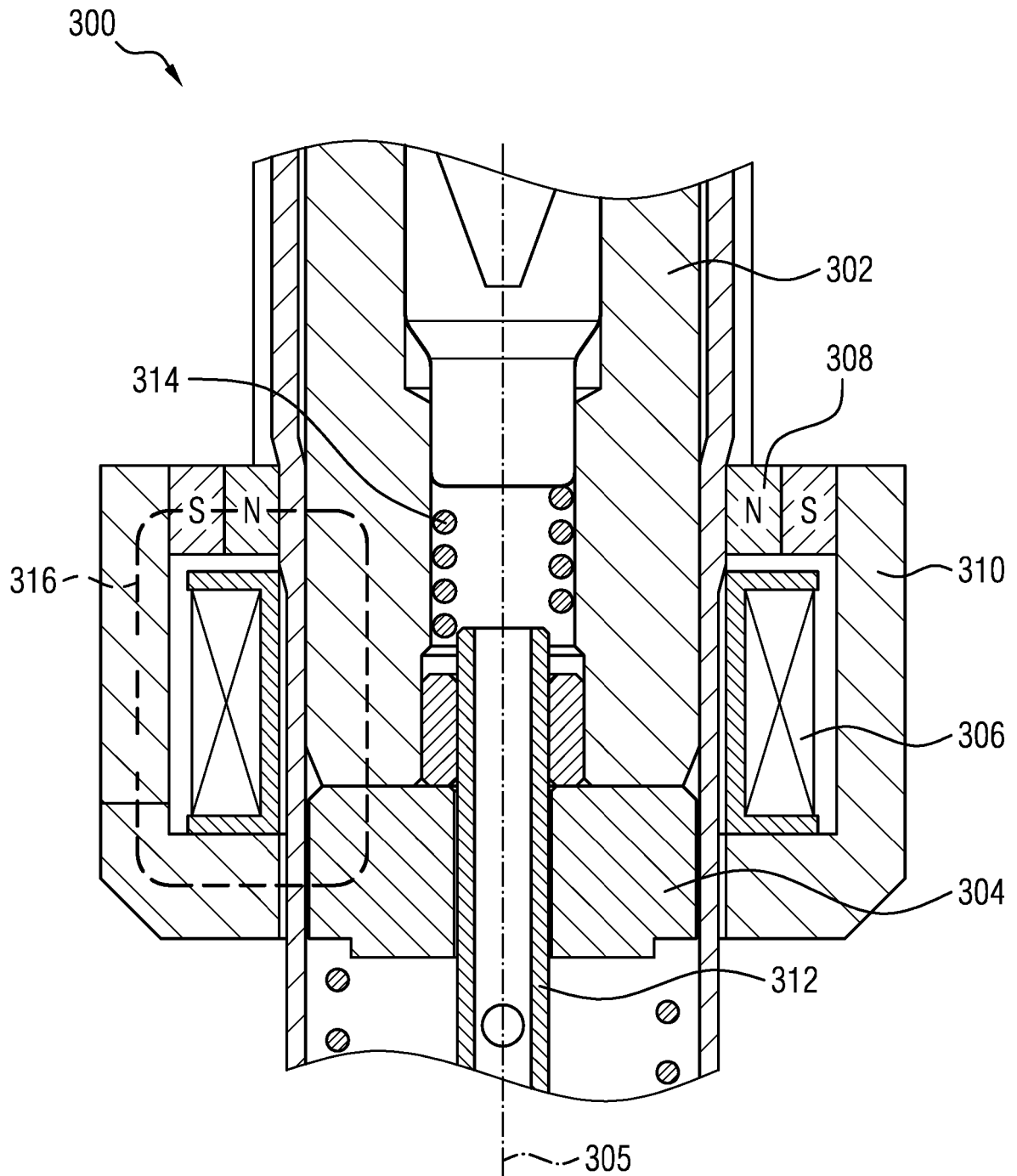


FIG 4A

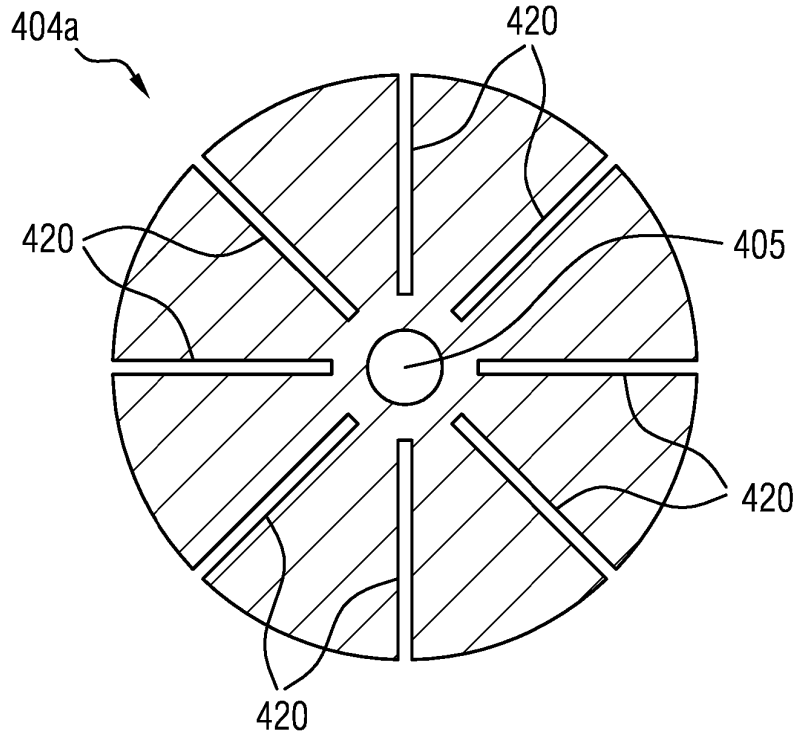


FIG 4B

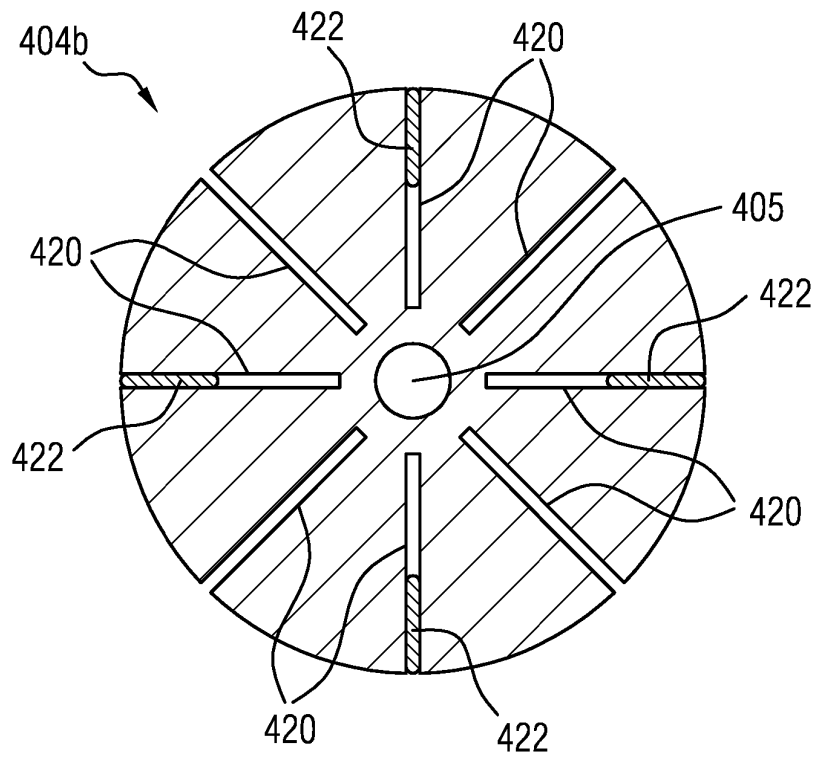
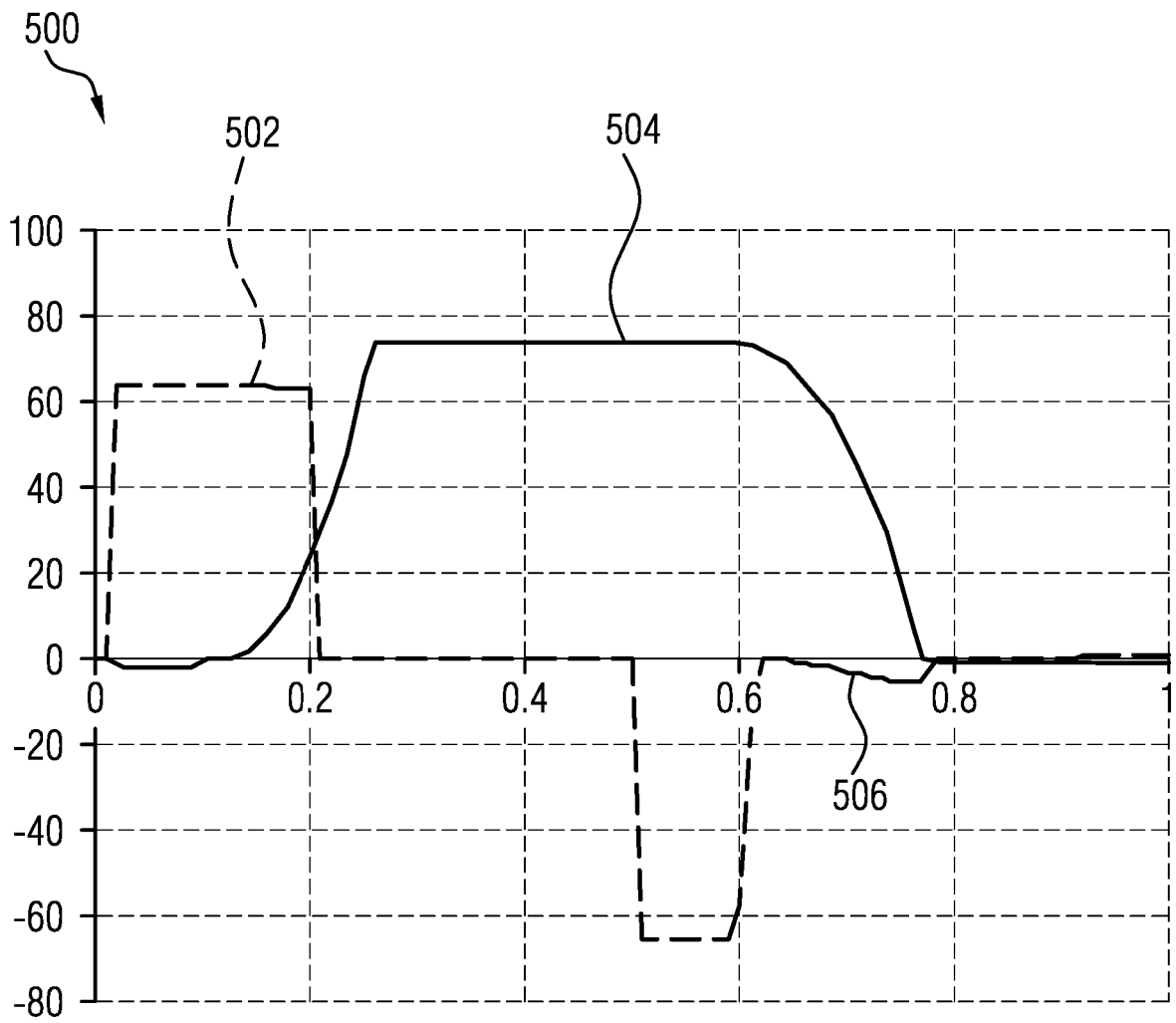


FIG 5



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 3843138 A1 [0004]
- EP 2455603 A1 [0005]
- US 5127585 A [0006]
- DE 102008001822 A1 [0009]