(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
13. Juli 2017 (13.07.2017)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/118562 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02M 59/36 (2006.01) *F02M 63/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/081682

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. Dezember 2016 (19.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 200 016.0
5. Januar 2016 (05.01.2016) DE

(71) Anmelder: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **MÜHLBAUER, Andreas**; Am Steig 6, 93170 Bernhardswald (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,

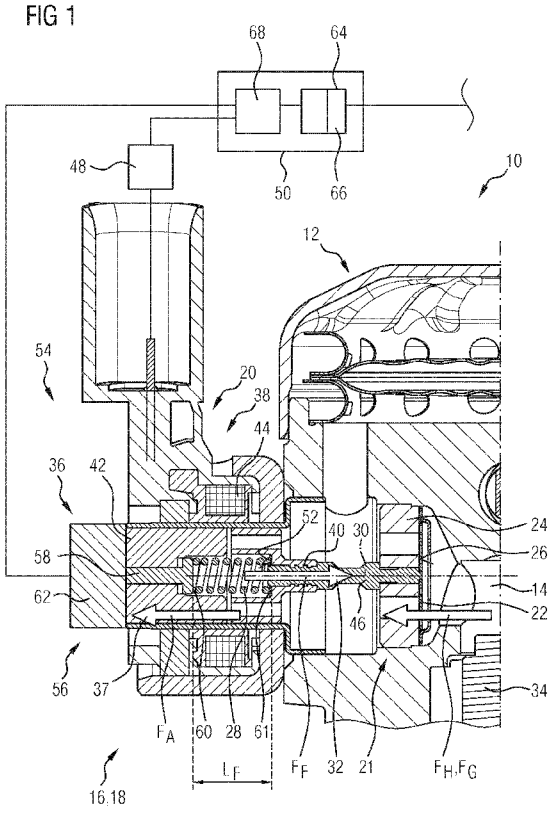
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2017/118562 A1

(54) **Title**: SWITCHING VALVE FOR A FUEL INJECTION SYSTEM, HIGH-PRESSURE FUEL PUMP FOR A FUEL INJECTION SYSTEM, AND CONTROL METHOD FOR CONTROLLING A SWITCHING VALVE IN A HIGH-PRESSURE FUEL PUMP

(54) **Bezeichnung** : SCHALTVENTIL FÜR EIN KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEM, KRAFTSTOFFHOCHDRUCKPUMPE FÜR EIN KRAFTSTOFFEINSPRITZSYSTEM SOWIE ANSTEUERVERFAHREN ZUM ANSTEUERN EINES SCHALTVENTILS IN EINER KRAFTSTOFFHOCHDRUCKPUMPE

FIG 1



(57) **Abstract**: The invention relates to a switching valve (16) for a fuel injection system (10) having a closing element (22) prestressed by a spring (28), wherein the spring force (F_F) of the spring (28) is reversibly variable by means of an adjusting device (54). The invention further relates to a high-pressure fuel pump (12) having such a switching valve (16), and to a control method, by way of which said switching valve (16) can be controlled.

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft ein Schaltventil (16) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10), das ein von einer Feder (28) vorgespanntes Schließelement (22) aufweist, wobei über eine Verstelleinrichtung (54) die Federkraft (F_F) der Feder (28) reversibel veränderlich ist. Weiter betrifft die Erfindung eine Kraftstoffhochdruckpumpe (12), die ein solches Schaltventil (16) aufweist sowie ein Ansteuerverfahren, mit dem dieses Schaltventil (16) angesteuert werden kann.

IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Beschreibung

Schaltventil für ein Kraftstoffeinspritzsystem, Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem sowie Ansteuerverfahren zum Ansteuern eines Schaltventils in einer Kraftstoffhochdruckpumpe.

Die Erfindung betrifft ein Schaltventil für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine, eine Kraftstoffhochdruckpumpe für ein solches Kraftstoffeinspritzsystem, die insbesondere ein entsprechendes Schaltventil aufweist, sowie ein Ansteuerverfahren zum Ansteuern eines solchen Schaltventils, das in einer Kraftstoffhochdruckpumpe angeordnet ist.

In Kraftstoffeinspritzsystemen wird der Kraftstoff zumeist auf einen hohen Druck verdichtet, beispielsweise auf einen Druck zwischen 1500 bar und 3000 bar bei Diesel als Kraftstoff bzw. einen Druck zwischen 150 bar und 500 bar bei Benzin als Kraftstoff, um dadurch Anforderungen beispielsweise an gesetzlich vorgegebene Emissionswerte erfüllen zu können. Der mit einem solchen Druck beaufschlagte Kraftstoff wird dann über Injektoren in Brennkammern der Brennkraftmaschine eingespritzt.

In dem Kraftstoffeinspritzsystem können an verschiedenen Positionen des Weges, den der Kraftstoff von einem Tank zu den Injektoren nimmt, Ventilanordnungen und insbesondere Schaltventile vorgesehen sein, zum Beispiel als Einlass- oder Auslassventile eines Druckraums, in dem der Kraftstoff mit dem oben genannten hohen Druck beaufschlagt wird. Es ist auch möglich, solche Schaltventile als Entlastungsventile an verschiedenen Positionen des Kraftstoffeinspritzsystems, beispielsweise an einem Common-Rail, das den Injektoren vorgeschaltet ist, vorzusehen.

Derzeit auf dem Markt befindliche Schaltventile, die beispielsweise als Einlassventile bei Kraftstoffhochdruckpumpen verwendet werden, werden häufig über einen Aktuator, wie beispielsweise einen Hubmagneten, angesteuert, um den Durchfluss

durch die Kraftstoffhochdruckpumpe zu regeln. Beim Fall der Nullförderung wird das Medium, das heißt der Kraftstoff, in den Druckraum der Kraftstoffhochdruckpumpe durch die Abwärtsbewegung eines Kolbens eingesaugt. In der Komprimierungsphase wird das Schaltventil, das z. B. als Einlassventil ausgebildet ist, über eine Feder, beispielsweise eine Druckfeder, solange offen gehalten, bis der Kraftstoff aus einem Hochdruckbereich wieder in einen Niederdruckbereich des Kraftstoffeinspritzsystems gefördert werden kann. Dies bezeichnet man als Nullförderung. Die Auslegung der Feder erfolgt in Abhängigkeit der Durchflussmenge bei einem maximalen Drehzahlwert des Antriebsbereiches, der den Kolben in der Kraftstoffhochdruckpumpe antreibt. Dieser maximale Drehzahlwert wird in der Realität jedoch sehr selten erreicht. Dies führt dazu, dass auch bei niedrigeren abgerufenen Durchflüssen der Aktuator die auf maximale Bedingungen ausgelegte Federkraft der Feder überdrücken muss, um das Schaltventil zu schließen. Dies hat einen hohen Energieverbrauch zur Folge und resultiert zusätzlich in einer hohen Lärmemission, verursacht durch höhere Einschlagsimpulse in dem Aktuatorbereich.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Schaltventil für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird mit einem Schaltventil mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst.

Eine Kraftstoffhochdruckpumpe, die ein solches Schaltventil aufweist, sowie ein Ansteuerverfahren zum Ansteuern eines solchen Schaltventils, sind Gegenstand der nebengeordneten Ansprüche.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ein Schaltventil für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine weist einen Ventilbereich mit einem

Schließelement und mit einem Ventilsitz auf, die im Betrieb zum Schließen des Schaltventiles zusammenwirken. Weiter ist eine Feder mit einer entlang einer Federkraftwirkachse in eine Federkraftwirkrichtung wirkenden Federkraft zum Vorspannen des Schließelementes in eine Öffnungs- oder Schließposition sowie ein Aktuatorbereich zum Bewegen des Schließelementes in eine der Federkraftwirkrichtung entgegengesetzte Aktuatorkraftwirkrichtung vorgesehen. Zusätzlich umfasst das Schaltventil eine Verstelleinrichtung zum reversiblen Verändern der Federkraft der Feder.

Durch die Verstelleinrichtung kann die Federkraft der Feder zu jedem Betriebszeitpunkt des Schaltventiles aktiv eingestellt werden und somit auf einen in dem jeweiligen Zeitpunkt spezifischen Lastfall in dem Kraftstoffeinspritzsystem angepasst werden. Die Verstelleinrichtung eröffnet daher neue, flexiblere Möglichkeiten zur Ansteuerung des Aktuatorbereiches, welcher beispielsweise bei einem Einlassventil einer Kraftstoffhochdruckpumpe den Durchfluss der Kraftstoffhochdruckpumpe regelt. Durch die lastspezifische Adaption der Federkraft der Feder kann beispielsweise der Energieverbrauch des Aktuatorbereiches gesenkt werden. Wird beispielsweise der Aktuatorbereich zudem optimiert angesteuert, ergeben sich zudem positive Effekte beim Auftreffen von Bauteilen in dem Aktuatorbereich während des Schaltens des Schaltventils in Form eines reduzierten Impulses, sodass sich die Schallemissionen des Schaltventiles verringern lassen.

In vorteilhafter Ausgestaltung ist das Schließelement beispielsweise als plättchenförmiges Element ausgebildet, das mit einer Ventilplatte als Ventilsitz zusammenwirkt und sich bezüglich der Ventilplatte auf eine gegenüberliegenden Seite der Feder befindet.

Vorteilhaft spannt die Feder das Schließelement in die Öffnungsposition vor, sodass das Schaltventil nur dann über den Aktuatorbereich betätigt werden muss, wenn es geschlossen werden soll. Dies ist energetisch günstiger als ein bevorzugtes

Schaltventil, das aktiv öffnen muss, da bei dem Beispiel der oben beschriebenen Nullförderung das Schaltventil für einen längeren Zeitraum offen gehalten werden muss, als es geschlossen verbleibt.

Vorzugsweise weist die Feder eine sich entlang der Federkraftwirkachse erstreckende Federlänge auf, wobei die Verstelleinrichtung zum reversiblen Verändern der Federlänge ausgebildet ist.

Es ist physikalisch bekannt, dass, je größer die Federlänge einer Feder und somit ihr Federweg bei einer gleichbleibenden Federkonstante ist, desto kleiner ihre Federkraft ist. Wird nun die Federlänge beispielsweise verringert, verringert sich somit auch der ausführbare Federweg der Feder und die Federkraft steigt.

Vorzugsweise ist daher eine Staucheinrichtung zum Zusammenstauchen der Feder entlang der Federkraftwirkachse vorgesehen, wobei die Staucheinrichtung insbesondere von einem entlang der Federkraftwirkachse beweglichen Stauchkolben gebildet ist, an dem sich die Feder mit einem ersten Federende abstützt. Dadurch, dass sich die Feder an der Staucheinrichtung abstützen kann, können Bauteile zum Abstützen der Feder eingespart werden.

Vorzugsweise weist die Verstelleinrichtung eine Antriebseinheit zum Antreiben der Staucheinrichtung auf, wobei die Antriebseinheit einen elektromechanischen Stellantrieb und/oder einen elektromagnetischen Stellantrieb und/oder einen thermischen Stellantrieb umfasst und/oder durch eine hydraulische Übersetzung gebildet ist. Die Antriebseinheit ist dabei vorteilhaft über eine Steuereinrichtung steuerbar, sodass die Verstelleinrichtung gezielt abhängig von äußeren Faktoren in die gewünschte Position bringbar ist.

Vorteilhaft weist die Verstelleinrichtung eine Kraftermittlungseinrichtung zum Ermitteln einer auf das Schließelement entgegengesetzt zu der Federkraftwirkeinrichtung wirkenden Gegenkraft auf. Die Verstelleinrichtung ist zum Verändern der

Federkraft derart ausgebildet, dass die Federkraft im Betrieb des Schaltventils zu jedem Zeitpunkt größer ist als die ermittelte Gegenkraft.

Die Gegenkraft wirkt dabei von der gegenüberliegenden Seite auf das Schließelement als die Federkraft. Die Gegenkraft wird bei dem Beispiel der Kraftstoffhochdruckpumpe durch die hydraulische Kraft auf das Schließelement aufgebracht, die während der Ausschub-/ Komprimierungsphase der Kraftstoffhochdruckpumpe auf das Schließelement wirkt. Die Federkraft ist vorzugsweise im Falle der Kraftstoffhochdruckpumpe mindestens so groß, um das Schließelement in der Öffnungsposition zu halten, um eine Nullförderung zu ermöglichen. Aus diesem Grund ist die Federkraft im Betrieb vorteilhaft zu jedem Zeitpunkt größer als die ermittelte Gegenkraft.

Vorzugsweise weist die Kraftermittlungseinrichtung eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Drehzahl eines Pumpenantriebes einer Kraftstoffhochdruckpumpe des Kraftstoffeinspritzsystems und eine Berechnungseinrichtung zum Berechnen der Gegenkraft aus der ermittelten Drehzahl auf. Vorteilhaft weist die Berechnungseinrichtung dazu eine Umwandlungseinrichtung auf, die die ermittelte Drehzahl in einen Druckwert umwandeln kann, beispielsweise unter Hinzunahme eines hinterlegten Kennfeldes, wobei dann aus diesem Druckwert die entsprechende Gegenkraft berechnet werden kann.

Vorzugsweise ist die Verstelleinrichtung zum reversiblen Verändern einer Aktuatorkraft des Aktuatorbereiches derart ausgebildet, dass im Betrieb des Aktuatorbereiches eine Aktuatorkraft ausgeübt wird, die größer ist, als die zum Zeitpunkt des Betriebes des Aktuatorbereiches vorliegende Federkraft der Feder. Die Verstelleinrichtung ist demgemäß nicht nur zum reversiblen Verändern der Federkraft der Feder selbst ausgelegt, sondern zusätzlich vorteilhaft auch dazu ausgebildet, den Aktuatorbereich gezielt anzusteuern, um hier Energie einsparen zu können. Demgemäß wird der Aktuatorbereich zu jedem Betriebszeitpunkt des Schaltventiles genau so angesteuert, dass

die Federkraft der Feder überdrückt werden kann, wenn das Ventil eine entgegen der Federkraftwirkrichtung ausgerichtete Bewegung ausführen soll. Dazu ist es vorteilhaft vordefiniert, dass immer die angesteuerte Aktuatorkraft des Aktuatorbereiches über die Verstelleinrichtung so eingestellt ist, dass die vorliegende Federkraft zum jeweiligen Zeitpunkt überdrückt werden kann.

Vorzugsweise ist das Schaltventil als elektromagnetisches Ventil ausgebildet, wobei der Aktuatorbereich einen in Aktuatorkraftwirkrichtung beweglichen Anker, ein feststehendes Polstück und eine Spule aufweist, wobei die Feder insbesondere zwischen dem Anker und dem Polstück angeordnet ist und sich mit einem zweiten Federende an einer Ankeroberfläche abstützt. Der Aktuatorbereich wird dabei vorteilhaft von einem Elektromagneten, das heißt über die Spule, angesteuert, der mit entsprechender Spannung beaufschlagt wird und somit ebenfalls einfach über die Steuereinrichtung angesteuert werden kann.

Vorzugsweise ist der Anker zum Übertragen der Aktuatorkraft mit dem Schließelement zum Bewegen des Schließelementes in die Aktuatorkraftwirkrichtung verbunden oder weist wenigstens Kontakt auf. Insbesondere ist dabei ein Stift zum Verbinden oder Kontaktieren von Anker und Schließelement vorgesehen. Wenn das Schließelement dabei beispielsweise als plättchenförmiges Element gebildet ist, wird dieses plättchenförmige Element dann von dem bevorzugten Stift gehalten, der seinerseits am Anker befestigt ist.

Eine Kraftstoffhochdruckpumpe für ein Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine weist einen Druckraum und ein oben beschriebenes Schaltventil auf. Das Schaltventil umfasst ein mit einem Ventilsitz zusammenwirkendes Schließelement und eine das Schließelement in eine Federkraftwirkrichtung vorspannende Feder. Das Schaltventil ist dabei insbesondere als Einlassventil zum Einlassen eines Kraftstoffes in den Druckraum ausgebildet. Die Feder ist zum Offenhalten des Schließelementes gegen eine von dem Druckraum auf das Schließelement wirkende Gegenkraft, insbesondere eine hydraulische Kraft, ausgebildet.

Bei einem Ansteuerverfahren zum Ansteuern des oben beschriebenen Schaltventils, das vorzugsweise in einer Kraftstoffhochdruckpumpe angeordnet ist, werden die folgenden Schritte durchgeführt:

- Bereitstellen einer Kraftstoffhochdruckpumpe wie oben beschrieben, die einen Druckraum und ein Schaltventil als Einlassventil zum Einlassen von Kraftstoff in den Druckraum aufweist, wobei das Schaltventil ein Schließelement und eine Feder mit einer Federkraft zum Vorspannen des Schließelementes in eine Öffnungsposition aufweist;
- Ermitteln einer von dem Druckraum auf das Schließelement entgegengesetzt zu der Federkraft wirkenden Gegenkraft;
- Einstellen der Federkraft so, dass die Federkraft größer als die ermittelte Gegenkraft ist.

Vorzugsweise wird beim Ermitteln der Gegenkraft eine Drehzahl eines Pumpenantriebs der Kraftstoffhochdruckpumpe erfasst und aus dieser Drehzahl die Gegenkraft berechnet, insbesondere unter Zuhilfenahme eines Umwandlungsfaktors, der die Drehzahl in einen entsprechenden Druckwert umwandelt. Vorteilhaft ist hierzu ein Kennfeld hinterlegt, das die ermittelte Drehzahl mit einem Druckwert bzw. der Gegenkraft in Zusammenhang bringt.

Vorzugsweise wird die Federkraft derart eingestellt, dass die Federkraft reversibel eingestellt wird. Das bedeutet, die Federkraft kann auch nach dem Einstellen wieder vergrößert oder verkleinert werden.

Beispielsweise wird die Federkraft derart eingestellt, indem eine Federlänge der Feder verändert wird, zum Beispiel durch Stauchen und Entlasten der Feder. Dazu kann beispielsweise eine Staucheinrichtung mit einer entsprechenden Antriebseinheit angetrieben werden. Neben dem Einstellen der Federkraft ist es weiter möglich, auch eine Aktuatorkraft eines Aktuatorbereiches, der das Schaltventil betätigt, auf die ermittelte Gegenkraft anzupassen, und zwar derart, dass die Aktuatorkraft, wenn sie ausgeübt ist, zu jedem Zeitpunkt größer ist als die Federkraft.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

Fig. 1 eine schematische Schnittdarstellung eines Teilbereiches eines Kraftstoffeinspritzsystems mit einer Kraftstoffhochdruckpumpe, die als Einlassventil ein Schaltventil aufweist, welches eine Feder umfasst; und

Fig. 2 ein Diagramm, das eine Federkennlinie einer Druckfeder darstellt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Teilbereichs eines Kraftstoffeinspritzsystems 10, das einer Brennkraftmaschine mit Hochdruck beaufschlagten Kraftstoff zur Verfügung stellt, und zwar den Teilbereich des Kraftstoffeinspritzsystems 10, in dem sich eine Kraftstoffhochdruckpumpe 12 befindet.

Die Kraftstoffhochdruckpumpe 12 weist einen Druckraum 14 auf, in dem Kraftstoff im Betrieb mit einem hohen Druck beaufschlagt wird, sowie ein Schaltventil 16, das in der vorliegenden Ausführungsform als Einlassventil 18 ausgebildet ist, um Kraftstoff aus einem Niederdruckbereich 20 des Kraftstoffeinspritzsystems 10 in den Druckraum 14 der Kraftstoffhochdruckpumpe 12 einzulassen. Das Schaltventil 16 weist in einem Ventilbereich 21 ein Schließelement 22 auf, das als plättchenförmiges Element ausgebildet ist und mit einem von einer Ventilplatte 24 gebildeten Ventilsitz 26 zusammenwirkt, um das Schaltventil 16 in einer Schließposition zu halten. Das Schließelement 22 ist dabei auf der Seite der Ventilplatte 24 angeordnet, die dem Druckraum 14 zugewandt ist. Auf der gegenüberliegenden Seite der Ventilplatte 24, das heißt auf der Seite, die dem Druckraum 14 abgewandt ist, befindet sich eine Feder 28, die insbesondere als Druckfeder ausgebildet ist, und indirekt das Schließelement 22 über ihre Federkraft F_F in einer Öffnungsposition hält. In Fig. 1 ist dabei nur eine spezielle Ausführungsform des Schaltventiles 16 dargestellt, bei der die Feder 28 so angeordnet ist, dass sie über ihre Federkraft F_F das Schließelement 22 in der Öffnungsposition hält, es ist jedoch

auch möglich, ein Schaltventil 16 bereitzustellen, das von der Feder 28 in der Schließposition gehalten wird, beispielsweise indem eine Zugfeder statt einer Druckfeder vorgesehen ist. Im vorliegenden Fall jedoch ist das Schließelement 22 entlang einer Federkraftwirkachse 30 der Feder 28 in eine Federkraftwirkrichtung 32, dargestellt durch den Pfeil, in die Öffnungsposition vorgespannt.

Im Betrieb der Kraftstoffhochdruckpumpe 12 bewegt sich ein Kolben 34 in dem Druckraum 14 auf und ab und komprimiert dabei ein in dem Druckraum 14 vorhandenes Medium, beispielsweise den Kraftstoff. Dadurch entsteht in dem Medium eine hydraulische Kraft F_H, die, wie durch den Pfeil gezeigt, als Gegenkraft F_G von der Druckraumseite her auf das Schließelement 22 wirkt und es in Richtung der Schließposition zwingt. Dem wirkt die Federkraft F_F der Feder 28 entgegen, da sie zu jedem Betriebszeitpunkt der Kraftstoffhochdruckpumpe 12 so ausgelegt ist, dass die Federkraft F_F größer ist als die jeweilige Gegenkraft F_G vom Druckraum 14 her.

Um das Schaltventil 16 trotzdem schließen zu können, ist ein Aktuatorbereich 36 vorgesehen, der mit einer entgegengesetzt zu der Federkraft F_F wirkenden Aktuatorkraft F_A in Aktuatorkraftwirkrichtung 37 die Federkraft F_F überdrücken kann, und somit ermöglicht, dass sich das Schließelement 22 in die Schließposition bewegen kann.

Das Schaltventil 16 ist in der vorliegenden Ausführungsform als elektromagnetisches Ventil 38 ausgebildet, und weist einen beweglichen Anker 40, ein feststehendes Polstück 42 und eine Spule 44 auf. Wird die Spule 44 bestromt, bewegt sich der Anker 40 in Richtung auf das Polstück 42 zu. Da der Anker 40 über einen Stift 46 mit dem Schließelement 22 in Kontakt ist, ermöglicht ein Anziehen des Ankers 40 ein Schließen des Schließelements 22. Je nach Anordnung des Ankers 40, das heißt bezüglich des Polstückes 42 auf der Seite, die zu der Ventilplatte 24 hin gerichtet angeordnet ist, oder von dieser weg angeordnet ist, ist das Schaltventil 16 als stromlos geschlossenes bzw. stromlos ge-

öffnetes Ventil ausgebildet, weil der Anker 40 in der einen Position dem Schließelement 22 bei seiner Bewegung die Schließposition, und bei seiner anderen Position die Öffnungsposition ermöglicht.

Die Spule 44 wird dabei von außerhalb der Kraftstoffhochdruckpumpe 12 über einen Spannungskontakt 48 angesteuert, der von einer Steuereinrichtung 50 angesteuert eine vorbestimmte Spannung auf die Spule 44 aufbringt, um so in gewünschter Weise den Anker 40 zu bewegen. Die Spannung ist dabei veränderbar und abhängig von der Kraft, die von dem Anker 40 auf das Schließelement 22 ausgeübt werden soll.

Das Schaltventil 16 weist weiter eine Verstelleinrichtung 54 auf, mit der die Federkraft F_F der Feder 28 verstellt werden kann. Diese Verstelleinrichtung 54 umfasst eine Staucheinrichtung 56, in der vorliegenden Ausführungsform beispielsweise als Stauchkolben 58 gebildet, der entlang der Federkraftwirkachse 30 beweglich ist, und an dem sich die Feder 28 mit einem ersten Federende 60 abstützt. Die Feder 28 ist in der vorliegenden Ausführungsform in entsprechenden Ausnehmungen in dem Polstück 42 bzw. dem Anker 40 angeordnet und stützt sich mit einem zweiten Federende 61 an einer Ankeroberfläche 52 ab. Durch die Beweglichkeit des Stauchkolbens 58 entlang der Federkraftwirkachse 80 kann die Feder 28 in ihrer sich entlang der Federkraftwirkachse 30 erstreckenden Federlänge L_F verändert werden, beispielsweise gestaucht oder entspannt.

Diese Veränderung der Federlänge L_F ist dabei reversibel.

Fig. 2 zeigt hierzu ein Diagramm, das die Federkraft F_F einer Feder 28 in Abhängigkeit eines Federweges S für verschiedene Federlängen L_F darstellt. Dieses als Federkennlinie bekannte Diagramm ist insbesondere auf lineare Druckfedern anwendbar, gilt jedoch auch für progressive oder degressive Federn.

Wie aus dem Diagramm hervorgeht, hat eine Druckfeder im ungespannten Zustand eine Ausgangslänge L0. Wird die Federkraft F_F

auf einer Einbaulänge L_{F1} verbaut, so erhält sie über ihre Federrate eine Kraft F_1 bei L_{F1}. Wird die Feder 28 weiter auf die Federlänge L_{F2} gestaucht, so hat sie bei dieser Länge L_{F2} eine angestiegene Kraft F_2. Wird der Arbeitsbereich Richtung L0 verschoben, das heißt in dem Diagramm Richtung L_{F1*}, so reduziert sich die Federkraft F_F weiter und daraus resultierend auch die benötigte Aktuatorkraft F_A, um die Federkraft F_F zu überdrücken und das Schaltventil 16 zu bewegen.

Auf dieser Basis wird der Stauchkolben 58 so eingestellt, dass die Federkraft F_F der Feder 28 gerade ausreicht, das Schließelement 22 in der vorliegenden Ausführungsform gegen die von dem Druckraum 14 her wirkende Gegenkraft F_G in der Öffnungsposition zu halten.

Die Verstelleinrichtung 54 weist neben der Staucheinrichtung 56 eine Antriebseinheit 62 auf, mit der die Staucheinrichtung 56 aktiv angetrieben werden kann. Die Antriebseinheit 62 kann dabei durch verschiedene Systeme realisiert werden und ist hier nur schematisch dargestellt, es kann sich dabei um einen elektromagnetischen Stellantrieb, einen elektromechanischen Stellantrieb, einen thermischen Stellantrieb oder eine hydraulische Übersetzung handeln.

Von der Verstelleinrichtung 54 wird idealerweise die Federkraft F_F der Feder 28 so vorgespannt, um in jedem spezifischen Lastfall größer zu sein als die dazugehörige hydraulische Kraft F_H, das heißt die Gegenkraft F_G.

Die Antriebseinheit 62 wird dabei, ebenfalls von der Steuereinrichtung 50, gezielt angesteuert. Zur Ansteuerung wird die Korrelation zwischen einer Drehzahl eines nicht gezeigten Pumpenantriebes der Kraftstoffhochdruckpumpe 12, die den Kolben 34 antreibt, und der damit einhergehende Durchfluss herangezogen, um die Ausgangsbasis zu bilden, um die lastspezifische hydraulische Kraft F_H, das heißt die Gegenkraft F_G beim Rückfördern aus dem Druckraum 14 in den Niederdruckbereich 20 zu ermitteln. Diese Gegenkraft F_G greift an dem Schließelement 22

des Schaltventiles 16 an und will das Schließelement 22 in die Schließposition drücken.

Um die Gegenkraft F_G, die von dem Druckraum 14 her auf das Schließelement 22 wirkt, zu ermitteln, weist die Verstelleinrichtung 54 eine Kraftermittlungseinrichtung 64 auf. Die Kraftermittlungseinrichtung 64 wiederum umfasst eine Erfassungseinrichtung 66, die eine Drehzahl des erwähnten Pumpenantriebes der Kraftstoffhochdruckpumpe 12 erfasst. Weiter umfasst die Kraftermittlungseinrichtung 64 eine Berechnungseinrichtung 68, über die ausgehend von der ermittelten Drehzahl die Gegenkraft F_G berechnet werden kann. Beispielsweise kann dazu in der Steuereinrichtung 50 ein Kennfeld hinterlegt sein, das die ermittelte Drehzahl direkt in Zusammenhang mit der Gegenkraft F_G bringt, es ist jedoch auch möglich, einen Umweg über eine Umwandlungseinrichtung zu gehen, die die ermittelte Drehzahl zunächst in einen allgemeinen Druckwert umwandelt.

Abhängig von der ermittelten Gegenkraft F_G wird dann über die Antriebseinheit 62 bzw. die Staucheinrichtung 56 die Federlänge L_F der Feder 28 und somit ihre Federkraft F_F verändert.

Wenn die Federkraft F_F der Feder 28 verkleinert wird, ist auch eine große Aktuatorkraft F_A nicht mehr unbedingt nötig, um die Federkraft F_F überdrücken zu können. Daher wird ausgehend von der ermittelten Gegenkraft F_G auch ein Signal von der Steuereinrichtung 50 an den Spannungskontakt 48 ausgegeben, um eine geringere Spannung auf die Spule 44 aufzubringen.

Insgesamt wird daher das Schaltventil 16 lastspezifisch adaptiert, und zwar einerseits hinsichtlich der Federkraft F_F der Feder 28 und andererseits hinsichtlich der Aktuatorkraft F_A, die durch die Bestromung der Spule 44 bestimmt ist.

Neben einer generellen Einsparung von Energie, die dadurch möglich ist, ergeben sich zudem positive Effekte, da beim Auftreffen von Anker 40 und Polstück 42 beim Schalten des Schaltventils 16 ein reduzierter Impuls resultiert, sodass sich

die Schallemissionen des Schaltventiles 16 und somit auch der gesamten Kraftstoffhochdruckpumpe 12 verringern lassen.

Patentansprüche

1. Schaltventil (16) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend:

- einen Ventilbereich mit einem Schließelement (22) und mit einem Ventilsitz (26), die im Betrieb zum Schließen des Schaltventiles (16) zusammenwirken;
- eine Feder (28) mit einer entlang einer Federkraftwirkachse (30) in eine Federkraftwirkrichtung (32) wirkenden Federkraft (F_F) zum Vorspannen des Schließelementes (22) in eine Öffnungs- oder Schließposition;
- einen Aktuatorbereich (36) zum Bewegen des Schließelementes (22) in eine der Federkraftwirkrichtung (32) entgegengesetzte Aktuatorkraftwirkrichtung (37); und
- eine Verstelleinrichtung (54) zum reversiblen Verändern der Federkraft (F_F) der Feder (28).

2. Schaltventil (16) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Feder (28) eine sich entlang der Federkraftwirkachse (30) erstreckende Federlänge (L_F) aufweist, wobei die Verstelleinrichtung (54) zum reversiblen Verändern der Federlänge (L_F) ausgebildet ist, wobei insbesondere eine Staucheinrichtung (56) zum Zusammenstauchen der Feder (28) entlang der Federkraftwirkachse (30) vorgesehen ist, wobei die Staucheinrichtung (56) insbesondere von einem entlang der Federkraftwirkachse (30) beweglichen Stauchkolben (58) gebildet ist, an dem sich die Feder (28) mit einem ersten Federende (60) abstützt.

3. Schaltventil (16) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung (54) eine Antriebseinheit (62) zum Antreiben der Staucheinrichtung (56) aufweist, wobei die Antriebseinheit (62) einen elektromechanischen Stellantrieb und/oder einen elektromagnetischen

Stellantrieb und/oder einen thermischen Stellantrieb umfasst und/oder durch eine hydraulische Übersetzung gebildet ist.

4. Schaltventil (16) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung (54) eine Kraftermittlungseinrichtung (64) zum Ermitteln einer auf das Schließelement (22) entgegengesetzt zu der Federkraftwirkrichtung (32) wirkenden Gegenkraft (F_G) aufweist, wobei die Verstelleinrichtung (54) zum Verändern der Federkraft (F_F) derart ausgebildet ist, dass die Federkraft (F_F) im Betrieb des Schaltventils (16) zu jedem Zeitpunkt größer ist als die ermittelte Gegenkraft (F_G).

5. Schaltventil (16) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftermittlungseinrichtung (64) eine Erfassungseinrichtung (66) zum Erfassen einer Drehzahl eines Pumpenantriebs einer Kraftstoffhochdruckpumpe (12) des Kraftstoffeinspritzsystem (10) und eine Berechnungseinrichtung (68) zum Berechnen der Gegenkraft (F_G) aus der ermittelten Drehzahl aufweist.

6. Schaltventil (16) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung (54) zum reversiblen Verändern einer Aktuatorkraft (F_A) des Aktuatorbereiches (36) derart ausgebildet ist, dass im Betrieb des Aktuatorbereiches (36) eine Aktuatorkraft (F_A) ausgeübt wird, die größer ist als die zum Zeitpunkt des Betriebes des Aktuatorbereiches (36) vorliegende Federkraft (F_F) der Feder (28).

7. Schaltventil (16) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltventil (16) als elektromagnetisches Ventil (38) ausgebildet ist, wobei der Aktuatorbereich (36) einen in Aktuatorkraftwirkrichtung (37) beweglichen Anker (40), ein feststehendes Polstück (42) und eine

Spule (44) aufweist, wobei die Feder (28) insbesondere zwischen dem Anker (40) und dem Polstück (42) angeordnet ist und sich mit einem zweiten Federende an einer Ankeroberfläche (52) abstützt.

8. Schaltventil (16) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Anker (40) zum Übertragen der Aktuatorkraft (F_A) mit dem Schließelement (22) zum Bewegen des Schließelementes (22) in die Aktuatorkraftwirkrichtung (37) verbunden ist, wobei insbesondere ein Stift (46) zum Verbinden oder Kontaktieren von Anker (40) und Schließelement (22) vorgesehen ist.

9. Kraftstoffhochdruckpumpe (12) für ein Kraftstoffeinspritzsystem (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend einen Druckraum (14) und ein Schaltventil (16) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, das ein mit einem Ventilsitz (26) zusammenwirkendes Schließelement (22) und ein das Schließelement (22) in eine Federkraftwirkrichtung (32) vorspannende Feder (28) aufweist, wobei das Schaltventil (16) insbesondere als Einlassventil (18) zum Einlassen eines Kraftstoffes in den Druckraum (14) ausgebildet ist, wobei die Feder (28) zum Offenhalten des Schließelementes (22) gegen eine von dem Druckraum (14) auf das Schließelement (22) wirkende Gegenkraft (F_G), insbesondere eine hydraulische Kraft (F_H), ausgebildet ist.

10. Ansteuerverfahren zum Ansteuern eines Schaltventils (16) in einer Kraftstoffhochdruckpumpe (12) mit den Schritten:

- Bereitstellen einer Kraftstoffhochdruckpumpe (12) nach Anspruch 9 mit einem Druckraum (14) und einem Schaltventil (16) als Einlassventil (18) zum Einlassen von Kraftstoff in den Druckraum (14), wobei das Schaltventil (16) ein Schließelement (22) und eine Feder (28) mit einer Federkraft (F_F) zum Vorspannen des Schließelementes (22) in eine Öffnungsposition aufweist;

- Ermitteln einer von dem Druckraum (14) auf das Schließelement (22) entgegengesetzt zu der Federkraft (F_F) wirkenden Gegenkraft (F_G);
- Einstellen der Federkraft (F_F) so, dass die Federkraft (F_F) größer als die ermittelte Gegenkraft (F_G) ist.

FIG 1

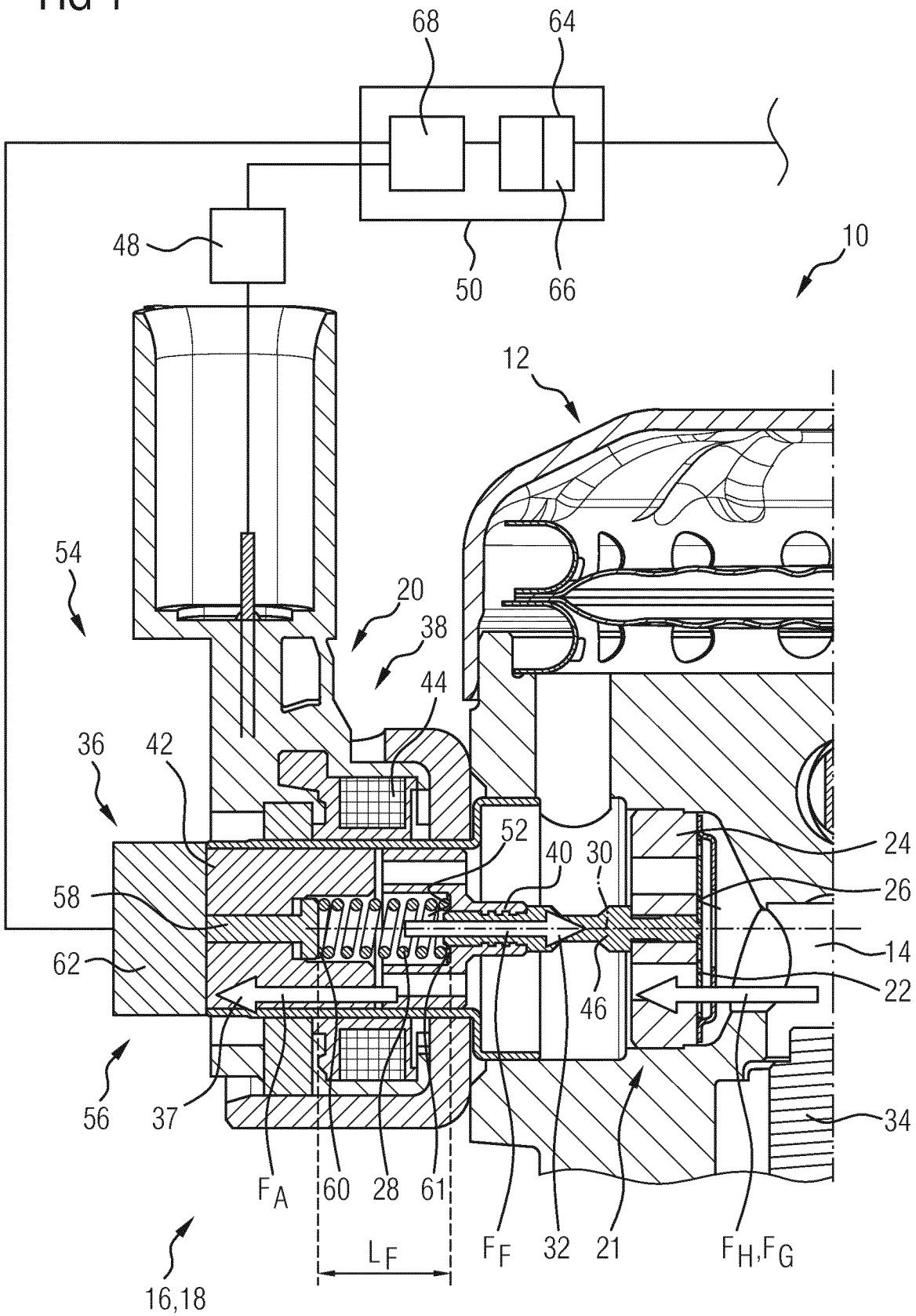
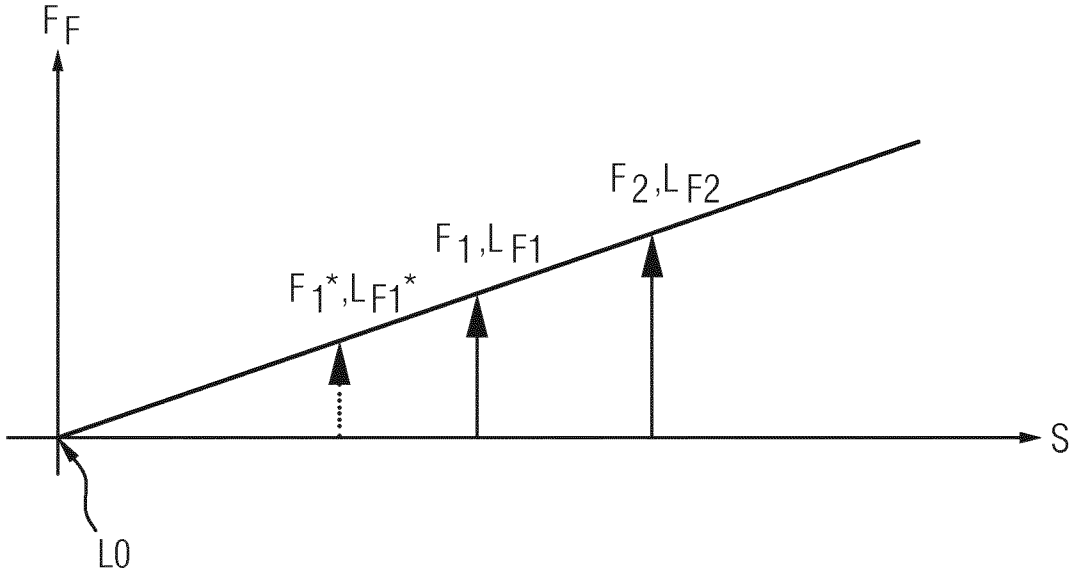

68
64
48
50
66
10
12
54
20
38
44
36
42
52
40
30
24
26
58
14
62
22
46
56
37
34
F_A
60
28
61
L_F
F_F
32
21
F_H,F_G
16,18

FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/081682

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02M59/36 F02M63/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F02M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	DE 199 63 926 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 July 2001 (2001-07-12) the whole document -----	1-3,6-9 4,5,10
Y	DE 10 2012 205346 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 October 2013 (2013-10-02) paragraphs [0036] - [0038]; figure 8 -----	4,5,10
X	WO 00/09883 A1 (DIESEL TECH CO [US]) 24 February 2000 (2000-02-24) page 6, line 1 - page 11, line 20; figures 1-3 -----	1-3,6-9
X,P	WO 2016/015912 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4 February 2016 (2016-02-04) the whole document -----	1-3,6-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
6 March 2017	15/03/2017

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Nobre Correia, S

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2016/081682

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19963926 A1	12-07-2001	NONE	
DE 102012205346 A1	02-10-2013	NONE	
WO 0009883 A1	24-02-2000	CA 2339631 A1	24-02-2000
		DE 69913710 D1	29-01-2004
		DE 69913710 T2	07-10-2004
		EP 1108133 A1	20-06-2001
		JP 2002522706 A	23-07-2002
		US 6019091 A	01-02-2000
		WO 0009883 A1	24-02-2000
WO 2016015912 A1	04-02-2016	DE 102014214811 A1	04-02-2016
		WO 2016015912 A1	04-02-2016

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/081682

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02M59/36 F02M63/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02M

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 199 63 926 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. Juli 2001 (2001-07-12)	1-3,6-9
Y	das ganze Dokument	4,5,10

Y	DE 10 2012 205346 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. Oktober 2013 (2013-10-02) Absätze [0036] - [0038]; Abbildung 8	4,5,10

X	WO 00/09883 A1 (DIESEL TECH CO [US]) 24. Februar 2000 (2000-02-24) Seite 6, Zeile 1 - Seite 11, Zeile 20; Abbildungen 1-3	1-3,6-9

X,P	WO 2016/015912 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 4. Februar 2016 (2016-02-04) das ganze Dokument	1-3,6-9

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. März 2017	15/03/2017

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Nobre Correia, S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2016/081682

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19963926 A1	12-07-2001	KEINE	
DE 102012205346 A1	02-10-2013	KEINE	
WO 0009883 A1	24-02-2000	CA 2339631 A1	24-02-2000
		DE 69913710 D1	29-01-2004
		DE 69913710 T2	07-10-2004
		EP 1108133 A1	20-06-2001
		JP 2002522706 A	23-07-2002
		US 6019091 A	01-02-2000
		WO 0009883 A1	24-02-2000
WO 2016015912 A1	04-02-2016	DE 102014214811 A1	04-02-2016
		WO 2016015912 A1	04-02-2016