



(11) **EP 2 947 303 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.11.2015 Patentblatt 2015/48

(51) Int Cl.:
F02D 41/38 ^(2006.01) *F02D 41/20* ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15163229.6**

(22) Anmeldetag: **10.04.2015**

(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**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Festerling, Eckhart**
71636 Ludwigsburg (DE)
• **Caroli, Vittorio**
71254 Ditzingen-Heimerdingen (DE)

(30) Priorität: **23.05.2014 DE 102014209875**

(54) **VERFAHREN ZUR ANSTEUERUNG EINES ELEKTROMAGNETISCHEN
DRUCKREGELVENTILS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Druckregelventils zur Druckregelung in einem Hochdruckspeicher eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Common-Rail-Einspritzsystem. Erfin-

dungsgemäß wird zur Ansteuerung des elektromagnetischen Druckregelventils ein pulsweitenmoduliertes Signal verwendet, dessen Frequenz in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Brennkraftmaschine variiert wird.

EP 2 947 303 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Druckregelventils zur Druckregelung in einem Hochdruckspeicher eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine. Bei dem Kraftstoffeinspritzsystem kann es sich insbesondere um ein Common-Rail-Einspritzsystem handeln.

Stand der Technik

[0002] Aus der Offenlegungsschrift DE 10 2006 053 306 A1 ist ein elektromagnetisches Druckregelventil zum Einregeln des Drucks an einem Verbraucheranschluss des Druckregelventils auf einen Regelwert bekannt. Das Druckregelventil umfasst hierzu ein Magnetteil mit einer Magnetspule und einem beweglichen Anker sowie ein Ventiltteil mit einem Zulaufanschluss, einem Verbraucheranschluss und einem Rücklaufanschluss sowie einem ersten und einem zweiten Sitzventil zum Öffnen und Schließen einer hydraulischen Verbindung zwischen dem Zulaufanschluss und dem Verbraucheranschluss bzw. zwischen dem Zulaufanschluss und dem Rücklaufanschluss. Ein solches Druckregelventil stellt ein schwingungsfähiges System dar, das eine Eigenfrequenz besitzt. Die Eigenfrequenz wird vorliegend bestimmt durch die Abhängigkeit des Verbraucherdrucks vom Öffnungshub am zweiten Sitzventil. Die Eigenfrequenz kann somit insbesondere in Abhängigkeit vom jeweiligen Einbauort oder Verwendungszweck des Druckregelventils variieren. Wird das System in Schwingungen versetzt, welche im Bereich der Eigenfrequenz liegen, geht dies in der Regel mit einer störenden Geräuschentwicklung einher. Um dies zu vermeiden wird in der DE 10 2006 053 306 A1 die Einstellung der Eigenfrequenz über eine feste Drosselstelle im Druckregelventil vorgeschlagen. In Abhängigkeit von der konkreten Ausgestaltung der Drosselstelle lassen sich zudem unterschiedliche Eigenfrequenzen einstellen, so dass auf diesem Wege eine Anpassung des Druckregelventils an Einbauort und Verwendungszweck ermöglicht wird.

[0003] Die in der DE 10 2006 053 306 A1 vorgeschlagene Einstellung der Eigenfrequenz über eine feste Drosselstelle setzt die Kenntnis des späteren Einbauortes bzw. des Verwendungszwecks des Druckregelventils voraus, um eine entsprechende Anpassung der Eigenfrequenz vorzunehmen. Dies erschwert eine Herstellung des Druckregelventils als standardisiertes Produkt. Alternativ können für jeden Einbauort bzw. Verwendungszweck standardisierte Druckregelventile mit unterschiedlich ausgestalteten festen Drosselstellen vorgehalten werden, aus denen es dann das passende Druckregelventil auszuwählen gilt. Beides wirkt sich jedoch ungünstig auf die Herstellungskosten aus. Darüber hinaus kann eine einmal vorgenommene Einstellung der Eigenfrequenz über eine feste Drosselstelle im Druckregelventil nicht mehr variiert werden.

[0004] Ausgehend von dem vorstehend genannten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine störende Geräuschentwicklung durch Schwingungen des Druckregelventils im Bereich seiner Eigenfrequenz möglichst zu unterbinden, wobei berücksichtigt werden soll, dass die Eigenfrequenz variieren kann. Ferner soll der Einsatz eines standardisierten Druckregelventils möglich sein, um die Kosten zu senken.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe wird das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Bei dem vorgeschlagenen Verfahren zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Druckregelventils zur Druckregelung in einem Hochdruckspeicher eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Common-Rail-Einspritzsystem, wird erfindungsgemäß ein pulsweitenmoduliertes Signal zur Ansteuerung verwendet, dessen Frequenz in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Brennkraftmaschine variiert wird. Das heißt, dass das eingesetzte PWM (Pulsweitenmodulation)-Signal keine konstante Frequenz besitzt. Indem die Frequenz variiert wird, kann über das Ansteuersignal den unterschiedlichen Einbausituationen Rechnung getragen werden. Im Rahmen dessen kann auch die sich regelmäßig aus der Einbausituation ergebende Eigenfrequenz des Druckregelventils und/oder die Eigenfrequenz eines mit dem Druckregelventils hydraulisch oder mechanisch verbundenen Bauteils berücksichtigt werden, so dass eine Frequenz des PWM-Signals gewählt wird, die abweichend von der jeweiligen Eigenfrequenz des Druckregelventils und/oder des mit dem Druckregelventil verbundenen Bauteils ist.

[0007] Das vorgeschlagene Verfahren zur Ansteuerung eines Druckregelventils ermöglicht den Einsatz eines standardisierten Druckregelventils, da konstruktive Veränderungen am Druckregelventil selbst nicht vorzunehmen sind. Es wird in Abhängigkeit von der jeweiligen Einbausituation lediglich das Ansteuerungsverfahren variiert, indem die Frequenz des PWM-Signals verändert wird. Die Umsetzung des Verfahrens erfordert allenfalls eine Softwareanpassung und ist insofern weitgehend kostenneutral. Zudem kann über das Ansteuerungsverfahren einer Vielzahl unterschiedlicher Einbausituationen Rechnung getragen werden, so dass der Rückgriff auf standardisierte Produkte möglich ist.

[0008] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird bzw. werden die Motordrehzahl, das Motordrehmoment, die Einspritzmenge, der Druck im Hochdruckspeicher und/oder der Ansteuerstrom zur Ansteuerung des Druckregelventils als Betriebsparameter verwendet. Hierbei handelt es sich um typische Betriebsparameter in einem

Kraftstoffeinspritzsystem, die Aufschluss über die konkrete Einbausituation geben, so dass eine Anpassung hieran vorgenommen werden kann.

[0009] Wird die Ansteuerung des Druckregelventils auf der Grundlage entsprechender Betriebsparameter vorgenommen, können ferner folgende Kriterien berücksichtigt bzw. erfüllt werden:

- a) Vermeidung von Druckschwankungen aufgrund einer zu niedrigen Frequenz,
- b) Ermöglichung einer Fehlerdiagnose durch ausreichend lange Ausschaltzeiten,
- c) Vermeidung statischer Reibung am Aktor aufgrund zu langsamer Bewegungen und
- d) Vermeidung eines Sitzkontakts bei niedrigen Ankerhüben oder großer Ankeramplitude der Ankerschwingung.

[0010] Weiterhin bevorzugt wird die Frequenz des pulsweitenmodulierten Signals nach Maßgabe einer zweidimensionalen Kennlinie oder eines dreidimensionalen Kennlinienfelds variiert. Die Ansteuerung bzw. die Einstellung der Frequenz des pulsweitenmodulierten Ansteuersignals wird demnach bevorzugt betriebspunktabhängig vorgenommen. Auf diese Weise kann für jeden Betriebspunkt die optimale Frequenz des pulsweitenmodulierten Signals eingestellt werden, die insbesondere den zuvor genannten Kriterien a)-d) Rechnung trägt.

[0011] Ferner wird vorgeschlagen, dass ein Steuergerät, in dem vorzugsweise die zweidimensionale Kennlinie oder das dreidimensionale Kennlinienfeld hinterlegt ist, zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendet wird. Dabei kann es sich um ein Steuergerät handeln, das zumindest Teil der Motorsteuerung ist, und über wenigstens eine Steuerung mit dem Druckregelventil verbunden ist. Eine Anpassung des Steuergeräts, insbesondere eine Modifikation der Hardware, zur Durchführung des vorgeschlagenen Verfahrens ist nicht erforderlich. Es wird lediglich eine entsprechende Software programmiert und in dem Steuergerät hinterlegt.

[0012] Vorteilhafterweise wird zumindest in bestimmten Betriebspunkten der Brennkraftmaschine eine Frequenz des pulsweitenmodulierten Signals gewählt, die von der Eigenfrequenz des Druckregelventils und/oder der Eigenfrequenz eines mit dem Druckregelventil hydraulisch oder mechanisch verbundenen Bauteils abweicht. Dadurch soll insbesondere eine durch Schwingungen im Eigenfrequenzbereich erzeugte störende Geräuscentwicklung vermieden werden. Dies ist besonders relevant, wenn sich die Brennkraftmaschine in einem Betriebsmodus befindet, in dem die Motorgeräusche selbst gering sind, so dass die durch Resonanzschwingungen erzeugten Geräusche gut wahrnehmbar sind.

[0013] Beispielsweise kann im geräuschsensiblen Leerlauf der Brennkraftmaschine eine Frequenz des pulsweitenmodulierten Signals gewählt werden, die sehr weit entfernt von kritischen Eigenfrequenzen liegt. Da in diesem Betriebspunkt keine hohen Drücke im Hochdruckspeicher appliziert werden, können auch bei hohen Frequenzen ausreichend lange Ausschaltzeiten erreicht werden. Demgegenüber sind im Bereich hoher Motordrehzahlen die Motor- und Fahrzeuggeräusche so dominant, dass Frequenzen gewählt werden können, die höhere Magnetkräfte innerhalb eines Magnetkreises zur Betätigung des Druckregelventils ermöglichen, selbst wenn dabei Eigenfrequenzen getroffen werden sollten. Es ist demnach nicht erforderlich, dass die Frequenz des PWM-Signals ständig außerhalb der Eigenfrequenz des Druckregelventils oder eines mit dem Druckregelventil verbundenen Bauteils liegen muss.

[0014] Die nachfolgenden Tabellen 1 und 2 betreffen bevorzugte Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens. Sie enthalten konkrete Betriebsparameter der Brennkraftmaschine sowie diesen zugeordnete Frequenzen eines PWM-Signals zur Ansteuerung des Druckregelventils in einem Hochdruckspeicher eines Kraftstoffeinspritzsystems der Brennkraftmaschine. Die Werte der Tabelle 1 können als zweidimensionale Kennlinie und die Werte der Tabelle 2 als dreidimensionales Kennlinienfeld in einem Steuergerät zur Ansteuerung des Druckregelventils hinterlegt werden, so dass die Frequenz des PWM-Signals zur Ansteuerung des Druckregelventils in Abhängigkeit von wenigstens einem Betriebsparameter variiert wird.

Tabelle 1

Drehzahl (1/min)	800	1600	2400	3200
PWM-Frequenz (Hz)	1000	950	900	850

Tabelle 2

		Drehzahl (1/min)			
		800	1600	2400	3200
Einspritzmenge (mm ³ /E)	0	1050	1000	950	900
	10	1000	950	900	850
	20	975	925	875	825
	30	950	900	850	800
	40	925	875	825	775

Patentansprüche

- Verfahren zur Ansteuerung eines elektromagnetischen Druckregelventils zur Druckregelung in einem Hochdruckspeicher eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Common-Rail-Einspritzsystem,
dadurch gekennzeichnet, dass zur Ansteuerung ein pulsweitenmoduliertes Signal verwendet wird, dessen Frequenz in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Brennkraftmaschine variiert wird.
- Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass die Motordrehzahl, das Motordrehmoment, die Einspritzmenge, der Druck im Hochdruckspeicher und/oder der Ansteuerstrom zur Ansteuerung des Druckregelventils als Betriebsparameter verwendet wird bzw. werden.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenz des pulsweitenmodulierten Signals nach Maßgabe einer zweidimensionalen Kennlinie oder eines dreidimensionalen Kennlinienfelds variiert wird.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Steuergerät, in dem vorzugsweise die zweidimensionale Kennlinie oder das dreidimensionale Kennlinienfeld hinterlegt ist, zur Ansteuerung des Druckregelventils verwendet wird.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest in bestimmten Betriebspunkten der Brennkraftmaschine eine Frequenz des pulsweitenmodulierten Signals gewählt wird, die von der Eigenfrequenz des Druckregelventils und/oder der Eigenfrequenz eines mit dem Druckregelventil hydraulisch oder mechanisch verbundenen Bauteils abweicht.



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 15 16 3229

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 065 372 A2 (ELASIS SISTEMA RICERCA FIAT [IT]) 3. Januar 2001 (2001-01-03) * Absätze [0001] - [0003], [0007] - [0009], [0012], [0028], [0029], [0044] - [0050]; Abbildungen 1, 8 *	1-5	INV. F02D41/38 ADD. F02D41/20
X	JP 2000 291474 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 17. Oktober 2000 (2000-10-17) * Absätze [0001] - [0003], [0006] - [0011], [0025], [0028] - [0030] *	1-5	
X	DE 103 30 466 B3 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 21. Oktober 2004 (2004-10-21) * Absätze [0002], [0003], [0005] - [0008], [0026] - [0029]; Abbildungen 1, 4, 5a, 5b *	1-5	
X	DE 100 30 364 A1 (DENSO CORP [JP]) 18. Januar 2001 (2001-01-18)	1-4	
Y	* Spalte 1, Zeilen 3-8, 32-53 * * Spalte 3, Zeile 56 - Spalte 4, Zeile 15 * * Spalte 5, Zeilen 10-41 * * Spalte 8, Zeile 14 - Spalte 9, Zeile 32 *	5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02D F02M
X	DE 10 2009 002010 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 7. Oktober 2010 (2010-10-07) * Absätze [0004] - [0009], [0012], [0015], [0019] *	1	
Y	DE 10 2007 053318 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 12. Juni 2008 (2008-06-12) * Absätze [0004], [0043], [0056] - [0060] *	5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. September 2015	Prüfer Ducloyer, Stéphane
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 3229

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-09-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1065372 A2	03-01-2001	CN 1292454 A	25-04-2001
		CN 1479000 A	03-03-2004
		CN 1479001 A	03-03-2004
		CN 1479002 A	03-03-2004
		DE 60022589 D1	20-10-2005
		DE 60022589 T2	01-06-2006
		EP 1065372 A2	03-01-2001
		ES 2247982 T3	16-03-2006
		IT T0990571 A1	02-01-2001
		JP 4637326 B2	23-02-2011
		JP 2001059459 A	06-03-2001
		KR 20010015121 A	26-02-2001
		US 6408824 B1	25-06-2002
JP 2000291474 A	17-10-2000	JP 3782252 B2	07-06-2006
		JP 2000291474 A	17-10-2000
DE 10330466 B3	21-10-2004	DE 10330466 B3	21-10-2004
		EP 1496232 A2	12-01-2005
		US 2005051137 A1	10-03-2005
DE 10030364 A1	18-01-2001	DE 10030364 A1	18-01-2001
		JP 4206563 B2	14-01-2009
		JP 2001003791 A	09-01-2001
		US 6367452 B1	09-04-2002
DE 102009002010 A1	07-10-2010	KEINE	
DE 102007053318 A1	12-06-2008	CN 101196252 A	11-06-2008
		DE 102007053318 A1	12-06-2008
		JP 2008144761 A	26-06-2008
		US 2008127918 A1	05-06-2008

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 102006053306 A1 [0002] [0003]