(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 767 769 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.04.2008 Patentblatt 2008/18

(51) Int Cl.:
F02M 39/02 *(2006.01)* ***F02M 63/02*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05108844.1**

(22) Anmeldetag: **26.09.2005**

(54) **Verfahren zum Reduzieren der Gesamtbelastung des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems**

Method for reducing the total load of the drive system of a Common Rail fuel injection system

Procédé de réduction de la charge totale du système d'entraînement d'un système d'injection du combustible de type Common Rail

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.03.2007 Patentblatt 2007/13

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

(72) Erfinder:
- **Lach, Rainer**
  52146, Wuerselen (DE)
- **Reuter, Uwe**
  52159, Roetgen (DE)
- **van Bebber, David**
  52072, Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten et al**
Ford-Werke Aktiengesellschaft,
Patentabteilung NH/DRP,
Henry-Ford-Strasse 1
50725 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 849 438
EP-A- 0 902 181
FR-A- 2 608 219

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

EP 1 767 769 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reduzieren der Gesamtbelastung des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems eines Dieselmotors gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die EP 0 849 438 A1 offenbart eine Ventiltriebanordnung in Brennkraftmaschinen. Der Ventiltrieb weist eine Nockenwelle, ein Kurbelwelle und ein Hochdruckpumpe auf. Ein Drehmoment wird über einen Getriebemechanismus von der Kurbelwelle zur Nockenwelle übertragen. An der Nockenwelle ist ein Pumpennokken zum Antreiben der Pumpe vorgesehen. Der Pumpennocken kann mit zwei oder auch mit drei Nockenansätzen versehen sein. Die Nockenausführung ist somit fester Bestandteil des Zylinderkopfes und treibt über einen Gleitabgriff die am Zylinderkopf direkt montierte Pumpe an.

[0003] Bei Common-Rail- oder Speicher-Einspritzsystemen sind die Hochdruckerzeugung und Kraftstoffeinspritzung voneinander getrennt. Aufgrund der Entkopplung von Druckerzeugung und Einspritzung ergeben sich große Variationsmöglichkeiten der Einspritzdrücke und der Einspritzzeitpunkte. Ein Common-Rail-Einspritzsystem besitzt einen Nieder- und einen Hochdruckteil. Die wesentlichen Komponenten des Hochdruckteils sind eine Hochdruckpumpe, ein Hochdruckspeicher (Rail), Injektoren, Druckregelventile und Hochdruck-Kraftstoffleitungen. Der im Rail des Einspritzsystems vorherrschende hohe Druck wird von einer Hochdruckpumpe erzeugt. Die Injektoren injizieren elektrisch gesteuert den Kraftstoff in den Brennraum des Motors. Vorstellbar ist aber auch, daß die Injektoren den Kraftstoff mechanisch gesteuert in den Brennraum des Motors injizieren. Vor allem die Hochdruckpumpe und die Injektoren sind Komponenten, die in den letzten Jahren fortlaufend verbessert wurden. Beispielsweise befassen sich die EP 0 844 385 B1 und EP 1 321 662 A1 mit der Gestaltung von Einspritzdüsen für ein Common-Rail-Einspritzsystem.

[0004] Die Hochdruckpumpe zur Druckerzeugung im Rail wird über Kupplung, Zahnrad, Kette oder Zahnriemen angetrieben. Hierzu kann die Hochdruckpumpe entweder direkt in das Antriebssystem des Dieselmotors integriert sein, so daß sie von der Kurbelwelle angetrieben wird, oder auch durch ein eigenes System von der Nokkenwelle angetrieben werden. Bei einer Integration in das Antriebssystem des Dieselmotors treibt die Kurbelwelle die Hochdruckpumpe und die Nockenwelle in der Regel über einen Zahnriemen oder Kette an.

[0005] Im Betrieb treten mehr oder weniger hohe Belastungen im Antrieb des Common-Rail-Einspritzsystems auf, die zu Schwingungen führen können, welche vor allem bei einem Riemen- oder Kettenantrieb unerwünscht sind. Die Belastungen und damit einhergehenden Schwingungen werden vor allem durch die Drehmomenterregung der Nockenwelle und der Hochdruckpumpe verursacht und bestimmen wesentlich die Zuverlässigkeit und Robustheit des Antriebssystems von Common-Rail-Einspritzsystemen. Die auftretenden Drehmomente führen zu einer zum Teil hohen Gesamtbelastung mit abrupten Lastwechseln des Antriebssystems, vor allem durch die einhergehenden Schwingungen, die zum Teil große Amplituden aufweisen.

[0006] Gerade bei in Serie gefertigten Einspritzsystemen schwanken die Belastungen jedoch stark und führen demnach zu einer hohen Varianz der Zuverlässigkeit und Robustheit des Antriebssystems für Einspritzsysteme. Grundsätzlich werden bei Riemen- oder Kettenantrieben Spannungs- und Führungselemente von Kette oder Zahnriemen für die größtmögliche Gesamtbelastung ausgelegt. Zudem müssen die Serviceintervalle für Antriebssysteme von Common-Rail-Einspritzsystemen nach dem "worst case" bemessen werden, bei dem die Gesamtbelastung im Antriebssystem eines Common-Rail-Einspritzsystems ein Maximum erreicht und die Komponenten des Systems am stärksten belastet sind.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Reduzieren der Gesamtbelastung des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems eines Dieselmotors vorzuschlagen.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß mindestens ein Parameter einer Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt wird, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nockenwelle ist, und daß ferner die Winkelstellung der Hochdruckpumpe derart im Antriebssystem gewählt wird, daß sich Oszillationen des Drehmoments an der Hochdruckpumpe und Oszillationen des Drehmoments an der Nockenwelle zumindest teilweise auslöschen.

[0009] Bisher war eine ausgewählte Winkelstellung der Hochdruckpumpe eines Common-Rail-Einspritzsystems im Gegensatz zu Dieselmotoren mit Verteilereinspritzpumpen keine Bedingung für den Betrieb. Versuche haben jedoch gezeigt, daß das durch die Hochdruckpumpe erzeugte Drehmoment die Gesamtbelastung des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems nicht unwesentlich beeinflußt. Es hat sich überraschender Weise herausgestellt, daß durch eine ausgewählte Winkelstellung der Hochdruckpumpe, insbesondere eine gezielte Abstimmung der Winkelstellungen von Hochdruckpumpe und Nockenwelle zueinander zu wesentlich geringeren Belastungen des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems aufgrund der Drehmomenterregungen der Hochdruckpumpe und der Nockenwelle führen kann. Von daher fließt das von der Hochdruckpumpe erzeugte Drehmoment bei der Abstimmung vorteilhaft mit ein.

[0010] Die Erfindung hat vor allem den Vorteil, daß auch Schwingungen im Antriebssystem, insbesondere von Kette oder Zahnriemen wirksam verringert werden und dadurch einfachere und kostengünstigere Spannungs- sowie Führungselemente für die Kette bzw. den Riemen eingesetzt werden können. Schließlich werden auch die Robustheit und Zuverlässigkeit des Antriebssy-

stems, insbesondere der Kette oder des Riemens aufgrund der reduzierten Schwingungen verbessert, was es ermöglicht, auch hier aufgrund der geringeren Belastungen einfachere Bauelemente zu verwenden.

[0011] Als Parameter kann das Übersetzungsverhältnis der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt werden, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nokkenwelle ist.

[0012] Als Parameter kann auch die Anzahl der Kolbenhübe der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt werden, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nockenwelle ist.

[0013] Als Parameter kann auch die Anzahl der Kolben der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt werden, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nokkenwelle ist.

[0014] Die Winkelstellung der Hochdruckpumpe wird insbesondere in Bezug auf die Winkelstellung der Nokkenwelle gewählt.

[0015] Die Erfindung wird mit einer in das Antriebssystem des Dieselmotors integrierten Hochdruckpumpe eingesetzt.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und in der folgenden Figurenbeschreibung offenbart. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch ein Antriebssystem eines Common-Rail-Einspritzsystems eines Dieselmotors, bei dem Hochdruckpumpe und Nockenwelle von der Kurbelwelle des Motors angetrieben werden, und

Fig. 2 zwei Diagramme, in welchen der Drehmomentverlauf von Nockenwelle und Hochdruckpumpe eines Antriebssystems gemäß Fig. 1 einmal für eine "worst case" Winkelstellung und einmal für eine "best case" Winkelstellung von Kurbel-, Nockenwelle und Hochdruckpumpe dargestellt sind.

[0017] Fig. 1 zeigt schematisch ein Antriebssystem eines (nicht gezeigten) Common-Rail-Einspritzsystems eines Dieselmotors, welches ein Kurbelwellenrad 10 eines (nicht gezeigten) Dieselmotors, ein Antriebsrad 12 für eine (nicht gezeigte) Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems, ein Nockenwellenrad 14 einer (nicht dargestellten) Nockenwelle und ein Antriebselement beispielsweise eine Kette oder einen Zahnriemen 16 umfasst. Das Drehmoment des Kurbelwellenrads 10 wird über die Kette bzw. den Zahnriemen 16 auf das Antriebsrad 12 der Hochdruckpumpe und das Nockenwellenrad 14 übertragen.

[0018] Ein Übersetzungsverhältnis wird jeweils von einem Raddurchmesser bestimmt und beträgt im Fall des Antriebsrads 12 für die Hochdruckpumpe 2:3 und für das Nockenwellenrad 14 1:2. Im Falle eines 4-Zylinder Reihenmotors zum Beispiel hat das Drehmoment der Nokkenwelle eine Schwingungscharakteristik in zweiter Ordnung, die auch für das Drehmoment des Antriebsrads 12 der Hochdruckpumpe durch die Anzahl der Kolben oder der Kolbenhübe der Pumpe oder durch das Übersetzungsverhältnis des Antriebsrads 12 eingestellt werden kann. Die Kette bzw. der Zahnriemen 16 kann durch ein oder mehrere Einrückelemente oder Spannrollen gespannt werden.

[0019] Um eine möglichst geringe Belastung aufgrund der oszillierenden Drehmomente des Antriebsrads 12 der Hochdruckpumpe und des Nockenwellenrads 14 zu erzielen, werden beispielsweise bei der Montage des Dieselmotors Winkelstellungen aller rotierender Antriebskomponenten, also des Kurbelwellenrads 10, des Antriebsrads 12 der Hochdruckpumpe und des Nockenwellenrads 14 aufeinander abgestimmt, wie durch die Bezugsziffern 18, 20 und 22 angedeutet ist, welche die Winkelstellung des Kurbelwellenrads 10, des Antriebsrads 12 der Hochdruckpumpe und des Nockenwellenrads 14 bezeichnen.

[0020] Fig. 2 zeigt nun im oberen Diagramm den Drehmomentverlauf an der Nockenwelle (durchgezogene Linie 24) und der Hochdruckpumpe (strich-punktierte Linie 26). Die Nockenwelle weist ein Übersetzungsverhältnis von 1:2 auf und erzeugt am Beispiel eines 4-Zylinder Reihenmotors vier Drehmomentoszillationen über 360° Nockenwinkel bzw. 720° Kurbelwinkel. Die Hochdruckpumpe hingegen erzeugt beispielsweise bei drei Kolbenhüben der Pumpe (pro Umdrehung) sowie dem gewähltem Übersetzungsverhältnis von 2:3 auch vier charakteristische Drehmomentoszillationen über 720° Kurbelwinkel. Der dargestellte Verlauf geht somit über zwei Umdrehungen der Kurbelwelle und über eine Umdrehung der Nockenwelle. Ferner ist im Diagramm das resultierende Gesamtdrehmoment des Antriebssystems dargestellt (gestrichelte Linie 28). Beim dargestellten exemplarischen Verlauf sind die Winkelstellungen der Hochdruckpumpe bzw. ihres Antriebsrads sowie der Nockenwelle bzw. des Nockenwellenrads gemäß dem "worst case" ausgerichtet, d.h. derart, daß das Gesamtdrehmoment abrupt abwechselnde Lasten (von einem positiven zu einem negativen Drehmoment) mit Amplituden bis etwa 21,3 Nm bewirkt. Im "worst case" überlagern sich die Drehmomentoszillationen am Nockenwellenrad und am Antriebsrad der Hochdruckpumpe "konstruktiv", d.h. die beiden Drehmomentoszillationen sind in Phase, wodurch sich eine sehr große Gesamtbelastung des Antriebssystems aufgrund der aus der Überlagerung resultierenden Drehmomentoszillation ergibt.

[0021] Im unteren Diagramm von Figur 2 ist wiederum der Drehmomentverlauf an der Nockenwelle (durchgezogene Linie 24) und der Hochdruckpumpe (strich-punktierte Linie 26) dargestellt, wobei nun die Winkelstellun-

gen der Hochdruckpumpe bzw. des Antriebsrads davon und der Nockenwelle bzw. des Nockenwellenrads gemäß dem "best case" wie von der Erfindung vorgeschlagen ausgerichtet sind. Bei drei Kolbenhüben der Pumpe (pro Umdrehung) beispielsweise ergibt sich ein Übersetzungsverhältnis von 2:3. Hier sind nun die Drehmomentoszillationen am Nockenwellenrad und am Antriebsrad der Hochdruckpumpe zueinander in der Phase derart verschoben, daß sie sich zumindest teilweise auslöschen. Im Unterschied zum oberen Diagramm zeigt nun der Verlauf des Gesamtdrehmoments (gestrichelte Linie 28), daß eine "leicht pulsierende" Gesamtbelastung ohne abrupte Lastwechsel mit Amplituden bis etwa 13,9 Nm wirkt.

[0022] Insgesamt hat sich gezeigt, daß durch die Abstimmung der Winkeleinstellung nicht nur der Kurbel- und Nockenwelle sondern auch des Antriebsrads der Hochdruckpumpe bzw. der Hochdruckpumpe eine Verringerung der Gesamtbelastung des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems eines Dieselmotors erzielen läßt. Versuche haben eine Verringerung um bis zu etwa 35 % ergeben, bei "weicheren" Lastwechseln der Gesamtbelastung.

[0023] Selbstverständlich ist das erfindungsgemäße Verfahren nicht nur bei dem beispielhaft genannten Vier-Zylinder-Reihenmotor anwendbar, sondern natürlich auch bei allen Verbrennungsmotoren, die eine Vielzahl von in Reihe angeordneten Zylindern aufweisen, wie zum Beispiel Acht-Zylinder-Reihenmotoren oder V-Motoren, die ebenfalls in Reihe angeordnete Zylinder haben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reduzieren der Gesamtbelastung des Antriebssystems eines Common-Rail-Einspritzsystems eines Dieselmotors, wobei ein Drehmoment eines Kurbelwellenrades (10) über ein Antriebselement (16) auf ein Antriebsrad (12) einer Hochdruckpumpe und auf mindestens ein Nockenwellenrad (14) einer Nockenwelle übertragen wird, und wobei die Hochdruckpumpe in das Antriebssystem integriert ist, wobei
   mindestens ein Parameter der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt wird, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nockenwelle ist, und die Winkelstellung der Hochdruckpumpe derart im Antriebssystem gewählt wird, daß sich Oszillationen des Drehmoments an der Hochdruckpumpe und Oszillationen des Drehmoments an der Nockenwelle zumindest teilweise auslöschen, und wobei
   als Parameter das Übersetzungsverhältnis der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems bezüglich der Nockenwelle derart gewählt wird, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nockenwelle ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet, daß
   als Parameter die Anzahl der Kolbenhübe der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt wird, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nockenwelle ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, daß
   als Parameter die Anzahl der Kolben der Hochdruckpumpe des Common-Rail-Einspritzsystems derart gewählt wird, daß die Ordnung der Drehmomenterregung der Hochdruckpumpe gleich der Ordnung der Drehmomenterregung mindestens einer Nokkenwelle ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet, daß
   die Winkelstellung der Hochdruckpumpe in Bezug auf die Winkelstellung der Nockenwelle gewählt wird.

Claims

1. Method for reducing the overall loading of the drive system of a common rail injection system of a diesel engine, with a torque of a crankshaft wheel (10) being transmitted via a drive element (16) to a drive wheel (12) of a high-pressure pump and to at least one camshaft wheel (14) of a camshaft, and with the high-pressure pump being integrated into the drive system, with at least one parameter of the high-pressure pump of the common-rail injection system being selected such that the order of the torque excitation of the high-pressure pump is equal to the order of the torque excitation of at least one camshaft, and the angular position of the high-pressure pump in the drive system being selected such that oscillations of the torque at the high-pressure pump and oscillations of the torque at the camshaft are at least partially eliminated, and with the transmission ratio of the high-pressure pump of the common-rail injection system with respect to the camshaft being selected, as a parameter, such that the order of the torque excitation of the high-pressure pump is equal to the order of the torque excitation of at least one camshaft.

2. Method according to Claim 1,
   characterized in that
   the number of piston strokes of the high-pressure

pump of the common-rail injection system is selected, as a parameter, such that the order of the torque excitation of the high-pressure pump is equal to the order of the torque excitation of at least one camshaft.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the number of pistons of the high-pressure pump of the common-rail injection system is selected, as a parameter, such that the order of the torque excitation of the high-pressure pump is equal to the order of the torque excitation of at least one camshaft.

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the angular position of the high-pressure pump is selected in relation to the angular position of the camshaft.

Revendications

1. Procédé pour réduire la charge totale du système d'entraînement d'un système d'injection de type à rampe commune d'un moteur diesel, dans lequel un couple d'un pignon de vilebrequin (10) est transmis par le biais d'un élément d'entraînement (16) à une roue d'entraînement (12) d'une pompe haute pression et à au moins une roue d'arbre à cames (14) d'un arbre à cames, la pompe haute pression étant intégrée dans le système d'entraînement, au moins un paramètre de la pompe haute pression du système d'injection à rampe commune étant choisi de telle sorte que l'ordre de l'excitation du couple de la pompe haute pression soit égal à l'ordre de l'excitation du couple d'au moins un arbre à cames, et la position angulaire de la pompe haute pression dans le système d'entraînement est choisie de telle sorte que les oscillations du couple sur la pompe haute pression et les oscillations du couple sur l'arbre à cames s'annulent au moins partiellement, et le rapport de transmission de la pompe haute pression du système d'injection à rampe commune par rapport à l'arbre à cames est choisi en tant que paramètre de telle sorte que l'ordre de l'excitation du couple de la pompe haute pression soit égal à l'ordre de l'excitation du couple d'au moins un arbre à cames.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le nombre des courses du piston de la pompe haute pression du système d'injection à rampe commune est choisi en tant que paramètre de telle sorte que l'ordre de l'excitation du couple de la pompe haute pression soit égal à l'ordre de l'excitation du couple d'au moins un arbre à cames.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le nombre de pistons de la pompe haute pression du système d'injection à rampe commune est choisi en tant que paramètre de telle sorte que l'ordre de l'excitation du couple de la pompe haute pression soit égal à l'ordre de l'excitation du couple d'au moins un arbre à cames.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la position angulaire de la pompe haute pression est choisie en fonction de la position angulaire de l'arbre à cames.

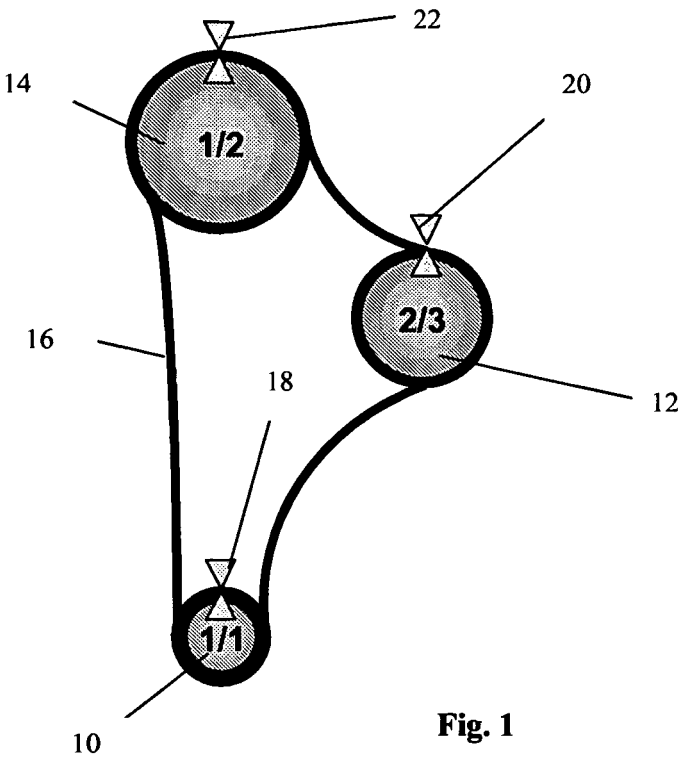


Fig. 1

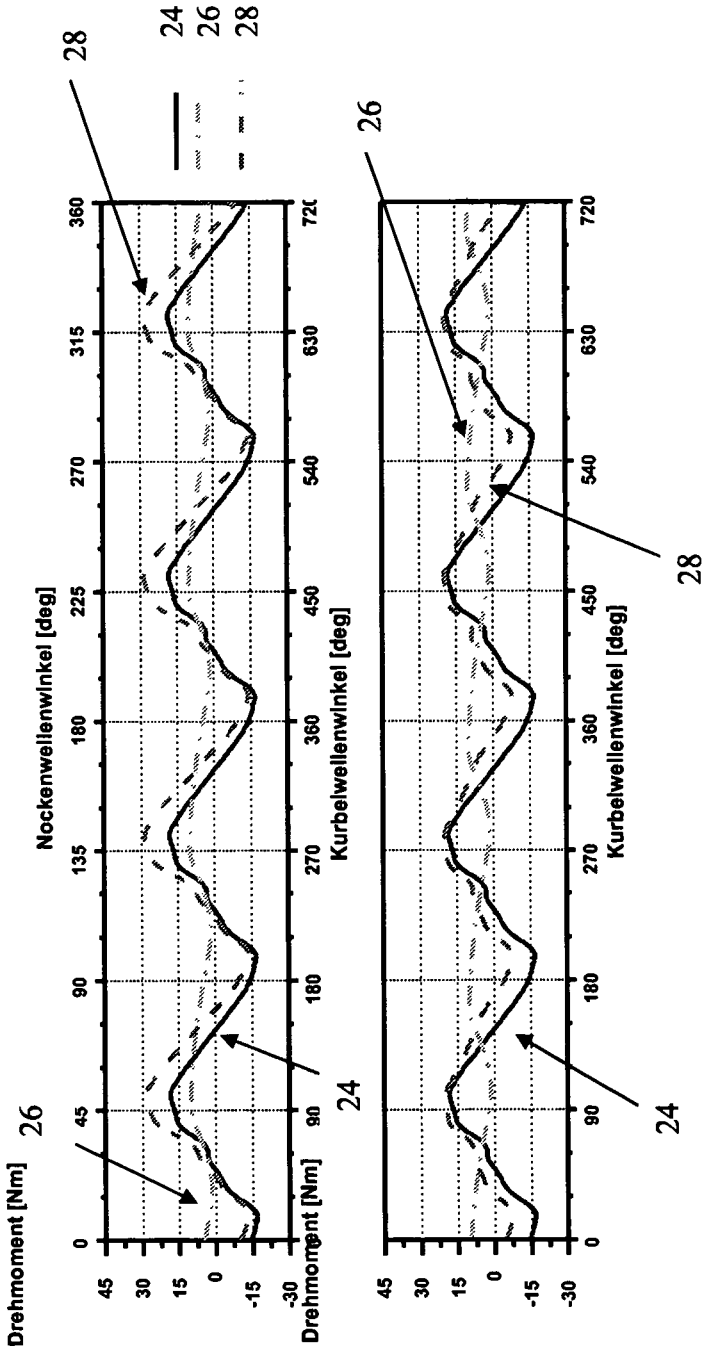

Drehmoment [Nm]
Nockenwellenwinkel [deg]
Kurbelwellenwinkel [deg]
Drehmoment [Nm]
Kurbelwellenwinkel [deg]
24
26
28

Fig. 2

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

- EP 0849438 A1 **[0002]**
- EP 0844385 B1 **[0003]**
- EP 1321662 A1 **[0003]**