



(10) **DE 103 60 332 A1** 2005.07.21

Offenlegungsschrift

(51) Int Cl.⁷: **F02D 41/38**

(43) Offenlegungstag: **21.07.2005**

(72) Erfinder:
Heinstein, Axel, 71299 Wimsheim, DE;
Ries-Mueller, Klaus, 74906 Bad Rappenau, DE

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen eines Förderintervalls einer Hochdruckpumpe**

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Bestimmung eines Förderintervalls einer Hochdruckpumpe nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

[0002] Bei direkteinspritzenden Diesel- oder Benzinmotoren werden typischerweise rücklauffreie Hochdruckpumpen eingesetzt, die einen für die Einspritzung notwendigen Kraftstoffdruck aufbauen. Ein Drucksensor im Druckspeicher überwacht den Kraftstoffdruck und liefert ein Steuersignal für die Einstellung des Kraftstoffdrucks über ein Mengensteuerventil. Um den Kraftstoffdruck einstellen zu können, ist es notwendig das Mengensteuerventil winkelsynchron während eines Förderhubs der Hochdruckpumpe anzusteuern.

[0003] Häufig sitzt die Hochdruckpumpe auf der Nockenwelle bzw. wird über diese angetrieben. In der Regel wird die Phasenlage über ein Phasengeberrad der Nockenwelle und einen Phasengeber bestimmt und auf die Winkelstellung der Kurbelwelle bezogen. Ist ein Phasengeber für die Nockenwelle nicht vorhanden oder wird darauf verzichtet, sind weitere Maßnahmen notwendig, um die Phasenlage eindeutig zu bestimmen.

[0004] Aus der DE 100 23 227 A1 ist bereits ein Verfahren zum Bestimmen der Position eines Kolbens einer Einzylinder-Hochdruckpumpe eines Kraftstoffzumesssystems einer direkteinspritzenden Brennkraftmaschine bekannt, wobei die Fördermengen der Hochdruckpumpe durch ein ansteuerbares Mengensteuerventil eingestellt wird. Ist der Druckspeicher gefüllt und liegt ein konstanter Arbeitsdruck vor, so wird zur Erkennung der Phasenlage das Mengensteuerventil in regelmäßigen Abständen mit einem Impuls angesteuert. Befindet sich die Hochdruckpumpe in einem Förderhub ist als Reaktion auf die impulsartige Ansteuerung des Mengensteuerventils ein kurzzeitige Veränderung des Drucks im Druckspeicher zu beobachten, in einem Saughub jedoch nicht. Die kurzzeitigen Druckveränderungen des Speicherdrucks werden gemessen und die zugehörige Winkelstellung der Kurbelwelle bestimmt. Aus einer Vielzahl von Messungen können dann der Beginn und das Ende eines Förderhubs in Bezug auf die Winkelstellung der Kurbelwelle bestimmt werden.

Vorteile

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass ein Förderintervall einer Hochdruckpumpe bereits bei Inbetriebnahme der Hochdruckpumpe anhand des Druckverlaufs der

Hochdruckpumpe ermittelt werden kann. Darüber hinaus kann so in vorteilhafter Weise die Stellung der Antriebswelle der Hochdruckpumpe bzw. die Position des Förderintervalls bestimmt werden, ohne dass zusätzlich ein Phasensensor auf der Antriebswelle angeordnet sein muss.

[0006] In vorteilhafter Weise wird als Beginn des Förderintervalls der Zeitpunkt bestimmt, bei dem der Druckverlauf von einem Druckplateau in einen Druckanstieg übergeht und als Ende des Förderintervalls wird der Zeitpunkt bestimmt, bei dem der Druckverlauf von einem Druckanstieg in ein Druckplateau übergeht.

[0007] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird eine erste zeitliche Ableitung des Druckverlaufs der Hochdruckpumpe gebildet. Der Zeitpunkt, bei dem die erste zeitliche Ableitung einen Schwellenwert überschreitet wird als Beginn des Förderintervalls bestimmt; und der Zeitpunkt, bei dem die erste zeitliche Ableitung diesen Schwellenwert unterschreitet als Ende des Förderintervalls bestimmt.

[0008] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform steht die Antriebswelle der Hochdruckpumpe in einem festen Übersetzungsverhältnis zur Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine und Beginn und Ende des Förderintervalls werden relativ zur Winkelstellung der Kurbelwelle bestimmt.

[0009] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Zeichnungen dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in den Zeichnungen.

Zeichnungen

[0010] Es zeigen:

[0011] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Kraftstoffzumesssystems;

[0012] [Fig. 2](#) ein Diagramm mit einem schematischen Druckverlauf einer Hochdruckpumpe über der Zeit;

[0013] [Fig. 3](#) ein Diagramm mit einer ersten zeitlichen Ableitung des Druckverlaufs gemäß [Fig. 2](#)

Beschreibung

[0014] [Fig. 1](#) stellt schematisch ein Kraftstoffzumesssystem **1** als technisches Umfeld des erfindungsgemäßen Verfahrens dar. Eine Kraftstoffpumpe **10** fördert aus einem Kraftstofftank **60** Kraftstoff zu einer Hochdruckpumpe **30**. Die Hochdruckpumpe **30** versorgt wiederum auf der stromabwärts liegenden Hochdruckseite einen Druckspeicher **40** über den eine Vielzahl von Einspritzdüsen **50** mit Kraftstoff versorgt werden. Stromaufwärts und stromabwärts der Hochdruckpumpe **30** befinden sich Rückschlagventile **35**, **36**, die einen Rückfluss von Kraftstoff in den Niederdruckbereich verhindern. Parallel zur Hochdruckpumpe **30** ist ein Mengensteuerventil **20** angeordnet, wobei eine erste Verbindungsleitungen mit dem Niederdruckbereich zwischen Kraftstoffpumpe **10** und dem Rückschlagventil **35** verbunden ist, und eine zweite Verbindungsleitung mit dem Hochdruckbereich zwischen Hochdruckpumpe und Rückschlagventil **36**. Über das Mengensteuerventil **20** kann bei Bedarf Kraftstoff aus dem Hochdruckbereich in den Niederdruckbereich geleitet werden, wodurch sich sowohl die Kraftstofffördermenge der Hochdruckpumpe und somit auch der Druck im Druckspeicher **40** regeln lässt. Im Hochdruckbereich ist ein Drucksensor **80** angeordnet, der ein Drucksignal an ein Steuergerät **90** weitergibt, das anhand des Drucksignals und ggf. unter Berücksichtigung weitere Signale, Messwerte oder Bedingungen das Mengensteuerventil **20** zur Druckregelung ansteuert.

[0015] Je nach Ausführung können die Hochdruckpumpe, das Mengensteuerventil und auch die Rückschlagventile in einem gemeinsamen Pumpengehäuse angeordnet sein.

[0016] Typischerweise werden bspw. bei der Benzindirekteinspritzung (BDE) rücklauffreie Hochdruckpumpen eingesetzt, die einen für die Einspritzung notwendigen Kraftstoffdruck von bis zu 200 bar erzeugen. Um die Fördermenge der Hochdruckpumpe und damit auch den Druck im Druckspeicher zu regeln, ist es erforderlich das Mengensteuerventil in der Förderphase bzw. während des Förderhubs der Hochdruckpumpe anzusteuern. Da derartige Regelungen typischerweise in Bezug auf die Winkelposition der Kurbelwelle erfolgen, ist zweckmäßig auch die Phasenlage auf diese Winkelposition zu beziehen.

[0017] In einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel ist das Mengensteuerventil **20** während des Motorstarts ständig geschlossen. Dadurch wird mit jedem Nockenhub bzw. Förderhub Kraftstoff in den Druckspeicher **40** befördert und der Druck steigt an.

[0018] In [Fig. 2](#) ist schematisch ein für eine Einzylinder-Hochdruckpumpe charakteristischer Druckverlauf **100** bzw. Druckanstieg dargestellt. Während der Ansaugphase, bei dem sich der Pumpenkolben vom

oberen (OT) zum unteren Totpunkt (UT) bewegt, bleibt der Druck im Hochdruckbereich im Wesentlichen konstant. Überschreitet der Kolben den unteren Totpunkt (UT) beginnt die Förderphase (t_{ein}) und der Druck auf der Hochdruckseite steigt an. Erreicht der Pumpenkolben wieder den oberen Totpunkt (OT) ist die Förderphase beendet (t_{ende}) und der Druck steigt nicht weiter an, sondern verbleibt während der Ansaugphase auf einem sogenannten Druckplateau bis eine erneute Förderphase beginnt.

[0019] Die Förderphase bzw. das Förderintervall der Hochdruckpumpe lässt sich so in vorteilhafter Weise aus dem Druckverlauf der Hochdruckpumpe während der Inbetriebnahme des Motors bzw. des Kraftstoffzumesssystems ermitteln.

[0020] Die so ermittelten Zeitpunkte für den Beginn t_{ein} und/oder das Ende t_{ende} des Förderintervalls können nun in Beziehung mit Winkelpositionen einer mit der Hochdruckpumpe verbundenen Welle gebracht werden. Typischerweise wird die Position des Förderintervalls relativ zum Kurbelwellenwinkel bestimmt.

[0021] Wird die Hochdruckpumpe über die Nockenwelle angetrieben, die in einem Übersetzungsverhältnis von 2:1 zur Kurbelwelle steht, so genügt es, einmalig den Beginn bzw. das Ende des Förderintervalls relativ zur Kurbelwelle zu bestimmen. Bei bekannter Position der Kurbelwelle ist somit immer auch die Lage des Förderintervalls der Hochdruckpumpe – die Phasenlage – bekannt.

[0022] Wird die Hochdruckpumpe jedoch an einer Welle betrieben, die in einem ungeraden Verhältnis zur Kurbelwelle steht – beispielsweise eine Ausgleichswelle mit einem Übersetzungsverhältnis von 0,83 – stimmt die Phase nicht mehr mit einer bestimmten Position der Kurbelwelle überein, sondern verschiebt sich mit jeder Umdrehung der Kurbelwelle. Somit ist die Phasenlage der Hochdruckpumpe, allein aus der Winkelposition der Kurbelwelle ohne Weiteres nicht zu bestimmen.

[0023] Da erfindungsgemäß das Förderintervall schon beim Start der Brennkraftmaschine bzw. Inbetriebnahme des Kraftstoffzumesssystems bestimmt wird, ist es in vorteilhafter Weise möglich – noch bevor das Mengensteuerventil oder die Einspritzventile angesteuert werden – die Position des Förderintervalls relativ zur aktuellen Kurbelwellenposition zu ermitteln. Die Positionen der weiteren Förderintervalle ergeben sich aus dem bekannten Übersetzungsverhältnis zwischen Antriebswelle und Kurbelwelle. Eine vorliegende Phasenverschiebung kann in einfacher Weise beispielsweise durch ein Steuergerät berücksichtigt werden. Wird eine Hochdruckpumpe gemäß dem oben genannten Beispiel an einer Ausgleichswelle mit einem Übersetzungsverhältnis von 0,83 be-

trieben, überstreicht die Kurbelwelle zwischen dem Beginn eines ersten und dem Beginn eines folgenden Förderintervalls einen Winkel von ca. 300°. Die Phase verschiebt sich somit bei jeder Kurbelwellenumdrehung um jeweils ca. 60°.

[0024] [Fig. 3](#) zeigt eine Möglichkeit, die Position des Förderintervalls aus dem Druckverlauf rechnerisch zu ermitteln. Das Diagramm stellt schematisch die 1. zeitliche Ableitung **200** des in [Fig. 2](#) gezeigten Druckverlaufs **100** dar. Während der Ansaugphase ist der Druck im Wesentlichen konstant, so dass die Ableitung **200** einen Wert 0 oder nahe 0 aufweist. Als Beginn t_{ein} des Förderintervalls wird der Zeitpunkt bestimmt, beim dem die 1. zeitliche Ableitung einen Schwellenwert überschreitet, als Ende t_{ende} des Förderintervalls wird der Zeitpunkt bestimmt, bei dem die 1. zeitliche Ableitung **200** den Schwellenwert SW unterschreitet. Die Größe des Schwellenwertes kann je nach Anwendungsfall bedarfsgerecht gewählt werden. Ein hoher Schwellenwert schränkt zwar die Dauer des ermittelten Förderintervalls ein, die Bestimmung ist aber weniger anfällig für betriebsbedingte Druckschwankungen.

[0025] Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass für Beginn und Ende des Förderintervalls unterschiedliche Schwellenwerte herangezogen werden. Beispielsweise ist es so möglich, ein Förderintervall festzulegen, das außerhalb eines ersten Druckanstiegs liegt.

[0026] Weiter kann es vorgesehen sein anhand weiterer Ableitungen den Druckverlauf auszuwerten.

[0027] Darüber hinaus kann es vorgesehen sein, eventuelle Totzeiten beim Druckaufbau zu berücksichtigen.

[0028] Als Förderhub soll hier die Bewegung des Pumpenkolbens vom unteren Totpunkt (UT) zum oberen Totpunkt (OT) verstanden werden. Da beim Durchschreiten des unteren Totpunkts nicht zwangsläufig ein Druckanstieg im Druckspeicher zu erwarten ist, können der Beginn des Förderintervalls und der Beginn des Förderhubs leicht von einander abweichen. Prinzipiell kann die Länge des Förderintervalls und des Förderhubs als gleich betrachtet werden, erst durch speziell gewählte Auswertungen oder Auswahlverfahren ergibt sich ein Unterschied. So ist in [Fig. 3](#) zu erkennen, dass bereits unterhalb des gesetzten Schwellenwertes SW der Druck ansteigt. Das Förderintervall liegt somit zwar in den Grenzen des Förderhubs stimmt jedoch nicht exakt mit den Grenzen des Förderhubs überein.

[0029] Ausgehend von einem bestimmten Förderintervall kann jedoch bei Bedarf auch der genaue Förderhub und somit die Phasenlage des oberen und unteren Totpunkts der Hochdruckpumpe bestimmt

werden.

[0030] In einem weiteren Ausführungsbeispiel ist es denkbar, dass der Druckverlauf einer mehrzylindrige Hochdruckpumpe ausgewertet wird und die Phasenlage entsprechend bestimmt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Förderintervalls einer Hochdruckpumpe in einem Kraftstoffzumesssystem, **dadurch gekennzeichnet**,
– dass zumindest während einer Inbetriebnahme des Kraftstoffzumesssystems ein Druckverlauf ermittelt wird,
– dass anhand des Druckverlaufes das Förderintervall der Hochdruckpumpe bestimmt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, dass der Druckverlauf in einem Hochdruckbereich ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
– dass der Zeitpunkt bei dem der Druckverlauf von einem Druckplateau in einen Druckanstieg übergeht als Beginn t_{ein} des Förderintervalls bestimmt wird
– und dass der Zeitpunkt bei dem der Druckverlauf von einem Druckanstieg in ein Druckplateau übergeht als Ende t_{ende} des Förderintervalls bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
– dass eine erste zeitliche Ableitung des Druckverlaufs gebildet wird
– und der Zeitpunkt, bei der die erste zeitliche Ableitung größer als ein Schwellenwert wird als Beginn t_{ein} des Förderintervalls bestimmt wird,
– und der Zeitpunkt, bei der die erste zeitliche Ableitung kleiner als der Schwellenwert wird als Ende t_{ende} des Förderintervalls bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass für Beginn und Ende des Förderintervalls unterschiedliche Schwellenwerte berücksichtigt werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
– dass eine Antriebswelle der Hochdruckpumpe in einem festen Übersetzungsverhältnis zu einer Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine steht,
– und dass Beginn bzw. Ende des Förderintervalls relativ zur Winkelstellung der Kurbelwelle bestimmt werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

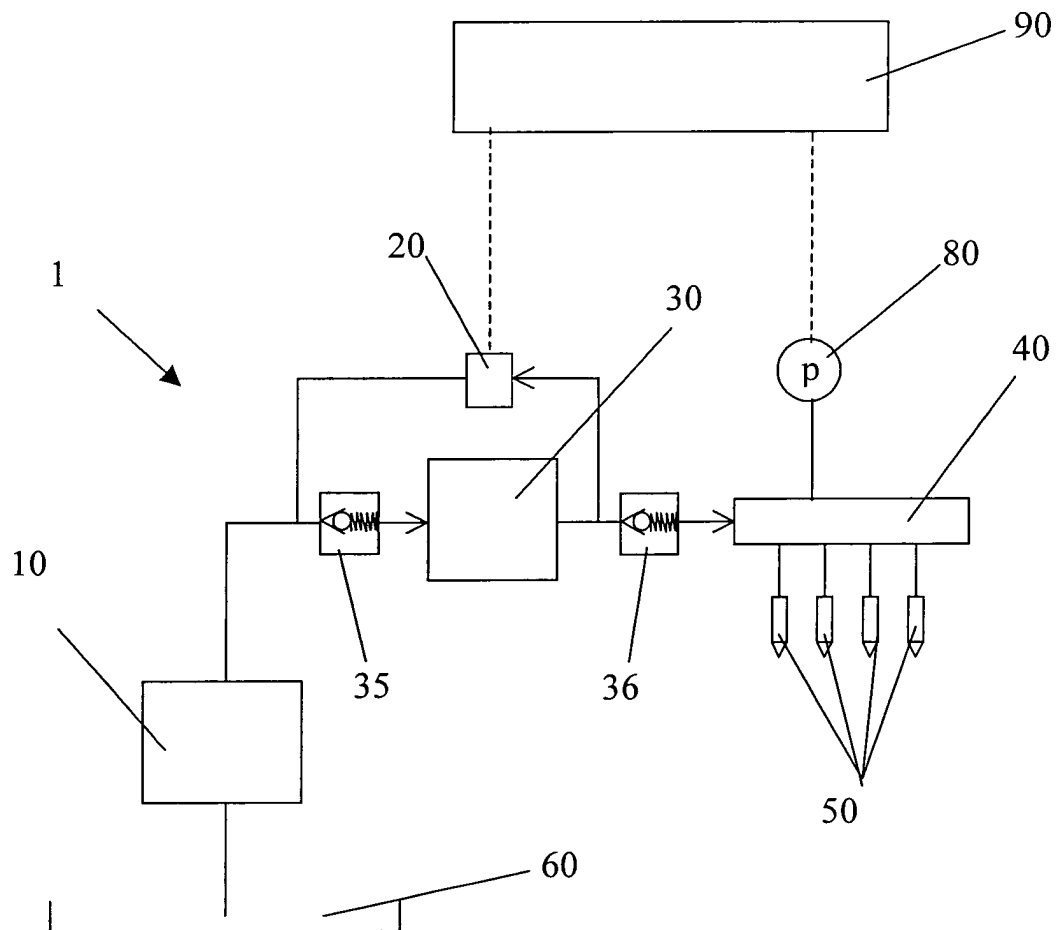


Fig. 1

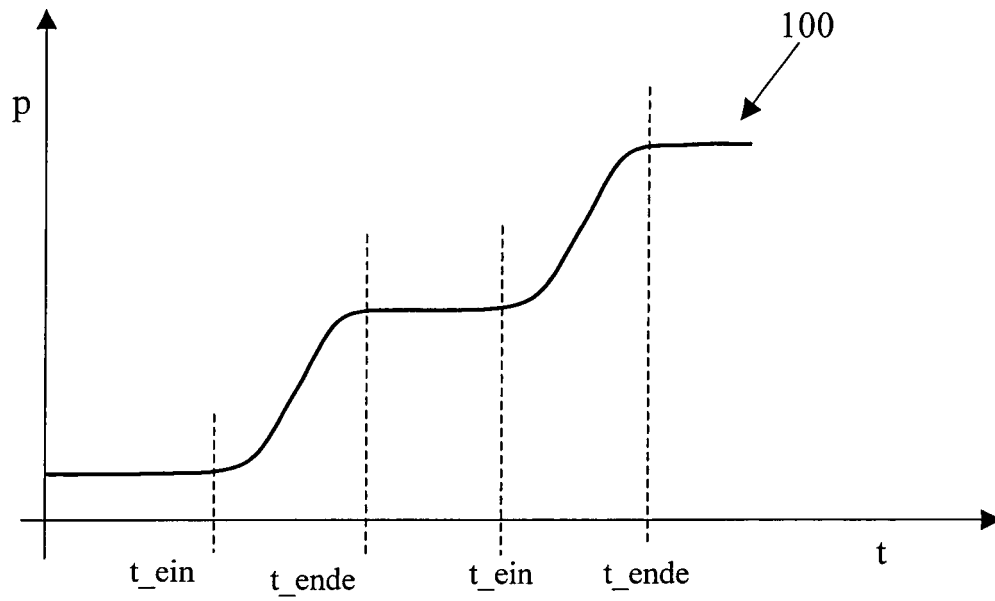


Fig. 2

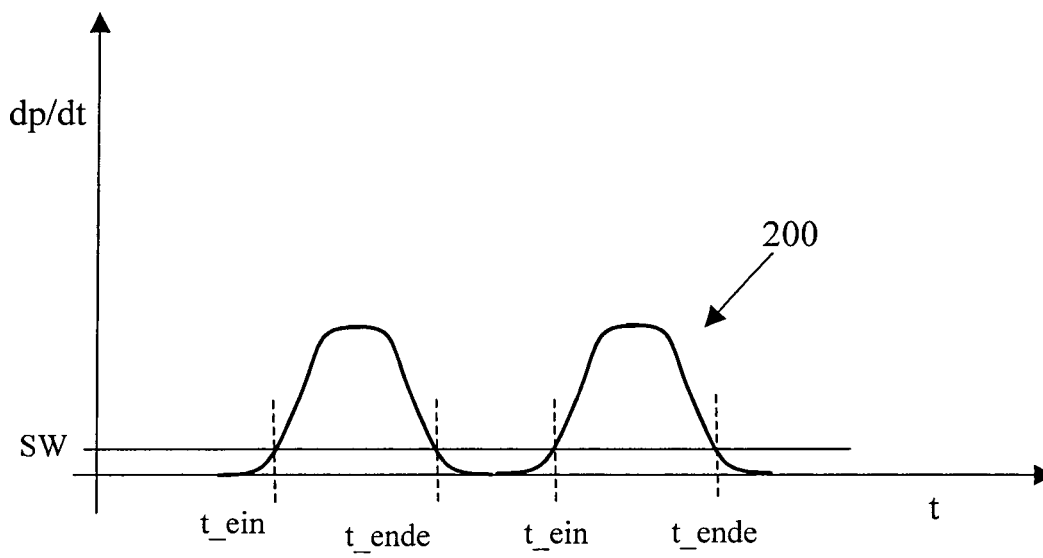


Fig. 3