



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 340 899 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.09.2003 Patentblatt 2003/36

(51) Int Cl.7: **F02D 37/00, F02D 41/30**

(21) Anmeldenummer: **03003638.8**

(22) Anmeldetag: **18.02.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO

(30) Priorität: **28.02.2002 DE 10208942**

(71) Anmelder:
• **ADAM OPEL AG**
65423 Rüsselsheim (DE)

• **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

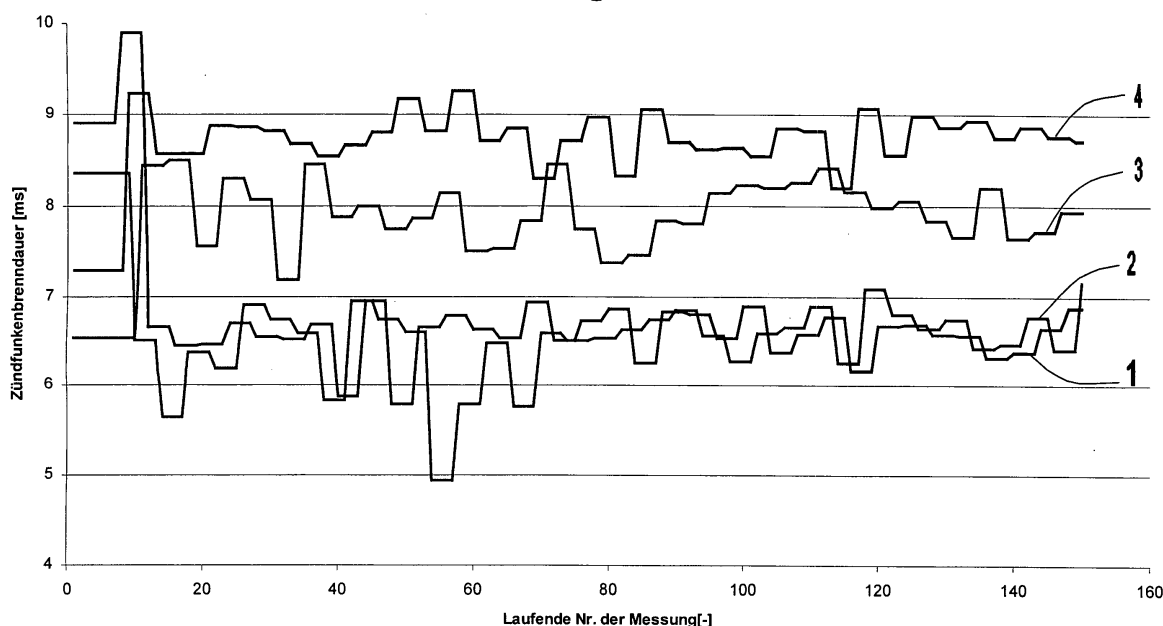
(72) Erfinder:
• **Herter, Andreas, Dipl.-Ing.**
55237 Flonheim (DE)
• **Wonneberger, Björn, Dipl.-Ing.**
65719 Hofheim (DE)
• **Kirmess, Oliver, Dr.-Ing.**
64560 Riedstadt (DE)
• **Eisath, Christoph, Dipl.-Ing.**
94353 Haibach (DE)

(54) **Verfahren und System zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes einer Brennkraftmaschine**

(57) Die vorliegende Erfindung schlägt erstmals ein Verfahren zur Bestimmung der Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bei einem direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes vor. Hierbei dient eine Spannung auf der Primärseite einer Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite der Zündspule zur

Auswertung des Verlaufs der Zündspannung. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann in kürzester Zeit selbst bei Ausfall eines Nockenwellensensors der erstmalige Takt bestimmt werden, bei dem in den jeweiligen Zylinder eingespritzt und in dem jeweiligen Zylinder gezündet wird. Ferner schlägt die vorliegende Erfindung erstmals ein System zur Durchführung vorstehend beschriebenen Verfahrens vor.

Fig. 1



EP 1 340 899 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bei einem direkteinspritzenden Hubkolbenverbrennungsmotor zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, als auch ein System zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

[0002] Aus der Praxis ist ein Verfahren bekannt, welches eine Spannung auf der Primärseite einer Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite der Zündspule abgreift, um am heißen, d. h. laufenden Motor feststellen zu können, ob die dem jeweiligen Zylinder zugeordnete Zündkerze als auch deren Zündspule korrekt arbeiten.

[0003] Bei Entwicklungsarbeiten für eine Motorsteuerung wurde festgestellt, dass bei einem Ausfall eines Nockenwellensensors kein Motorstart möglich ist. Dies liegt daran, dass dann die Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle nicht exakt bestimmt werden kann, so dass bei einem direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor der richtige Einspritzzeitpunkt nicht bestimmt werden kann. Dieses Problem trat bislang nicht auf, da bei den in Serie produzierten saugrohrein-spritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotoren bei einem Ausfall der Synchronisation von Nockenwelle und Kurbelwelle ein Starten des Motors und dessen Betrieb nicht verhindert ist.

[0004] Demzufolge ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren vorzuschlagen, mit dem trotz Ausfalls des Nockenwellensensors bei einem direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor dennoch der richtige Einspritzzeitpunkt für einen Motorstart und dessen Betrieb bestimmt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0006] Hierbei wird erstmals ein Verfahren zur Bestimmung des korrekten Einspritzzeitpunktes bei direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotoren vorgeschlagen, bei dem ein Zünden des Verbrennungsmotors mit 360° Kurbelwellensensor-Versatz auf gleichen Zylindern erfolgt, wobei kein Kraftstoff eingespritzt wird. Der jeweilige Spannungsverlauf auf der Primärseite der Zündspule wird, vorzugsweise durch Abgriff an der üblicherweise vorhandenen Motorsteuerung, erfasst und die jeweilige Brenndauer des Zündfunken aus dem jeweiligen Spannungsverlauf abgeleitet. Eine Auswertung der jeweiligen Funkenbrenndauer dient zur Bestimmung der Nockenwellenposition auf Basis dieser Funkenbrenndauer, wobei die Kurbelwellenposition mittels des Kurbelwellensensors bestimmt wird und aus diesen Daten die Nockenwellen-Position relativ zur Kurbelwelle abgeleitet werden kann. Damit wird bestimmbar, welcher der beiden beobachteten Zylinder im Verdichtungs- und welcher im Ausschietakt ist, so dass festgelegt werden kann, welches der erste Takt ist, bei dem in den jeweiligen Zylinder eingespritzt und in

dem jeweiligen Zylinder gezündet wird.

[0007] Die hierbei erfolgende Synchronisation von Nockenwelle und Kurbelwelle basiert auf Auswertung des Verlaufes der Zündspannung. Dabei wird die Spannung auf der Primärseite der Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite genommen.

[0008] Zwar erfolgt bereits bei der eingangs erwähnten Motorsteuerungssoftware eine Auswertung des Spannungsverlaufs auf der Primärseite. Diese Auswertung dient jedoch lediglich zu Diagnosezwecken am im Betrieb befindlichen Motor, indem über die Berechnung der Zündfunkenbrenndauer Fehler bei Zündkerzen, Spulen oder Kabeln erkannt werden. Es bleibt hierbei der Nachteil aller bisher bekannten Systeme bestehen. Zum erfolgreichen Starten eines, direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotors wird ein funktionierender Nockenwellen-Sensor benötigt.

[0009] Denn bei direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotoren (kurz BDE-Motoren) wird der Kraftstoff nicht wie bei herkömmlichen Motoren in das Saugrohr, sondern direkt in die Zylinder eingespritzt. Aus diesem Grund ist es im Gegensatz zu einer Einspritzung ins Saugrohr (kurz MPFI) zwingend notwendig, die Stellung der Nockenwelle zur Kurbelwelle zu kennen, um exakt zum richtigen Zeitpunkt einzuspritzen. Die hierzu notwendige Synchronisierung der Nockenwelle zur Kurbelwelle erfolgt beim Motorstart im Regelfall über eine Auswertung der Signale des Nockenwellen-Sensors (kurz CAM-Sensor) und des Kurbelwellensensors (kurz CRK-Sensor). Fällt nun während der Fahrt der Nockenwellen-Sensor aus, kann der Motor zwar bis zum nächsten Motorstop weiterbetrieben werden, da die Stellung beider Wellen zueinander zuvor beim Start ermittelt worden war. Ein erneuter Start ist aber nach einem Motorstop bei ausgefallenem Nockenwellen-Sensor nicht mehr möglich, da die Synchronisierung der Nockenwelle zur Kurbelwelle fehlschlägt.

[0010] Bei den herkömmlichen Saugmotoren (MPFI-Motoren) konnte dann durch Zündung sowohl im Verdichtungsakt als auch im Ausschietakt verbunden mit einer Kraftstoffeinspritzung ins Saugrohr der Motor erneut gestartet und, wenngleich ohne Synchronisierung, betrieben werden.

[0011] Dies ist bei direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotoren schlichtweg nicht möglich. Die vorliegende Erfindung schafft hier erstmals in vorteilhafter Weise Abhilfe.

[0012] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird beim Start zunächst nicht eingespritzt, sondern lediglich in 360° CRK-Abstand auf gleichen Zylindern gezündet. Der unterschiedliche Druck im Zylinder führt dazu, dass sich die Funkenbrenndauer im Verdichtungs- und im Ausschietakt unterscheiden. In aufwändigen Versuchsreihen wurde festgestellt, dass die Zündfunkendauer bei höherer Dichte (Verdichtungsakt) kürzer ist, wohingegen die Zündfunkendauer bei kleinerer Dichte (Ausschietakt) länger ist. Dies hat unterschiedliche Spannungsverläufe auf der Sekundär- und

der Primärseite der Zündspule zur Folge. Eine Bestimmung dieser unterschiedlichen Funkenbrenndauern gestattet es damit in vorteilhafter Weise, die Lage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle zu ermitteln.

[0013] Dabei wird angenommen, dass die Spannung auf der Primärseite, bereinigt um die Batteriespannung, ungefähr gleich der Spannung an der Zündkerze ist, geteilt durch das Übertragungsverhältnis der Zündkerze. Die Zündfunkenbrenndauer ist dann die Dauer, in der die Spannung an der Primärseite einen bestimmten Schwellwert überschreitet. Dieser Schwellwert ist unter anderem abhängig von der eingesetzten Hardware.

[0014] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann in vorteilhafter Weise aus der Funkenbrenndauer ermittelt werden, welches der Zündereignisse im Verdichtungsstakt, und welches im Ausschietstakt stattfand.

[0015] Die durchgeführten Tests, bei denen jeweils bei zwei Zylindern im Verdichtungsstakt und bei zwei Zylindern im Arbeitstakt gezündet wurde, ergaben überraschend, dass die Funkenbrenndauer im Verdichtungsstakt ca. 10 bis 30% größer ist, als im Arbeitstakt.

[0016] Vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche. So wird bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens die Bestimmung des Einspritzzeitpunktes mit wenigen Messungen, vorzugsweise mit zwei Messungen, jeweils an einem Zylinder vorgenommen. Damit kann in vorteilhafter Weise der Zielkonflikt zwischen einem möglichst schnellen und einem möglichst sicheren Start des Motors gelöst werden. Denn eine Synchronisierung nach möglichst wenigen Messungen hilft die Startdauer klein zu halten, wobei das erfindungsgemäße Verfahren in vorteilhafter Weise einen sicheren und zuverlässigen Start gewährleistet.

[0017] Bei einer weiter bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird die Anzahl der Messungen für eine Synchronisation von der Erkennungssicherheit abhängig gemacht. Dies kann insbesondere dadurch realisiert werden, dass die Erkennungssicherheit durch die Berechnung eines Bestimmtheitsgrades, der bei Überschreitung eines Schwellwertes eine Einspritzung und damit den Motorstart gestattet, gewährleistet ist. Hiermit wird in vorteilhafter Weise sichergestellt, dass der Unterschied in der Funkenbrenndauer unter allen Randbedingungen, wie beispielsweise Bauteiltoleranzen, Umgebungsdruck oder dergleichen immer signifikant genug ist, um mit wenigen Messungen eine korrekte Synchronisierung sicherstellen zu können, ohne vorab in entsprechenden Tests sämtliche Randbedingungen überprüfen zu müssen.

[0018] Insbesondere das intelligente Ausgestalten der Funktion zur Synchronisierung in der Weise, dass die Anzahl der Messungen und die Startzeit abhängig von der Erkennungssicherheit gemacht sind, hilft, die Forderung nach einem schnellen und sicheren Motorstart einzuhalten.

[0019] Die Berechnung des Bestimmtheitsgrades erfolgt fortlaufend auf der Basis aller zuvor im aktuellen

Startversuch gemessenen Werte, die ständig aktualisiert werden, und erst bei Überschreiten eines festgesetzten Stellwertes eine Einspritzung und damit den Motorstart gestattet.

[0020] Dies kann beispielsweise mittels eines gleitenden Mittelwertes und der zugehörigen Standardabweichungen umgesetzt werden, wobei immer dann, wenn die Standardabweichung klein ist im Verhältnis zu der Differenz der gleitenden Mittelwerte, ein Einspritzen und Zünden möglich ist.

[0021] Die obige Aufgabe wird in system- bzw. vorrichtungstechnischer Hinsicht gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 5.

[0022] Hierbei wird erstmals ein System zur Durchführung des Verfahrens zur Bestimmung der Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bei einem direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes vorgeschlagen, wobei eine Auswertung des Verlaufs der Zündspannung in der Weise erfolgt, dass eine Spannung auf der Primärseite einer Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite der Zündspule dient. Hierbei umfasst das System eine Steuereinheit, die beim Starten ein Zünden ohne Einspritzen von Kraftstoff ermöglicht, und an welcher die jeweiligen primärspulenseitigen Spannungsverläufe der Zündspulen anliegen und abgegriffen werden können. Des weiteren weist das erfindungsgemäße System eine Auswerteeinheit auf, mittels der die jeweilige Funkenbrenndauer erfasst und ausgewertet werden kann, eine Bestimmung der Nockenwellen- und der Kurbelwellenposition mit Ableitung deren Position relativ zueinander möglich ist, und damit eine Festlegung des ersten Taktes, bei dem eingespritzt und gezündet werden soll, erfolgen kann. Dieses System bietet den zusätzlichen Vorteil, dass es bei allen bekannten direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotoren angewendet werden kann, da die dort regelmäßig verbauten Steuergeräte üblicherweise so aufgebaut sind, dass die primärspulenseitigen Spannungsverläufe vom Steuergerät abgegriffen werden können. Diese bekannten Steuergeräte sind dann so zu modifizieren bzw. deren Steuerungssoftware ist derart anzupassen, dass sie beim Starten ein Zünden ohne Einspritzen von Kraftstoff erlauben.

[0023] Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der einzigen Figur der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 einen schematisch vereinfachten Vergleich der Zündfunkenbrenndauer in einem Diagramm abgetragen über der laufenden Nummer der Messung.

[0024] In Fig. 1 ist in einem schematisch vereinfachten Diagramm längs der Abszisse die laufende Nummer der Messung und längs der Ordinate die Zündfunkenbrenndauer in Millisekunden bei einem Vergleich der Zündfunkenbrenndauer der vier Zylinder eines Motors

im Zünd-OT und im Ausschiebe-OT bei Anlasserdrehzahl abgetragen. Die vier verschiedenen Verläufe sind entsprechend der Bezugssziffern 1 bis 4 den Zylindern bis 4 zugeordnet.

[0025] Die vorliegende Erfindung gibt damit erstmals ein Verfahren zur Bestimmung der Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bei einem direkteinspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes an. Hierbei dient eine Spannung auf der Primärseite einer Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite der Zündspule zur Auswertung des Verlaufs der Zündspannung. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann in kürzester Zeit selbst bei Ausfall eines Nockenwellensensors der erstmögliche Takt bestimmt werden, bei dem in den jeweiligen Zylinder eingespritzt und in dem jeweiligen Zylinder gezündet wird. Ferner schlägt die vorliegende Erfindung erstmals ein System zur Durchführung vorstehend beschriebenen Verfahrens vor.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bei einem direkt einspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes, wobei eine Auswertung des Verlaufs der Zündspannung in der Weise erfolgt, dass eine Spannung auf der Primärseite einer Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite der Zündspule dient, **gekennzeichnet durch** die Schritte: a) Zünden des Verbrennungsmotors mit 360° Kurbelwellensensor-Versatz auf gleichen Zylindern, wobei kein Kraftstoff eingespritzt wird, b) Erfassung des jeweiligen Spannungsverlaufs auf der Primärseite der Zündspule, c) Erfassung der jeweiligen Brenndauer des Zündfunken aus dem jeweiligen Spannungsverlauf, d) Auswertung der jeweiligen Funkenbrenndauer, e) Bestimmung der Nockenwellenposition auf Basis der jeweiligen Funkenbrenndauer, f) Bestimmung der Kurbelwellenposition mittels eines Kurbelwellensensors, g) Ableitung der Nockenwellen-Position relativ zur Kurbelwelle mit Bestimmung, welcher der beiden Zylinder im Verdichtungs- und welcher im Ausschiebetakt ist, und h) Festlegung des ersten Taktes, bei dem in den jeweiligen Zylinder eingespritzt und in dem jeweiligen Zylinder gezündet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bestimmung des Einspritzzeitpunktes mit wenigen Messungen, vorzugsweise mit zwei Messungen, jeweils an einem Zylinder vorgenommen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anzahl der Messungen für

eine Synchronisation von der Erkennungssicherheit abhängig gemacht ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erkennungssicherheit durch die Berechnung eines Bestimmtheitsgrades, der bei Überschreitung eines Schwellwertes eine Einspritzung und damit den Motorstart gestattet, gewährleistet ist.
5. System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, zur Bestimmung der Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle bei einem direkt einspritzenden Hubkolben-Verbrennungsmotor zur Bestimmung des Einspritzzeitpunktes, wobei eine Auswertung des Verlaufs der Zündspannung in der Weise erfolgt, dass eine Spannung auf der Primärseite einer Zündspule als Maß für die Spannung auf der Sekundärseite der Zündspule dient, **gekennzeichnet durch** eine Steuereinheit, die beim Starten ein Zünden ohne Einspritzen von Kraftstoff ermöglicht, und an welcher die jeweiligen primärspulenseitigen Spannungsverläufe der Zündspulen anliegen, und eine Auswerteeinheit zur Erfassung und Auswertung der jeweiligen Funkenbrenndauer, Bestimmung der Nockenwellen- und der Kurbelwellenposition mit Ableitung deren Positionen relativ zueinander, und Festlegung des ersten Taktes, bei dem eingespritzt und gezündet wird.

Fig. 1

