



(11) **EP 1 540 163 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
24.01.2007 Patentblatt 2007/04

(51) Int Cl.:
F02D 41/34^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03794767.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/002260

(22) Anmeldetag: **08.07.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/025105 (25.03.2004 Gazette 2004/13)

(54) **VERFAHREN ZUR KORREKTUR DER POSITION DER WINKELMARKEN EINES
INKREMENTRADES EINES DREHZAL- UND/ODER DREHWINKELSENSORS UND SYSTEM
HIERZU**

METHOD FOR CORRECTING THE POSITION OF THE ANGULAR MARKS OF AN INCREMENTAL
WHEEL OF A ROTATIONAL SPEED SENSOR AND/OR AN ANGLE OF ROTATION SENSOR, AND
SYSTEM THEREFOR

PROCEDE POUR CORRIGER LA POSITION DES MARQUES ANGULAIRES D'UNE ROUE
INCREMENTIELLE D'UN CAPTEUR DE VITESSE DE ROTATION ET/OU D'ANGLE DE ROTATION
ET SYSTEME ASSOCIE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR IT

(30) Priorität: **10.09.2002 DE 10241893**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.06.2005 Patentblatt 2005/24

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **SCHUELER, Matthias
71638 Ludwigsburg (DE)**

- **FEHRMANN, Ruediger
71229 Leonberg (DE)**
- **SAMUELSEN, Dirk
71636 Ludwigsburg (DE)**
- **PALMER, Joachim
70825 Korntal-Muenchingen (DE)**
- **DAMITZ, Jens
75428 Illingen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 4 216 058 US-A- 4 744 243
US-A- 5 611 311 US-A- 5 789 658
US-A- 5 864 775

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 1 540 163 B1

Beschreibung

Stand der Technik

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur der Position der Winkelmarken eines Inkrementrades eines Drehzahl- und/oder Drehwinkelsensors eines Verbrennungsmotors und ein System hierzu.
- [0002]** Zur Erfassung von Drehzahl und Winkel, insbesondere Kurbelwinkel und/oder Nockenwinkel, eines Verbrennungsmotors werden Inkrementräder eingesetzt. Ein Inkrementrad weist an seinem Umfang Marken auf, die idealerweise mit äquidistantem Winkelabstand angebracht sind. Das Inkrementrad wird von einem Sensorelement abgetastet. Eine
- 10 **[0003]** nachgeschaltete Flankenauswertung detektiert die Position der Marken aus dem Sensorsignal.
- [0003]** Der tatsächliche Kurbelwinkel wird durch die Marken des Inkrementrades jedoch nur ungenau erfasst. Unter anderem verfälschen die Toleranzen von Inkrementrad (reale, nicht äquidistante Geberradmarken), Sensor und Flankenauswertung den so erfassten Winkel.
- [0004]** In der US 5,611,311 A wird der obere Totpunkt (TDC) durch einen Vorzeichenwechsel des Gradienten des Brennraumdrucks erfasst. Dadurch wird die Kurbelwellenlage relativ zum TDC erkannt.
- 15 **[0005]** Es sind Verfahren zur Adaption der Toleranzen von Geberrad und Winkelerfassung bekannt (DE 42 16 058 A1).
- [0006]** Da durch Kompression und Expansion der angesaugten Luft in den Zylindern auch im Schleppbetrieb eine ungleichförmige Drehbewegung des Motors entsteht, benötigen die bekannten Adaptionalgorithmen Modelle, die diese Drehunförmigkeit des Motors beschreiben. Nach Abtrennung dieser Signalanteile vom gemessenen Winkelsignal bleiben
- 20 die durch die Toleranzen des Geberrads bzw. der Winkelerfassung verursachten Signalanteile übrig.
- [0007]** Durch Auswertung der verbleibenden Signalanteile, z.B. nach der DE 42 16 058 A1, können nichtäquidistante Winkelmarken erkannt und anschließend zur Kompensation der Winkelfehler benutzt werden. Da die Modelle der Drehunförmigkeit des Motors nur bedingt genau sind, ist die beschriebene Trennung der Signalanteile jedoch nur näherungsweise möglich. Hierdurch verbleibt ein Restfehler für die Position der Winkelmarken.
- 25 **[0008]** Weiterhin sind Verfahren bekannt, um mit Hilfe von Brennraumdruck-Sensoren einzelne Parameter des Verbrennungsprozesses in einem Verbrennungsmotor zu erfassen bzw. zu regeln.
- [0009]** Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zur Korrektur der Position der Winkelmarken eines Inkrementrades eines Drehzahl- und/oder Drehwinkelsensors eines Verbrennungsmotors und ein System hierfür bereitzustellen, das eine Adaption der Signale des Inkrementrades auf einfache und dennoch sehr genaue Art und Weise ermöglicht.

30

Die Erfindung und ihre Vorteile

- [0010]** Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 13.
- 35 **[0011]** Die Erfindung hat den Vorteil, dass unter Ausnutzung der Information des Brennraum-Drucksignals die Inkrementfehler eines zur Erfassung von Drehzahl bzw. Wellenwinkel benutzten Messsystems ermittelt und kompensiert werden. Damit ist eine präzisere Steuerung des Verbrennungsmotors möglich. Insbesondere kann mit einem genaueren Winkelsignal die in einen Verbrennungsmotor einzuspritzende Kraftstoffmenge beinockengesteuerten Systemen mit geringerer Toleranz zugemessen werden.
- 40 **[0012]** Eine genaue Erfassung von Wellenwinkel und Drehzahl eines Verbrennungsmotors wird ermöglicht, indem die Position der Winkelmarken des Inkrementrades und des nichtäquidistanten Anteils der Abstände der Winkelmarken genau bestimmt wird. Die nichtäquidistanten Abstände der Winkelmarken können somit für die Berechnung des Wellenwinkels und der Wellendrehzahl berücksichtigt werden. Die Winkelkorrektur wird in speziellen Betriebssituationen des Verbrennungsmotors aus dem Brennraum-Drucksignal ermittelt.
- 45 **[0013]** Als besonders geeignet für die Ermittlung der Winkelmarkenkorrektur aus dem Zylinderdruckverlauf erweisen sich die Kompressions- und Expansionsphasen der Zylinder im Schleppbetrieb. In diesen Phasen weist die Ableitung des Brennraum-Drucksignals nach dem Kurbelwinkel sehr hohe Werte auf.
- [0014]** Wird die Zylinderdruckmessung durch die Winkelmarken getriggert, so führen Fehler in der Position der Winkelmarken zu vom fehlerfreien Fall abweichenden Zylinderdrücken. Diese Abweichungen können erkannt und zur Kalibrierung der Winkelmarken genutzt werden. Deswegen kann der Winkel beispielsweise der Kurbelwelle mit der beschriebenen Erfindung präziser ermittelt werden als mit bekannten Adaptionverfahren.
- 50 **[0015]** Modelle für die Drehunförmigkeit des Verbrennungsmotors, wie sie aus dem bekannten Stand der Technik bekannt sind, werden nicht benötigt.
- [0016]** Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

55

Zeichnung

- [0017]** Die Erfindung wird anhand der in den Zeichnungen dargestellten Figuren und dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel erläutert.

rungsbeispiel näher beschrieben.

Figur 1: zeigt den Zylinderdruck verschiedener Zylinder eines Verbrennungsmotors, der über dem Kurbelwellen-Winkel aufgetragen ist; und

Figur 2: zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems.

[0018] Gemäß Fig. 1 wird abhängig von der Anzahl Z der Zylinder des Verbrennungsmotors das Arbeitsspiel bzw. der Kurbelwellen-Winkel in Z verschiedene Segmente so eingeteilt, dass in jedem Segment ein Zylinder existiert, dessen Ein- und Auslassventile geschlossen sind. Dieser Zylinder befindet sich momentan in einer Kompressions- bzw. Expansionsphase und wird für dieses Segment für die Auswertung des Zylinderdrucks zur Winkelmarkenpositionserfassung ausgewählt.

[0019] Im folgenden wird beschrieben, wie erfindungsgemäß für jedes Segment die Position der Winkelmarken anhand des Zylinderdruckverlaufs korrigiert werden kann.

Der Kurbelwinkel des Verbrennungsmotors wird mit Hilfe eines mit der Kurbelwelle verbundenen Inkrementrades 1 erfasst. Dieses Inkrementrad 1 weist an seinem Umfang M Marken auf, die mit idealerweise äquidistantem Winkelabstand $\varphi_{\text{Inkr,ideal}}$ angebracht sind. (Bei Inkrementrädern mit fehlenden, eine Referenzlücke bildenden Marken entspricht M der Anzahl der vollständigen Marken). Ein Sensorelement 2 tastet das Inkrementrad ab. Eine Einheit Flankenauswertung 3 detektiert die Position der Marken aus dem Sensorsignal. Ein Inkrementzähler 4 zählt die Anzahl k der im aktuellen Segment detektierten Marken. Pro Segment sind vorzugsweise $2M/Z$ Marken vorhanden.

[0020] Ausgehend von einem Referenzpunkt vor der ersten Winkelmarke ergibt sich der Kurbelwinkel $\varphi_{KW,nom}(k)$ für die Winkelmarke k im fehlerfreien Fall aus dem Inkrementzähler durch die Beziehung

$$\varphi_{KW,nom}(k) = k \cdot \Delta\varphi_{\text{Inkr,ideal}}.$$

[0021] Bedingt durch Toleranzen von Inkrementrad 1, Sensorelement 2 und Flankenauswertung 3 ist der Winkel zwischen einzelnen Marken jedoch fehlerbehaftet und es ergibt sich für jede Marke k ein anderer Winkel $\Delta\varphi_{\text{Inkr,real}}(k)$.

$$\varphi_{KW,real}(k) = \sum_{i=1}^k \Delta\varphi_{\text{Inkr,real}}(i) \neq k \cdot \Delta\varphi_{\text{Inkr,ideal}}.$$

[0022] Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird getriggert durch die Detektion der Winkelmarken für jeden Zylinder (5a - 5b) des Verbrennungsmotors der Brennraumdruck $p_{\text{Zyl}}(1), p_{\text{Zyl}}(2), \dots, p_{\text{Zyl}}(2M/Z)$ mittels Drucksensoren (6a - 6b) erfasst. Ein Zylinderzähler 7 wählt mit Hilfe einer Signalauswahl-Einheit 8 daraus das Drucksignal des für dieses Segment bestimmten Zylinders aus. Die gemessenen Druckwerte werden in einer Messwert-Tabelle 11 gespeichert und stehen nach Abschluss der Messung bei der letzten Winkelmarke des Segmentes für eine Auswertung zur Verfügung.

[0023] Eine Betriebspunkterkennung 10 überwacht den Betriebszustand des Motors und startet die Auswertung, wenn der Motor sich in einem vordefinierten Betriebszustand befindet. Die Geberradadaption anhand des Zylinderdrucks wird vorzugsweise im Schleppbetrieb durchgeführt, sobald sich für die festgelegte Drehzahl stabile Betriebsbedingungen einstellen. Für diese Betriebsbedingungen ist in der Motorsteuerung eine Referenz-Tabelle 9 vorhanden, in der die sich an den idealen Winkelmarkenpositionen $\varphi_{KW,nom}(k)$ ergebenden Zylinderdrücke abgelegt sind. Diese kann beispielsweise zuvor an einem Prüfstand für ein Exemplar dieses Motortyps ermittelt werden. Bild 1 zeigt in jedem Segment einen beispielhaften Zylinderdruckverlauf, wie er in der Referenz -Tabelle gespeichert sein kann.

[0024] Da der Zylinderdruck sehr empfindlich auf kleine Veränderungen der Betriebsbedingungen reagiert (Ladedruck, Ladelufttemperatur) und zudem reale Zylinderdrucksensoren Offset- und Verstärkungsfaktorfehler aufweisen, ist ein direkter Vergleich der gemessenen und als Referenz tabellierten Zylinderdruckwerte nur bedingt möglich. Deshalb werden vorteilhafterweise zunächst in einer Signalaufbereitung 12 ein möglicher Verstärkungsfaktor a und ein Offsetfaktor b geschätzt und das gemessene Drucksignal entsprechend korrigiert. Dies kann z.B. mit Hilfe eines Least Square Schätzverfahrens geschehen. Die Faktoren a und b werden dabei so bestimmt, dass

$$\sum_{i=1}^{2M/Z} \left[p_{\text{zyl,Tabelle}}(i) - (a \cdot p_{\text{zyl,Messung}}(i) + b) \right]^2 \rightarrow \text{Min}$$

minimal wird. Alternativ zu einer Tabelle kann auch eine Funktion verwendet werden und die Parameter der Funktion entsprechend geschätzt werden.

[0025] Um das hier vorgestellte Verfahren auch bei gestörten Zylinderdrucksignalen anwenden zu können ist es als Erweiterung der Erfindung auch möglich die Zylinderdruckwerte zunächst über mehrere Arbeitsspiele zu speichern und die gemessenen Werte für die einzelnen Winkelmarken zu mitteln. Hiermit können zusätzlich stochastische, mittelwertfreie Fehler auf den Signalen kompensiert werden.

[0026] Durch einen Vergleich der so vorverarbeiteten, gemessenen Zylinderdruckwerten $a \cdot p_{\text{zyl,Messung}}(k) + b$ mit den tabellierten Werten können in einer Auswerteeinheit 13 Abweichungen festgestellt und diese erfindungsgemäß auf eine fehlerbehaftete Position der Winkelmarken zurückgeführt werden. Der zum Druckwert $a \cdot p_{\text{zyl,Messung}}(k) + b$ gehörende Winkel $\varphi_{\text{KW,korr}}(k)$ kann z.B. aus einer linearen Interpolation zwischen den tabellierten Zylinderdruckwerten errechnet werden. Für den Positionsfehler ergibt sich $\Delta\varphi_{\text{KW,korr}} = \varphi_{\text{KW,korr}}(k) - \varphi_{\text{KW,nom}}(k)$. Dieser wird in einer Winkelkorrekturabelle 14 gespeichert, auf die alle anderen Funktionen im normalen Motorbetrieb zugreifen können. Eine Adaption bzw. Korrektur der Position der Winkelmarken kann vorgenommen und der tatsächliche Kurbelwinkel kann präzise ermittelt werden. Damit ist eine präzisere Steuerung des Verbrennungsmotors möglich.

[0027] Da die Signalamplitude z.B. eines induktiven Inkrementgebers sehr stark von der Geschwindigkeit zwischen Sensor und Winkelmarke und somit von der Motordrehzahl abhängig ist, können sich auch in der für die Winkelmarkenerkennung benötigten Flankendetektion drehzahlabhängige Fehler ergeben. Diese Drehzahlabhängigkeit kann kompensiert werden, wenn die Kalibrierung der Winkelmarkenabstände aus dem Zylinderdrucksignal bei unterschiedlichen Drehzahlen durchgeführt und in der Winkelkorrektur-Tabelle drehzahlabhängig abgelegt wird.

[0028] Da ein Arbeitsspiel aus zwei Kurbelwellenumdrehungen besteht überdecken sich bei Motoren mit gerader Zylinderanzahl Z die Kurbelwinkelbereiche für Zylinder i und $i+Z/2$. Es genügt die Auswertung des Drucksignals der Zylinder $i=1..Z/2$ bzw. die Ergebnisse können mit den Ergebnissen der Zylinder $i=Z/2+1..Z$ plausibilisiert werden.

[0029] Bei Motoren mit ungerader Zylinderanzahl können die Segmente kleiner gewählt werden, so dass sie die Bereiche mit den größten Gradientenänderungen des Drucks beinhalten.

[0030] Prinzipbedingt können Positionsfehler der Winkelmarken direkt um den OT nur schwer erkannt werden, da dort der Gradient $dp_{\text{zyl}}/d\alpha$ mit dem Kurbelwinkel α sehr kleine Werte aufweist.

[0031] Die Wirksamkeit des Verfahrens in Bezug auf genauere Zumessung der Kraftstoffmenge kann nachgewiesen werden, indem die Zumessgenauigkeit beim UIS-System (winkelzumessendes System) ohne und mit aktiver Winkelkorrektur durch das in der Erfindung beschriebene Verfahren verglichen wird.

[0032] Die Wirksamkeit des Verfahrens kann ferner nachgewiesen werden, indem der Verlauf der Inkrementzeiten ohne und mit aktiver Winkelkorrektur mit dem in der Erfindung beschriebenen Verfahren wird. Mit aktiver Winkelkorrektur stellt sich ein deutlich glatterer Verlauf der Inkrementzeiten ein als ohne Winkelkorrektur.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur der Position der Winkelmarken (k) eines Inkrementrades (2) eines Drehzahl- und/oder Drehwinkelsensors (1,2,3,4) eines Verbrennungsmotors, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- a) Erfassen der Winkelmarken (k) mit dem Drehzahl- und/oder Drehwinkelsensor (1,2,3,4),
- b) Messen des Brennraumdrucks ($p_{\text{zyl}}(1), p_{\text{zyl}}(2), \dots p_{\text{zyl}}(2M/Z)$) im jeweiligen Zylinder (5a, 5b) des Verbrennungsmotors,
- c) Zuordnen eines gemessenen Druckwertes ($p_{\text{zyl}}(1), p_{\text{zyl}}(2), \dots p_{\text{zyl}}(2M/Z)$) zu den erfassten Winkelmarkpositionen ($\varphi_{\text{Inkr,real}}(k)$),
- d) Speichern von mehreren der erfassten Winkelmarkpositionen ($\varphi_{\text{Inkr,real}}(k)$) mit den zugehörigen, gemessenen Druckwerten ($p_{\text{zyl}}(1), p_{\text{zyl}}(2), \dots p_{\text{zyl}}(2M/Z)$) in einer Messwert-Tabelle (11),
- e) Ablegen von sich an den idealen Winkelmarkpositionen ($\varphi_{\text{Inkr,ideal}}(k)$) ergebenden Idealdruckwerten ($p_{\text{zyl,ideal}}(1), p_{\text{zyl,ideal}}(2), \dots p_{\text{zyl,ideal}}(2M/Z)$) in einer Referenz-Tabelle (9),
- f) Vergleich der gemessenen Druckwerten ($p_{\text{zyl}}(1), p_{\text{zyl}}(2), \dots p_{\text{zyl}}(2M/Z)$) mit den Idealdruckwerten ($p_{\text{zyl,ideal}}(1), p_{\text{zyl,ideal}}(2), \dots p_{\text{zyl,ideal}}(2M/Z)$),
- g) Feststellen von Abweichungen ($\Delta\varphi_{\text{KW,Korr}}(k)$) der gemessenen Winkelmarkpositionen ($\varphi_{\text{Inkr,real}}(k)$) zu den idealen Winkelmarkpositionen ($\varphi_{\text{Inkr,ideal}}(k)$) bei übereinstimmenden Zylinderdruckwerten ($p_{\text{zyl}}(1) = p_{\text{zyl,ideal}}$

(1), $p_{\text{zyl}}(2) = p_{\text{zyl,ideal}}(2)$, $p_{\text{zyl}}(2M/Z) = p_{\text{zyl,ideal}}(2M/Z)$ in einer Auswerteeinheit (13),

h) Korrigieren der gemessenen Winkelmarkenpositionen ($\phi_{\text{Inkr,real}}(k)$) um die festgestellten Abweichungen ($\Delta\phi_{\text{KW,Korr}}$).

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gemessenen Druckwerte ($p_{\text{zyl}}(1)$, $p_{\text{zyl}}(2)$, ... $p_{\text{zyl}}(2M/Z)$) in einer Signalaufbereitung (12) korrigiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren in vordefinierten Betriebszuständen des Verbrennungsmotors, insbesondere im verbrennungsfreien Schleppbetrieb, durchgeführt wird.
- 10 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Feststellen von Abweichungen ($\Delta\phi_{\text{KW,Korr}}$) der gemessenen Winkelmarkenpositionen zu der idealen Winkelmarkenpositionen im Bereich von markanten Zylinderdruckwerten erfolgt.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die markanten Zylinderdruckwerte Maximalwerte in der Kompressions- und/oder Expansionsphase des jeweiligen Zylinders sind,
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Maximalwerte über die Ableitungen der Brennraum-Drucksignale über dem Wellenwinkel bestimmt werden.
- 20 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur der gemessenen Druckwerte gemäß Schritt d) im Least Square Schätzverfahrens erfolgt.
- 25 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Least Square Schätzverfahren ein Verstärkungsfaktor a und ein Offsetfaktor b geschätzt wird, wobei folgende Summe

$$\sum_{i=1}^{2M/Z} \left[p_{\text{zyl,Tabelle}}(i) - (a \cdot p_{\text{zyl,Messung}}(i) + b) \right]^2 \rightarrow \text{Min}$$

minimal wird.

- 35 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinderdruckwerte zunächst über mehrere Arbeitsspiele gemessen und gespeichert werden und dass diese Zylinderdruckwerte für die einzelnen Winkelmarkenpositionen gemittelt werden.
- 40 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebszustandes des Verbrennungsmotors mittels einer Betriebspunkterkennung (10) überwacht wird.
- 45 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Inkrementrad (2) verschiedene Segmente (Z) aufweist, die jeweils einem Zylinder zugeordnet sind, wobei eine Signalauswerte-Einheit (13) aus den gemessenen Markenpositionen den Segmenten einzelne Zylinder zuordnet und die Druckwerte des jeweiligen Zylinders dem entsprechenden Segment zuordenbar sind.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Drehzahlabhängigkeit der Erfassung der Winkelmarkenpositionen kompensiert wird.
- 50 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kalibrierung der Winkelmarkenabstände aus dem Zylinderdrucksignal bei unterschiedlichen Drehzahlen durchgeführt und in der Winkelkorrektur-Tabelle drehzahlabhängig abgelegt wird.
- 55 14. System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das umfasst:
 - Drehzahl- und/oder Drehwinkelsensors, mit einem der Drehbewegung einer Welle folgenden Inkrementalrad (1) mit Winkelmarken (K) und wenigstens einem Sensorelement (2),
 - Messsensoren (6a, 6b), die die Druckwerte der Brennraumdrücke in den einzelnen Zylindern (5a, 5b) des

Verbrennungsmotors messen,

- ein Steuergerät mit einer Signalauswertung (8), mit einer Messwert-Tabelle (11), einer Referenz-Tabelle (9), mit ggf. einer Signalaufbereitung (12), mit einer Auswerteeinheit (13) und mit einer Winkelkorrekturtabelle (14).

5

Claims

1. Method for correcting the position of the angular marks (k) of an incremental wheel (1) of a rotational speed sensor and/or rotational angle sensor (1, 2, 3, 4) of an internal combustion engine, **characterized by** the following steps:

10

a) detecting the angular marks (k) using the rotational speed sensor and/or rotational angle sensor (1, 2, 3, 4),
b) measuring the combustion chamber pressure ($p_{cyl}(1)$, $p_{cyl}(2)$, ..., $p_{cyl}(2M/Z)$) in the respective cylinder (5a, 5b) of the internal combustion engine,

15

c) assigning a measured pressure value ($p_{cyl}(1)$, $p_{cyl}(2)$, ..., $p_{cyl}(2M/Z)$) to the detected angular mark positions ($\phi_{incr,real}(k)$),

d) storing a plurality of the detected angular mark positions ($\phi_{incr,real}(k)$) with the associated measured pressure values ($p_{cyl}(1)$, $p_{cyl}(2)$, ..., $p_{cyl}(2M/Z)$) in a measured value table (11),

e) filing ideal pressure values ($p_{cyl,ideal}(1)$, $p_{cyl,ideal}(2)$, ..., $p_{cyl,ideal}(2M/Z)$) which occur at the ideal angular mark positions ($\phi_{incr,ideal}(k)$) in a reference table (9),

20

f) comparing the measured pressure values ($p_{cyl}(1)$, $p_{cyl}(2)$, ..., $p_{cyl}(2M/Z)$) to the ideal pressure values ($p_{cyl,ideal}(1)$, $p_{cyl,ideal}(2)$, ..., $p_{cyl,ideal}(2M/Z)$),

g) determining deviations ($\Delta\phi_{KW,corr}(k)$) of the measured angular mark positions ($\phi_{incr,real}(k)$) from the ideal angular mark positions ($\phi_{incr,ideal}(k)$) at corresponding cylinder pressure values ($p_{cyl}(1) = p_{cyl,ideal}(1)$, $p_{cyl}(2) = p_{cyl,ideal}(2)$, $p_{cyl}(2M/Z) = p_{cyl,ideal}(2M/Z)$) in an evaluation unit (13),

25

h) correcting the measured angular mark positions ($\phi_{incr,real}(k)$) by the determined deviations ($\Delta\phi_{KW,corr}(k)$).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the measured pressure values ($p_{cyl}(1)$, $p_{cyl}(2)$, ..., $p_{cyl}(2M/Z)$) are corrected in a signal processor (12).

30

3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the method is carried out in predefined operating states of the internal combustion engine, in particular in the combustion-free overrun operating mode.

4. Method according to Claim 1 or 3, **characterized in that** deviations ($\Delta\phi_{KW,corr}$) of the measured angular mark positions from the ideal angular mark positions are determined in the region of prominent cylinder pressure values.

35

5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the prominent cylinder pressure values are maximum values in the compression phase and/or expansion phase of the respective cylinder.

6. Method according to Claim 5, **characterized in that** the maximum values are determined by means of the derivatives of the combustion chamber pressure signals with respect to the shaft angle.

40

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the measured pressure values are corrected as per step (d) using the least squares estimation method.

8. Method according to Claim 7, **characterized in that**, in the least squares estimation method, a multiplication factor a and an offset factor b are estimated, with the following sum being a minimum:

45

50

$$\sum_{i=1}^{2M/Z} [p_{cyl,table}(i) - (a \cdot p_{cyl,measurement}(i) + b)]^2 \rightarrow Min.$$

9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the cylinder pressure values are initially measured and stored over a plurality of working cycles and **in that** said cylinder pressure values are averaged for the individual angular mark positions.

55

10. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating state of the internal combustion

engine is monitored by means of an operating point recognition unit (10).

11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the incremental wheel (1) has different segments (Z) which are each assigned to a cylinder, with a signal evaluation unit (13) assigning individual cylinders to the segments from the measured mark positions, and it being possible for the pressure values of the respective cylinder to be assigned to the corresponding segment.

12. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** there is compensation for a rotational speed dependence in the detection of the angular mark positions.

13. Method according to Claim 12, **characterized in that** the calibration of the angular mark spacings is carried out from the cylinder pressure signal at different rotational speeds, and is filed in the angle correction table as a function of rotational speed.

14. System for carrying out the method according to one of the preceding claims, which system comprises:

- rotational speed sensors and/or rotational angle sensors, having an incremental wheel (1) which follows the rotational movement of a shaft and has angular marks (k) and at least one sensor element (2),
- measuring sensors (6a, 6b) which measure the pressure values of the combustion chamber pressures in the individual cylinders (5a, 5b) of the internal combustion engine,
- a control unit having a signal evaluation unit (8), having a measured value table (11), having a reference table (9), having a signal processor (12) if appropriate, having an evaluation unit (13) and having an angle correction table (14).

Revendications

1. Procédé de correction de la position des marques angulaires (k) d'une roue incrémentielle (2) d'un capteur de vitesse de rotation et/ou d'un capteur d'angle de rotation (1, 2, 3, 4) d'un moteur à combustion interne, **caractérisé par** les étapes suivantes :

- a) la détection des marques angulaires (k) avec le capteur de vitesse de rotation et/ou le capteur d'angle de rotation (1, 2, 3, 4),
- b) la mesure de la pression de la chambre de combustion ($P_{zyl}(1), P_{zyl}(2), \dots, P_{zyl}(2M/Z)$) dans le cylindre respectif (5a, 5b) du moteur à combustion interne,
- c) l'association d'une valeur de pression mesurée ($P_{zyl}(1), P_{zyl}(2), \dots, P_{zyl}(2M/Z)$) aux positions des marques angulaires ($\varphi_{inkr, real}(k)$) détectées,
- d) l'enregistrement de plusieurs positions de marques angulaires détectées ($\varphi_{inkr, real}(k)$) avec les valeurs de pression associées et mesurées ($P_{zyl}(1), P_{zyl}(2), \dots, P_{zyl}(2M/Z)$) dans un tableau de mesures (11),
- e) le classement dans un tableau de référence (9) des valeurs de pression idéales ($P_{zyl, ideal}(1), P_{zyl, ideal}(2), \dots, P_{zyl, ideal}(2M/Z)$) obtenues aux positions des marques angulaires idéales ($\varphi_{inkr, ideal}(k)$),
- f) la comparaison des valeurs de pression mesurées ($P_{zyl}(1), P_{zyl}(2), \dots, P_{zyl}(2M/Z)$) aux valeurs de pression idéales ($P_{zyl, ideal}(1), P_{zyl, ideal}(2), \dots, P_{zyl, ideal}(2M/Z)$),
- g) la détermination des écarts ($\Delta_{\varphi KW, Korrr}(k)$) des positions des marques angulaires mesurées ($\varphi_{inkr, real}(k)$) par rapport aux positions des marques angulaires idéales ($\varphi_{inkr, ideal}(k)$), lorsque les valeurs de pression de cylindre coïncident ($P_{zyl}(1) = P_{zyl, ideal}(1), P_{zyl}(2) = P_{zyl, ideal}(2), P_{zyl}(2M/Z) = P_{zyl, ideal}(2M/Z)$) dans une unité d'évaluation (13),
- h) la correction des positions des marques angulaires mesurées ($\varphi_{inkr, real}(k)$) autour des écarts déterminés ($\Delta_{\varphi KW, Korrr}(k)$).

2. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

les valeurs de pression mesurées ($P_{zyl}(1), P_{zyl}(2), \dots, P_{zyl}(2M/Z)$) sont corrigées dans un traitement de signal (12).

3. Procédé selon la revendication 1,

caractérisé en ce que

le procédé est mis en oeuvre dans des états prédéfinis du moteur à combustion interne, en particulier, pendant le remorquage sans combustion interne.

4. Procédé selon la revendication 1 ou 3,
caractérisé en ce que
la détermination des écarts ($\Delta_{\phi KW, Korr}$) des positions des marques angulaires mesurées par rapport aux positions des marques angulaires idéales est effectuée dans la zone des valeurs de pression de cylindre marquantes.
5. Procédé selon la revendication 4,
caractérisé en ce que
les valeurs de pression de cylindre marquantes sont des valeurs maximales dans la phase de compression et/ou d'expansion du cylindre respectif.
6. Procédé selon la revendication 5,
caractérisé en ce que
les valeurs maximales sont déterminées par les dérivations des signaux de pression de la chambre de combustion sur l'angle de l'arbre.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la correction des valeurs de pression mesurées est effectuée conformément à l'étape d) selon la méthode d'estimation des moindres carrés.
8. Procédé selon la revendication 7,
caractérisé en ce que
dans la méthode d'estimation des moindres carrés un facteur d'amplification a et un facteur de décalage b sont estimés, la somme suivante étant minimale

$$\sum_{i=1}^{2M1Z} \left[P_{zyl, tableau}(i) - (a \cdot P_{zyl, mesure}(i) + b) \right]^2 \rightarrow Min$$

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
les valeurs de pression de cylindre sont d'abord mesurées sur plusieurs cycles de travail et enregistrées et la valeur moyenne de ces valeurs de pression de cylindre est calculée pour les différentes positions des marques angulaires.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
l'état du moteur à combustion interne est surveillé à l'aide d'une identification du point de fonctionnement dynamique (10).
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
la roue incrémentielle (2) présente différents segments (Z) qui sont associés à un cylindre respectif, une unité d'évaluation de signal (13) associant des cylindres individuels aux segments à partir des positions des marques mesurées et les valeurs de pression du cylindre respectif pouvant être associées au segment correspondant.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**
une variation en fonction de la vitesse de rotation de la détection des positions des marques angulaires est compensée.
13. Procédé selon la revendication 12,
caractérisé en ce que
le calibrage des intervalles des marques angulaires est effectué à partir du signal de pression de cylindre à des vitesses de rotation différentes et classé dans le tableau de correction angulaire en fonction de la vitesse de rotation.
14. Système de mise en oeuvre du procédé selon l'une des revendications précédentes qui comprend :
- un capteur de vitesse de rotation et/ou un capteur d'angle de rotation, comportant une roue incrémentielle (1) suivant un mouvement de rotation d'un arbre avec des marques angulaires (k) et au moins un élément de

EP 1 540 163 B1

capteur (2),

- des capteurs de mesure (6a, 6b) qui mesurent les valeurs de pression des pressions de la chambre de combustion dans les cylindres individuels (5a, 5b) du moteur à combustion interne,

- un appareil de commande avec une évaluation de signal (8), un tableau de mesures (11), un tableau de référence (9), avec le cas échéant un traitement de signal (12), une unité d'évaluation (13) et un tableau de correction angulaire (14).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

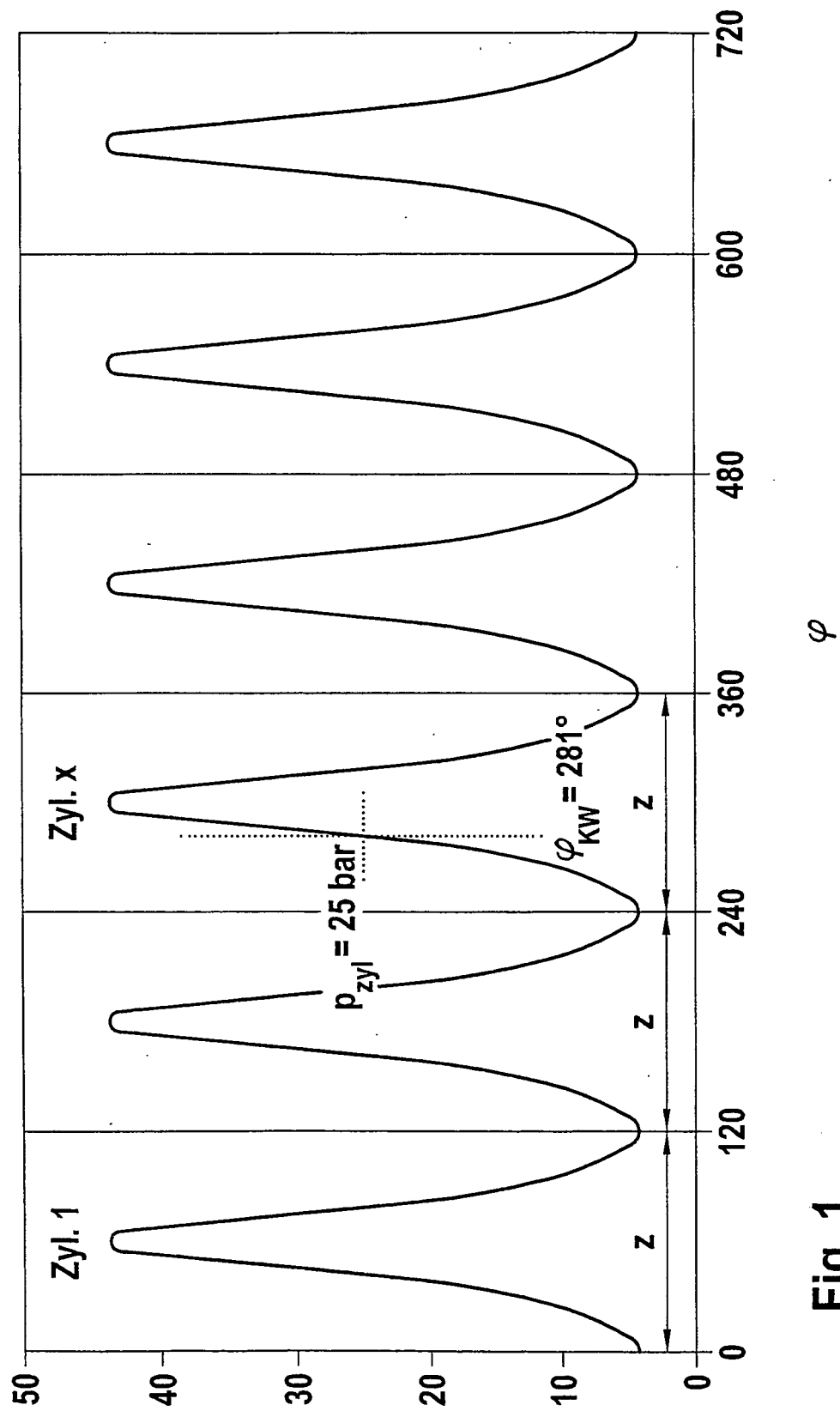


Fig. 1

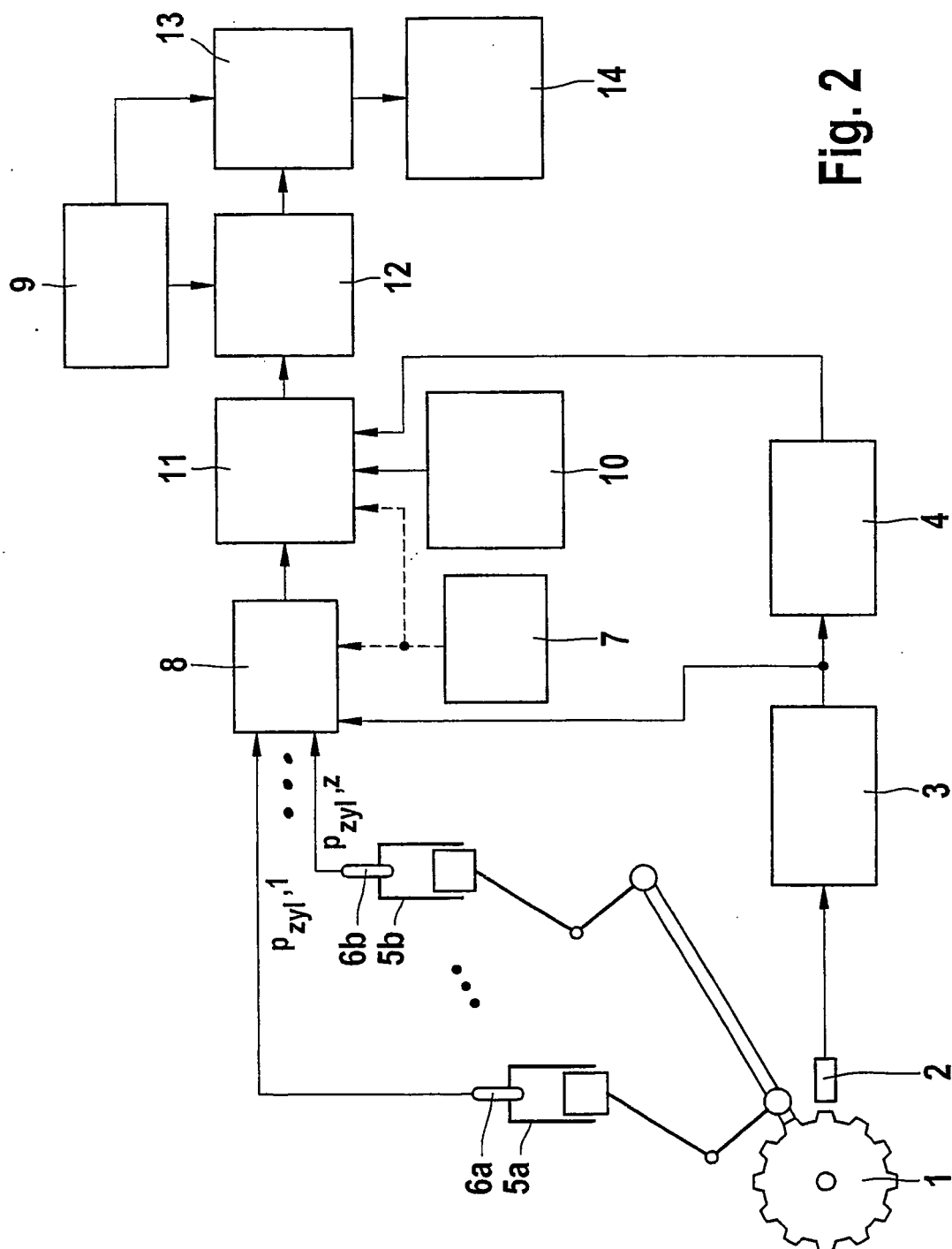


Fig. 2