



(10) **DE 10 2005 047 922 B4** 2016.10.20

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2005 047 922.7**
 (22) Anmeldetag: **06.10.2005**
 (43) Offenlegungstag: **12.04.2007**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **20.10.2016**

(51) Int Cl.: **F02D 41/40 (2006.01)**
F02D 41/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

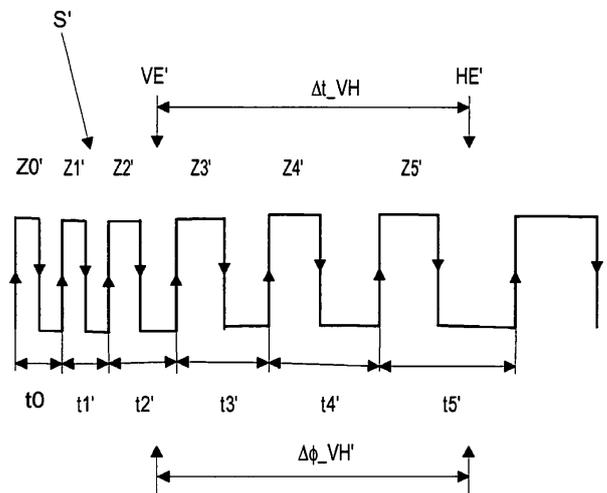
(72) Erfinder:
Mader, Bernhard, 71394 Kernen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 43 954	C1
DE	42 15 581	A1
DE	103 55 417	A1
US	2009 / 0 271 089	A1
US	5 726 892	A

(54) Bezeichnung: **Umrechnung Zeitsegment in Winkelsegment mittels vergangenem Drehzahlverlauf**

(57) **Hauptanspruch:** Verfahren zur Bestimmung eines Differenzwinkels ($\Delta\phi_{VH}$), insbesondere einer Brennkraftmaschine, zwischen einem ersten Winkelereignis und einem zweiten Winkelereignis, wobei das erste Winkelereignis einen definierten Zeitabstand (Δt_{VH}) zu dem zweiten Winkelereignis (HE) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass beginnend mit dem Kurbelwellenwinkel (ϕ_H) des zweiten Winkelereignisses die Zahnzeiten ($t_H, t_{(H-1)}, t_{(H-2)} \dots$) der vorhergehenden Zähne ermittelt und sukzessive zu dem Zeitabstand (Δt_{VH}) zwischen erstem und zweitem Winkelereignis aufaddiert werden und dabei die Zahnwinkel (ϕ_Z) der zu den jeweiligen Zahnzeiten (t_Z) gehörenden Zähne (Z_n) zu dem Differenzwinkel ($\Delta\phi_{VH}$) aufaddiert werden, wobei die Zahnzeiten (t_z) aus den Zahnzeiten (t_z') eines vorhergehenden Arbeitstaktes multipliziert mit einem Korrekturfaktor (k) ermittelt werden.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Differenzwinkels insbesondere einer Brennkraftmaschine zwischen einem ersten Winkelereignis und einem zweiten Winkelereignis, wobei das erste Winkelereignis einen definierten Zeitabstand zu dem zweiten Winkelereignis aufweist sowie ein Steuergerät zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Aus der DE 42 15 581 A1 ist ein System zur Steuerung einer magnetventilgesteuerten Kraftstoffzumeßeinrichtung bekannt. Bei diesem System wird die Förderdauer ausgehend von dem Drehzahlwert während der vorherigen Zumessung bestimmt.

[0003] Aus der US 2009/0 271 089 A1 ist ein Signalgenerator bekannt, bei dem der Abstand der Zähne eines Inkrementrades gemessen wird. Dabei wird die Änderung der Drehzahl berücksichtigt.

[0004] Aus der DE 103 55 417 A1 ist ein Verfahren zur Bestimmung des Eintrittzeitpunktes eines vom Drehwinkel einer drehenden Welle abhängigen zukünftigen Ereignisses bekannt. Dabei werden die Markierungen eines Inkrementrades gezählt. Dabei wird der zeitliche Abstand zwischen zwei Markierung berücksichtigt.

[0005] Aus der US 5 726 892 A ist ein Verfahren zur Vorhersage der Drehzahl einer Brennkraftmaschine bekannt.

[0006] Die DE 101 43 954 C1 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung der Drehzahl einer Brennkraftmaschine. Hierzu wird von einem Sensor ein Sektorrad abgetastet.

[0007] Bei direkt einspritzenden Otto- und Dieselmotoren ist einerseits die Genauigkeit der Haupteinspritzung wichtig, um die mechanischen Belastungen des Motors sowie Geräusch und Abgas in definierten Grenzen zu halten. Andererseits soll auch der zeitliche Abstand zwischen zwei nahe aneinander gelegenen Einspritzungen (Vor- und Haupteinspritzung) möglichst gut eingehalten werden, um reproduzierbare hydraulische Verhältnisse, insbesondere die Druckwelle in der Injektorzuleitung, zu erhalten, die einen stabilen Motorbetriebspunkt gewährleisten.

[0008] Die Voreinspritzung soll auf einen intern zu berechnenden Winkel gelegt werden, sodass der Abstand zwischen Voreinspritzung und Haupteinspritzung einer gewünschten Zeit entspricht. Dazu kann ein in der Zukunft befindliches Zeitsegment bezüglich des Kurbelwellensignals in ein Winkelsegment umge-

rechnet werden. Dies erfolgt bisher durch eines der folgenden Verfahren

- Umrechnung mit der mittleren Drehzahl (gemittelt über einen OT Abstand)
- Umrechnung mit einer geeigneten Segmentdrehzahl (gemittelt über einen halben OT Abstand)
- Umrechnung mit der mittleren Drehzahl aus einem Winkelbereich fester Breite, der sich ungefähr in der Mitte des Zeitsegments befindet (ITAC)

Probleme des Standes der Technik

[0009] Mit den Verfahren nach Stand der Technik werden große Fehler gemacht, welche mit größer werdendem Zeitsegment stärker werden, da ein nicht mittiges Segment oder ein Teilsegment zur Umrechnung herangezogen wird.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, einen genaueren Differenzwinkel zwischen zwei Winkelereignissen, zwischen denen eine Zeitdifferenz bekannt ist, insbesondere einen (Kurbelwellen-)Winkel zum Absetzen einer Voreinspritzung in einem definierten Zeitabstand zu einer Haupteinspritzung anzugeben. Dieses Problem wird gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung eines Differenzwinkels, insbesondere einer Brennkraftmaschine, zwischen einem ersten Winkelereignis und einem zweiten Winkelereignis, wobei das erste Winkelereignis einen definierten Zeitabstand zu dem zweiten Winkelereignis aufweist, wobei beginnend mit dem Kurbelwellenwinkel des zweiten Winkelereignisses die Zahnzeiten der vorhergehenden Zähne ermittelt und sukzessive zu dem Zeitabstand zwischen erstem und zweiten Winkelereignis aufaddiert werden und dabei die Zahnwinkel der zu den jeweiligen Zahnzeiten gehörenden Zähne zu dem Differenzwinkel aufaddiert werden, wobei die Zahnzeiten aus den Zahnzeiten eines vorhergehenden Arbeitstaktes multipliziert mit einem Korrekturfaktor ermittelt werden. Unter Winkelereignis wird jedwede Aktion verstanden, die zu einer bestimmten Winkelstellung, insbesondere einem Kurbelwellen- oder Nockenwellenwinkel erfolgt.

[0011] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass das erste Winkelereignis eine Voreinspritzung und das zweite Winkelereignis eine Haupteinspritzung einer Brennkraftmaschine ist.

[0012] Die vorgeschlagene Lösung besteht im Kern darin, das komplette Zeitsegment auszuwerten, was dann naturgemäß auch mittig getan wird. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass der Drehzahlverlauf im letzten Arbeitsspiel einen ähnlichen Verlauf hatte, auch wenn sich die mittlere Drehzahl inzwischen etwas geändert hat. Da die Frequenz des Drehzahlverlaufs direkt mit der mittleren Drehzahl zusammenhängt, wird die Dauer des Zeitsegments mit einem entsprechenden Korrekturfaktor beaufschlagt, wel-

cher sich als Quotient aus der Dauer des gleichen einen Zahns vor einem Arbeitsspiel und seiner Dauer im aktuellen Arbeitsspiel berechnet.

[0013] In einem Speicher, der mindestens die Dauern der Kurbelwellenzähne des letzten Arbeitsspiels enthält, startet man beginnend vom aktuellen Winkel der Haupteinspritzung, der im letzten Arbeitsspiel betrachtet wird. Man geht Zahn für Zahn solange weiter, bis die Dauer des gewünschten Zeitsegments abgearbeitet ist und endet an einem Zielwinkel. Der zeitliche Abstand zwischen Start- und Zielwinkel in der Zukunft sollen dem gewünschten Zeitabstand entsprechen.

[0014] Das beschriebene Verfahren ist auch bei nicht-konstanter Drehzahl einsetzbar, auch wenn der kurzfristige Drehzahlverlauf abhängig von der mittleren Drehzahl gegenüber der mittleren Drehzahl eine Amplituden- und/oder Phasenmodulation erhält.

[0015] In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der Korrekturfaktor aus der aktuellen Zahnzeit eines ausgewählten Zahnes dividiert durch die Zahnzeit des ausgewählten Zahnes im vorangegangenen Arbeitstakt berechnet wird. Der Korrekturfaktor kann auch als Mittelwert aus der aktuellen Zahnzeit mehrerer ausgewählter Zähne dividiert durch die Zahnzeit des jeweils ausgewählten Zahnes im vorangegangenen Arbeitstakt berechnet werden. Es wird also ein vor der Voreinspritzung liegender Zahn ausgewählt und die (mittlere) Drehzahländerung mit diesem durch Vergleich der Zahnzeit aus dem vorangegangenen Arbeitsspiel bestimmt. Das vorangegangene Arbeitsspiel ist hier so zu verstehen, dass auch mehrere Arbeitsspiele inzwischen vergangen sein können. Ebenso kann das vorangegangene Arbeitsspiel das eines anderen Zylinders sein, beispielsweise das Zylinders, der zuvor den Arbeitstakt hatte.

[0016] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Zahnzeit des letzter Zahnes vor der Haupteinspritzung und des ersten Zahnes nach der Voreinspritzung interpoliert wird, wodurch bei geringen Betriebspunktänderungen keine Sprünge im Ergebnis auftreten können. In der Regel werden diese beiden Zähne nur teilweise überstrichen, sodass der Winkel interpoliert werden muss. Dies kann nach bekannten Verfahren erfolgen, z. B. durch Extrapolation des vorausgegangenen Zahnes oder Interpolation des vorausgegangenen und des nachfolgenden Zahnes.

[0017] In einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass der ausgewählte Zahn anhand der Drehzahländerung zwischen aktuellem Arbeitstakt und des vorhergehenden Arbeitstaktes geschätzt wird. Hier kann ein fester Zahn beispielsweise in einem fest gewählten Kurbelwellenwinkel vor der Haupteinspritzung gewählt werden, alternativ kann der Zahn mit Hilfe des definierten Zeitabstandes zwischen Haupt- und Vor-

einspritzung geschätzt werden. Zur Schätzung kann beispielsweise ein etwas größerer Zeitraum als der definierte Zeitabstand zwischen Haupt- und Voreinspritzung mit der mittleren Drehzahl in einen Kurbelwellenwinkel umgerechnet werden und so ein Zahn ausgewählt werden. Der Zahn kann nahezu beliebig gewählt werden, da er nur der Bestimmung der gemittelten Drehzahländerung zwischen beiden betrachteten Arbeitstakten liegt. Dennoch ist es vorteilhaft, wenn der Zahn kurz vor der Voreinspritzung liegt, da dann die gemittelten Drehzahlen die Verhältnisse während der Vor- und Haupteinspritzung besser annähern. Die Schätzung geht davon aus, dass proportional zur Drehzahländerung eine größere oder kleinere Anzahl an Zähnen zwischen Haupteinspritzung, deren Winkellage a priori bekannt ist, und der Voreinspritzung, deren Winkellage noch nicht bekannt ist, liegt.

[0018] Das eingangs genannte Problem wird auch gelöst durch ein Steuergerät mit Mitteln zur Bestimmung eines Differenzwinkels einer Brennkraftmaschine zwischen einem ersten Winkelereignis und einem zweiten Winkelereignis, wobei das erste Winkelereignis einen definierten Zeitabstand zu dem zweiten Winkelereignis aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel beginnend mit dem Kurbelwellenwinkel des zweiten Winkelereignisses die Zahnzeiten der vorhergehenden Zähne ermitteln und sukzessive zu dem Zeitabstand zwischen erstem und zweitem Winkelereignis aufaddieren können und dabei die Zahnwinkel der zu den jeweiligen Zahnzeiten gehörenden Zähne zu dem Differenzwinkel aufaddiert werden, wobei die Zahnzeiten aus den Zahnzeiten eines vorhergehenden Arbeitstaktes multipliziert mit einem Korrekturfaktor ermittelt werden. Das Steuergerät umfasst dabei vorzugsweise Speichermittel zur Speicherung der Zahnzeiten mindestens eines Arbeitsspieles.

Zeichnungen

[0019] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

[0020] Fig. 1 eine Skizze einer Geberscheibe und eines Gebers;

[0021] Fig. 2a, Fig. 2b Skizzen des Signalverlaufs des Gebers über Teilbereiche zweier Arbeitsspiele;

[0022] Fig. 3 ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Fig. 1 zeigt eine Skizze mit einer Geberscheibe **1**, die beispielsweise unmittelbar an einer nicht dargestellten Kurbelwelle oder einer Nockenwelle einer Brennkraftmaschine angeordnet ist oder mittelbar mittels Getriebeelementen bezüglich der Rotation mit

der Kurbelwelle Nockenwelle verbunden ist. Die Geberscheibe **1** rotiert um eine Achse **2**. Am Außenumfang der Geberscheibe **1** sind Geberradmarken **3** angeordnet. Die Geberradmarken **3** bestehen beispielsweise aus Zähnen **4**, die jeweils äquidistant über den Außenumfang der Geberscheibe **1** angeordnet sind. Zwischen den Zähnen **4** sind jeweils Zahnlücken **7** angeordnet. Eine weitere Geberradlücke **5**, beispielsweise wie hier dargestellt in Form einer doppelt so breiten Zahnlücke **7** eines breiteren oder doppelt so breiten Zahnes **4** oder dergleichen, markiert eine ausgewiesene Nullstellung der Kurbelwelle. An der Geberradscheibe **1** ist ein Geber **6** angeordnet, der ein elektrisches Signal liefert, das in Form z. B. eines Rechtecksignals die Zähne **4** und Zahnlücken **7** bzw. die Geberradlücke **5** repräsentiert. Durch Rotation der Kurbelwelle bzw. der Nockenwelle und damit der Geberscheibe **1** werden jeweils die Zähne **4** sowie die Geberradlücke **5** an dem Geber **6** vorbeigeführt. Dadurch wird beispielsweise ein elektrisches Signal in dem Geber **6** ausgelöst. Der Geber **6** kann ein induktiver Sensor, ein Hall-Sensor, ein kapazitiver Sensor oder dergleichen sein. Alternativ kann dieser auch optisch arbeiten, z. B. wenn dieser durch die Zähne **4** bzw. die Markierung **5** hervorgerufene optische Veränderungen messen kann.

[0024] Fig. 2a und Fig. 2b zeigen jeweils eine Skizze eines Signalverlaufs S des Gebers **6**. Es handelt sich um ein Rechtecksignal, bei dem jeweils einer der Werte einem Zahn **4** und der andere der Werte einer Zahnlücke **7** zugeordnet ist. In Fig. 2a ist ein Signalverlauf S' dargestellt, in dem das Absetzen der Haupteinspritzung HE' und das Absetzen der Voreinspritzung VE' jeweils einem Zahn Zx' zugeordnet ist. x steht hier für eine ganze Zahl, beispielsweise Z1, Z2 usw.. Die Zähne sind beispielhaft mit Z1' bis Z5' durchnummeriert, die zugehörigen Zahnzeiten sind jeweils mit t1' bis t5' bezeichnet. Gestrichene Größen bezeichnen einen Signalverlauf eines vergangenen Arbeitsspieles, nicht gestrichene Größen den Signalverlauf eines aktuellen Arbeitsspieles.

[0025] Zwischen Voreinspritzung VE und Haupteinspritzung HE liegt ein konstanter vorgegebener Zeitabstand Δt_{VH} . Dieser beträgt beispielsweise (unabhängig von der Drehzahl n) 1–4 ms. Der Zeitabstand Δt_{VH} wird nun in einen Differenzwinkel $\Delta \phi_{VH}$ umgerechnet. Aus dem Differenzwinkel $\Delta \phi_{VH}$ folgt der Winkelabstand in $^{\circ}KW$ (grad Kurbelwelle) zwischen Voreinspritzung VE und Haupteinspritzung HE. Zur Verdeutlichung ist im Beispiel der Fig. 1 angenommen, dass die Voreinspritzung zwischen dem willkürlich durchnummerierten zweiten und dritten Zahn, mithin zwischen Z2' und Z3' stattgefunden hat. Der in Fig. 2a dargestellte Signalverlauf gehört zu einem Arbeitsspiel, das in der Vergangenheit durchlaufen wurde. Die zugehörigen Zahnzeiten sind in einem Speicher eines nicht dargestellten Steuergerätes abgelegt.

[0026] In Fig. 2b ist der (zukünftige) Signalverlauf für die aktuell abzusetzende Voreinspritzung VE und Haupteinspritzung HE dargestellt. Dabei wird angenommen, dass zum jetzigen Zeitpunkt der Zahn Z0 vorliege, die Zähne Z1 bis Z5 und die zugehörigen Zahnzeiten t1 bis t5 liegen also in der Zukunft. Bekannt ist der Kurbelwellenwinkel $^{\circ}KW$ und damit der zugehörige Zahn zum Absetzen der Haupteinspritzung HE, dies sei im vorliegenden Beispiel wiederum der Zahn Z5. Nicht bekannt ist der Differenzwinkel $\Delta \phi_{VH}$, zu dem die Voreinspritzung VE abzusetzen ist. Dieser ist deshalb nicht bekannt, weil der zugehörige Drehzahlverlauf zwischen Voreinspritzung VE und Haupteinspritzung HE nicht bekannt ist, da er in der Zukunft liegt. Bekannt ist allerdings die Zeitdifferenz zwischen Voreinspritzung VE und Haupteinspritzung HE. Diese soll identisch zur der im Diagramm der Fig. 2a dargestellten Zeitdifferenz Δt_{VH} sein. Der Kurbelwellenwinkel ϕ_V zum Absetzen der Voreinspritzung VE wird nun sukzessiv aus dem Kurvenwellenwinkel ϕ_H zum Absetzen der Haupteinspritzung HE zurückgerechnet. Dies geschieht dergestalt, dass ausgehend von der Zeit t_H zum Absetzen der Haupteinspritzung HE, dies ist beispielsweise die Zeit des Zahnes Z5, die jeweiligen Zahnzeiten, somit der Zähne 4,3 usw. zurückgegangen und aufaddiert werden, bis der Zeitabstand Δt_{VH} zwischen Voreinspritzung VE und Haupteinspritzung HE erreicht ist. Dazu werden die jeweiligen Zahnzeiten tx aus den Zahnzeiten tx' des vorangegangenen Arbeitsspieles unter Berücksichtigung einer (konstanten) Drehzahländerung $\Delta n = n/n'$ berechnet. Die Drehzahländerung Δn wird aus den Zahnzeiten eines gerade vorliegenden Zahnes, im vorliegenden Beispiel des Zahnes 0, berechnet und ergibt einen konstanten Faktor $n'/n = k = t_0/t_0'$. Statt die einzelnen Zahnzeiten mit dem Faktor k umzurechnen, was für jede Zahnzeit eine Multiplikation erfordert, können auch die nicht umgerechneten Zahnzeiten aufaddiert werden bis die Summe den umgerechneten Zeitabstand $\Delta t_{VH}/k$ ergibt. Gedanklich wird in der Berechnung also der konstante Faktor k aus der Summe herausgezogen.

[0027] Dabei wird davon ausgegangen, dass der Quotient aus der Zahnzeit des aktuellen Arbeitsspieles eines Zahnes und der zugehörigen Zahnzeit aus dem vorangegangenen Arbeitsspiel konstant ist,

$$t_n/t_n' = t_0/t_0' = k$$

[0028] Die aktuellen Zahnzeiten tx lassen sich also jeweils aus den vorangegangenen Zahnzeiten tx' des vorangehenden Arbeitsspieles bestimmen. Die Zahnzeiten tx werden ausgehend vom Zahn Z_H, dem die Haupteinspritzung HE zugeordnet ist, sukzessiv zurückgehend aufaddiert, wobei die zugehörigen Zahnwinkel ϕ_{Zx} ebenfalls mit aufaddiert werden. Wenn die Summe der aufaddierten Zahnzeiten den definierten Zeitabstand zwischen Voreinspritzung und Haupteinspritzung ergeben, so ergibt der aufaddier-

te Winkel den Differenzwinkel zwischen Voreinspritzung und Haupteinspritzung.

[0029] Die Zahnwinkel eines Zahnes sind in der Regel konstant 6° und ergeben sich aus der Teilung des Geberrades. Das beschriebene Ausführungsbeispiel ist also Verfahren zur Bestimmung eines Differenzwinkels ($\Delta\phi_{VH}$) einer Brennkraftmaschine zwischen einer Voreinspritzung (VE) und einer Haupteinspritzung (HE), wobei die Voreinspritzung (VE) einen definierten Zeitabstand (Δt_{VH}) zu der Haupteinspritzung (HE) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass beginnend mit dem Kurbelwellenwinkel (ϕ_H) der Haupteinspritzung die Zahnzeiten (t_H , $t_{(H-1)}$, $t_{(H-2)}$...) der vorhergehenden Zähne ermittelt und sukzessive zu dem Zeitabstand (Δt_{VH}) zwischen Voreinspritzung (VE) und Haupteinspritzung (HE) aufaddiert werden und dabei die Zahnwinkel (ϕ_Z) der zu den jeweiligen Zahnzeiten (t_Z) gehörenden Zähne (Z_n) zu dem Differenzwinkel ($\Delta\phi_{VH}$) aufaddiert werden, wobei die Zahnzeiten (t_z) aus den Zahnzeiten (t_z') eines vorhergehenden Arbeitstaktes multipliziert mit einem Korrekturfaktor (k) ermittelt werden. Grundsätzlich eignet sich das Verfahren zur Bestimmung eines ersten Winkelereignisses, das zeitlich definiert vor einem zweiten Winkelereignis liegt, wobei der Winkel des zweiten Ereignisses bekannt ist.

[0030] Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm des Verfahrens. In Schritt **101** wird zunächst die Zahnzeit t_0' des vorausgegangenen Arbeitsspiels aus dem Speicher des Steuergerätes ausgelesen. In Schritt **102** wird der entsprechende Wert im aktuellen Arbeitsspiel gemessen oder aus einem Speicher ausgelesen. Aus beiden Werten wird in Schritt **103** der Korrekturfaktor k bestimmt. Sodann wird eine Schleife umfassend die Schritte **104a**, **104b** sowie **105** durchlaufen. Dabei wird in Schritt **104a** die Zahnzeiten wie zuvor beschrieben aufaddiert, bis diese wie in Schritt **105** überprüft wird definierten Zeitabstand Δt_{VH} erreichen. Die Schleife wird solange durchlaufen, bis die Prüfung in Schritt **105** das Ergebnis N ergibt. Parallel wird der Differenzwinkel $\Delta\phi_{VH}$ in Schritt **104b** aufaddiert. Ergibt die Prüfung in Schritt **105** den Wert J, so wird in Schritt **106** der Differenzwinkel $\Delta\phi_{VH}$ als Summe der in Schritt **104b** addierten Winkel zur weiteren Verarbeitung an das Steuergerät übergeben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Differenzwinkels ($\Delta\phi_{VH}$), insbesondere einer Brennkraftmaschine, zwischen einem ersten Winkelereignis und einem zweiten Winkelereignis, wobei das erste Winkelereignis einen definierten Zeitabstand (Δt_{VH}) zu dem zweiten Winkelereignis (HE) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass beginnend mit dem Kurbelwellenwinkel (ϕ_H) des zweiten Winkelereignisses die Zahnzeiten (t_H , $t_{(H-1)}$, $t_{(H-2)}$...) der vorherge-

henden Zähne ermittelt und sukzessive zu dem Zeitabstand (Δt_{VH}) zwischen erstem und zweiten Winkelereignis aufaddiert werden und dabei die Zahnwinkel (ϕ_Z) der zu den jeweiligen Zahnzeiten (t_Z) gehörenden Zähne (Z_n) zu dem Differenzwinkel ($\Delta\phi_{VH}$) aufaddiert werden, wobei die Zahnzeiten (t_z) aus den Zahnzeiten (t_z') eines vorhergehenden Arbeitstaktes multipliziert mit einem Korrekturfaktor (k) ermittelt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Winkelereignis eine Voreinspritzung (VE) und das zweite Winkelereignis eine Haupteinspritzung (HE) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturfaktor (k) aus der aktuellen Zahnzeit (t_0) eines ausgewählten Zahnes dividiert durch die Zahnzeit (t_0') des ausgewählten Zahnes im vorangegangenen Arbeitstakt berechnet wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturfaktor (k) als Mittelwert aus der aktuellen Zahnzeit (t_{zn}) mehrerer ausgewählter Zähne (Z_n) dividiert durch die Zahnzeit (t_{zn}') des jeweils ausgewählten Zahnes (Z_n) im vorangegangenen Arbeitstakt berechnet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnzeit (t_H) des letzter Zahnes vor der Haupteinspritzung (HE) und des ersten Zahnes nach der Voreinspritzung (VE) interpoliert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der ausgewählte Zahn anhand der Drehzahländerung zwischen aktuellem Arbeitstakt und des vorhergehenden Arbeitstaktes geschätzt wird.

7. Steuergerät mit Mitteln zur Bestimmung eines Differenzwinkels ($\Delta\phi_{VH}$) einer Brennkraftmaschine zwischen einem ersten Winkelereignis und einem zweiten Winkelereignis, wobei das erste Winkelereignis einen definierten Zeitabstand (Δt_{VH}) zu dem zweiten Winkelereignis (HE) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel beginnend mit dem Kurbelwellenwinkel (ϕ_H) des zweiten Winkelereignisses die Zahnzeiten (t_H , $t_{(H-1)}$, $t_{(H-2)}$...) der vorhergehenden Zähne ermitteln und sukzessive zu dem Zeitabstand (Δt_{VH}) zwischen erstem und zweiten Winkelereignis aufaddieren und dabei die Zahnwinkel (ϕ_Z) der zu den jeweiligen Zahnzeiten (t_Z) gehörenden Zähne (Z_n) zu dem Differenzwinkel ($\Delta\phi_{VH}$) aufaddiert werden, wobei die Zahnzeiten (t_z) aus den Zahnzeiten (t_z') eines vorhergehenden Arbeitstaktes multipliziert mit einem Korrekturfaktor (k) ermittelt werden.

8. Steuergerät nach dem vorausgehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses Speichermittel zur Speicherung der Zahnzeiten mindestens eines Arbeitsspieles umfasst.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

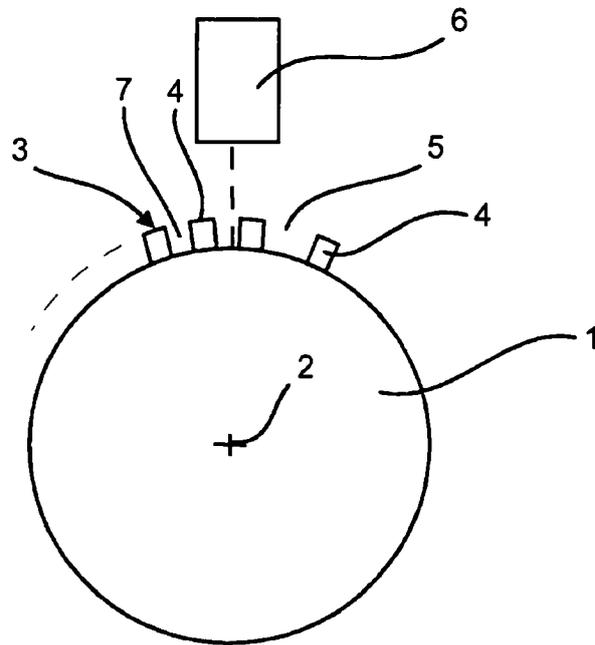


Fig. 2a

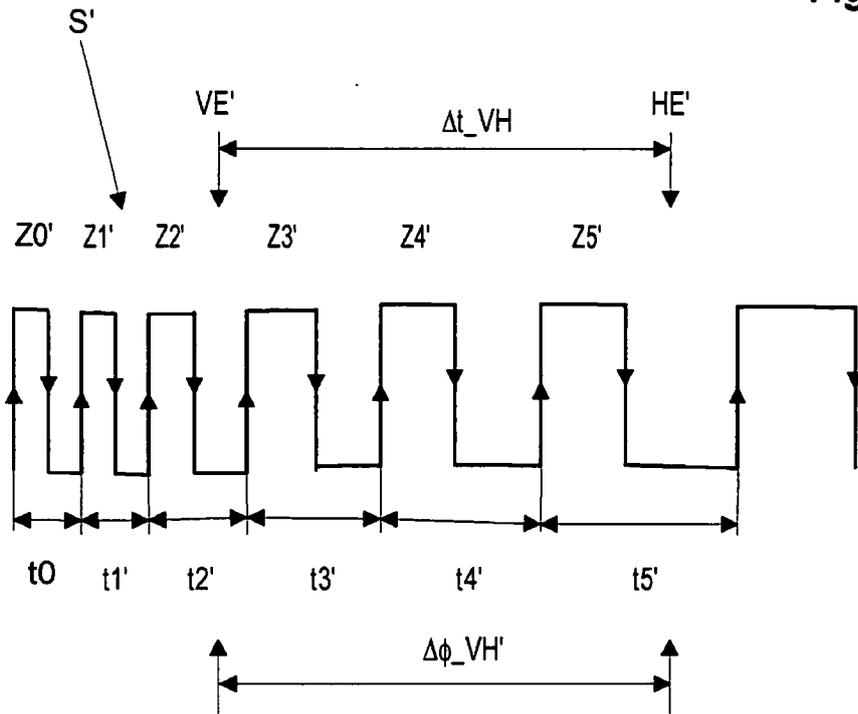


Fig. 2b

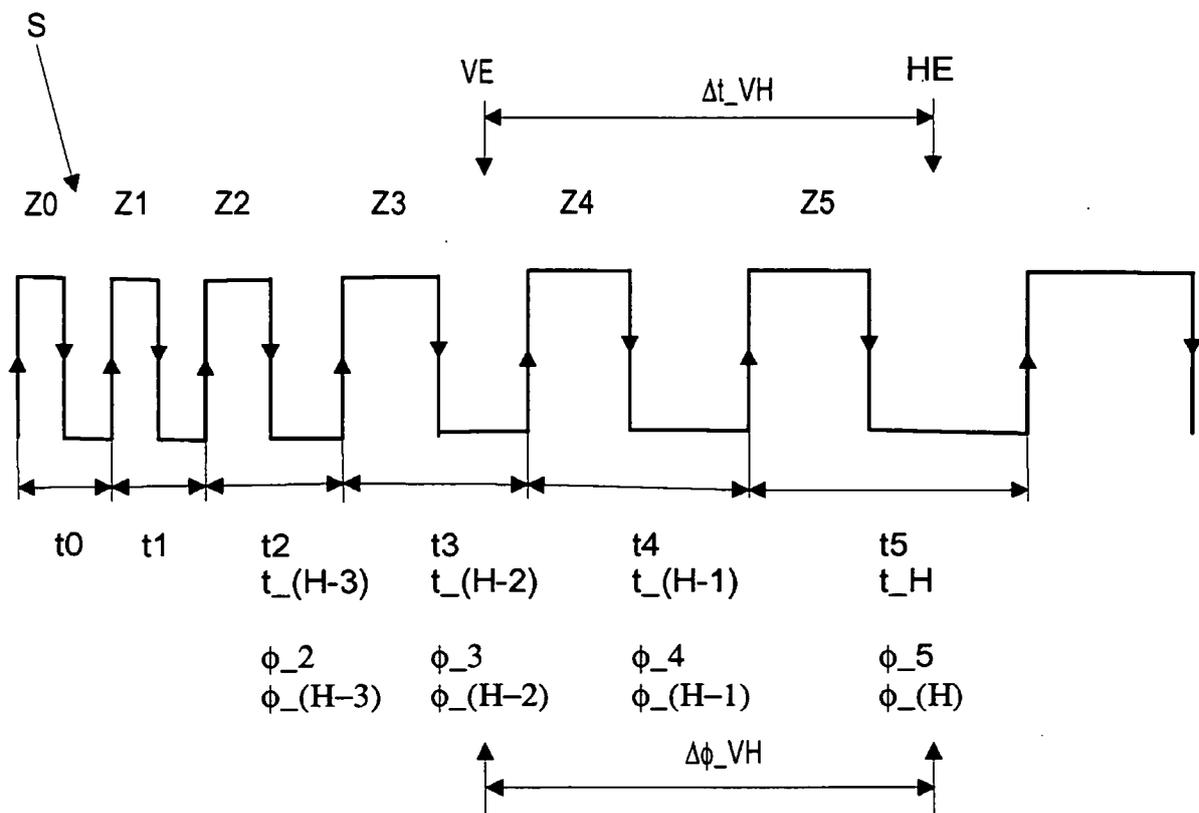


Fig. 3

