



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 039 571 A1** 2009.11.05

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 039 571.4**

(22) Anmeldetag: **25.08.2008**

(43) Offenlegungstag: **05.11.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 41/16** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**12/107,269 22.04.2008 US**

(71) Anmelder:  
**GM Global Technology Operations, Inc., Detroit,  
Mich., US**

(74) Vertreter:  
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336  
München**

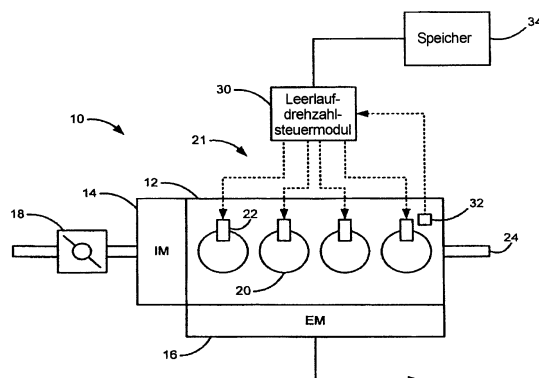
(72) Erfinder:  
**Ruiz, Victoriano, Roscommon, Mich., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verbesserung der Leerlaufqualität durch Drehmomentglättung**

(57) Zusammenfassung: Ein Leerlaufdrehzahlsteuersystem für einen Motor umfasst ein Motordrehzahlmodul, das ein Motordrehzahlsignal erzeugt. Ein Kolbenreziprokatonsmodul bestimmt anhand des Motordrehzahlsignals Reziprokatonsperioden aller Kolben der Zylinder des Motors. Ein Differenzmodul bestimmt eine Periodendifferenz zwischen jeder der Reziprokatonsperioden und einer Zielleerlaufperiode zugeordneten Leerlaufperiode. Ein Zündzeitpunktmodul reguliert eine Leerlaufdrehzahl des Motors, was die individuelle Einstellung des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder auf Grundlage von Periodendifferenzen umfasst.



**Beschreibung**

## GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf die Motorsteuerung und insbesondere auf die Drehmomentabgabe während Motorleerlaufperioden.

## HINTERGRUND

**[0002]** Die Aussagen in diesem Abschnitt liefern lediglich Hintergrundinformationen bezüglich der vorliegenden Offenbarung und stellen nicht unbedingt den Stand der Technik dar.

**[0003]** Ein Verbrennungsmotor eines Fahrzeugs erzeugt durch die Verbrennung eines Luft/Kraftstoff-Gemischs ein Antriebsmoment. Genauer wird Luft in den Motor angesaugt und mit Kraftstoff vermischt. Das Luft/Kraftstoff-Gemisch wird in einem Zylinder des Motors komprimiert und gezündet. Die Verbrennung des komprimierten Luft/Kraftstoff-Gemischs treibt einen sich hin und her bewegenden Kolben in dem Zylinder an. Der Kolben treibt seinerseits eine Kurbelwelle rotatorisch an, die ein Antriebsmoment an einen Triebstrang abgibt.

**[0004]** In manchen Fällen, etwa dann, wenn das Fahrzeug angehalten wird, läuft der Motor bei oder nahe bei einer Leerlaufdrehzahl im Leerlauf. Schwankungen der Leerlaufdrehzahl können Vibrationen hervorrufen. Die Schwankungen werden durch Drehmomentabgabedifferenzen zwischen den jeweiligen Zylindern des Motors verursacht. Die Differenzen in der Drehmomentabgabe können mit mehreren Faktoren wie etwa einem effektiven Kompressionsverhältnis, einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis usw. zusammenhängen. Die Drehmomentabgabedifferenzen zwischen den Zylindern verstärken sich mit zunehmendem Alter des Motors.

**[0005]** Ein Verfahren zum Steuern der Motorleerlaufdrehzahl des Motors umfasst das Einstellen des Luft- und/oder des Kraftstoffdurchflusses, um eine gewählte Leerlaufdrehzahl aufrechtzuerhalten. Dieses besitzt nur eine begrenzte Steuerung über das Aufrechterhalten einer Leerlaufdrehzahl und beim Verhindern von Schwankungen der Drehmomentabgabe.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0006]** In einer Ausführungsform wird ein Leerlaufdrehzahlsteuersystem für einen Motor geschaffen, das ein Motordrehzahlmodul umfasst, das ein Motordrehzahlmodul erzeugt. Ein Kolbenreziprokesmodul bestimmt anhand des Motordrehzahlmoduls die Reziprokesperioden aller Kolben der Zylinder des Motors. Ein Differenzmodul bestimmt eine Periodendifferenz zwischen jeder der Reziprokesperioden

und einer einer Zielleerlaufdrehzahl zugeordneten Leerlaufperiode. Ein Zündzeitpunktmodul reguliert eine Leerlaufdrehzahl des Motors, was die individuelle Einstellung des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder auf Grundlage von Periodendifferenzen umfasst.

**[0007]** Gemäß weiteren Merkmalen umfasst ein Verfahren zum Regulieren einer Leerlaufdrehzahl eines Motors das Erzeugen eines Motordrehzahlmoduls. Für alle Kolben der Zylinder des Motors werden auf Grundlage des Motordrehzahlmoduls Reziprokesperioden bestimmt. Es wird eine Periodendifferenz zwischen jeder der Reziprokesperioden und einer einer Zielleerlaufdrehzahl zugeordneten Leerlaufperiode bestimmt. Die Leerlaufdrehzahl wird reguliert, was das individuelle Einstellen des Zündzeitpunkts jedes der Zylinder auf Grundlage der Periodendifferenzen umfasst.

**[0008]** Gemäß nochmals weiteren Merkmalen umfasst ein Verfahren zum Erzeugen eines gemeinsamen Drehmoments von allen Zylindern eines Motors das Erzeugen eines Motordrehzahlmoduls. Für alle Kolben der Zylinder des Motors werden anhand des Motordrehzahlmoduls Reziprokesperioden bestimmt. Es wird eine Periodendifferenz zwischen jeder der Reziprokesperioden und einer einer Zielleerlaufdrehzahl zugeordneten Leerlaufperiode bestimmt. Die jeweiligen Drehmomentabgaben der Zylinder werden auf Grundlage der Periodendifferenzen aufeinander abgestimmt, während der Motor bei einer Leerlaufdrehzahl arbeitet.

**[0009]** Gemäß einem weiteren Merkmal umfasst das Regulieren das schrittweise Einstellen des Zündzeitpunkts.

**[0010]** Gemäß einem weiteren Merkmal umfasst das Regulieren entweder das Vorverlegen oder das Verzögern des Zündzeitpunkts.

**[0011]** Gemäß einem weiteren Merkmal umfasst das Verfahren ferner das Regulieren des Zündzeitpunkts, das Ermitteln, ob der Motor stabil arbeitet und ferner das Regulieren des Zündzeitpunkts, wenn der Motor stabil arbeitet.

**[0012]** Gemäß einem weiteren Merkmal erfolgt das Regulieren, wenn der Motor im Leerlauf stabil arbeitet.

**[0013]** Gemäß einem nochmals weiteren Merkmal werden Zündzeitpunkteinstellwerte erzeugt. Die Zündzeitpunkteinstellwerte werden gespeichert. Auf das Arbeiten des Motors bei einer Leerlaufdrehzahl hin wird die Zündung des Motors auf Grundlage der Zündzeitpunkteinstellwerte eingeleitet.

**[0014]** Weitere Anwendungsgebiete werden aus der hier gegebenen Beschreibung deutlich. Selbst-

verständlich sind die Beschreibung und die spezifischen Beispiele lediglich zum Zweck der Veranschaulichung gedacht und nicht dazu gedacht, den Umfang der vorliegenden Offenbarung zu begrenzen.

## ZEICHNUNGEN

**[0015]** Die hier beschriebenen Zeichnungen dienen lediglich zur Veranschaulichung und sollen den Umfang der vorliegenden Offenbarung in keiner Weise begrenzen.

**[0016]** [Fig. 1](#) ist ein funktionaler Blockschaltplan eines beispielhaften Leerlaufdrehzahlsteuersystems gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung;

**[0017]** [Fig. 2](#) ist ein logischer Ablaufplan, der ein Verfahren zum Steuern der Leerlaufdrehzahl eines Motors gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung zeigt; und

**[0018]** [Fig. 3](#) ist ein funktionaler Blockschaltplan von beispielhaften Modulen, die die Motorleerlaufsteuerung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung ausführen.

## GENAUE BESCHREIBUNG

**[0019]** Ein Verfahren zum Steuern einer Leerlaufdrehzahl eines Motors umfasst die Einstellung des Luftdurchflusses und die Einstellung des Zündzeitpunkts von Motorzylindern. Der Luftdurchfluss zu dem Motor wird eingestellt, um eine momentane Leerlaufdrehzahl so einzustellen, dass sie mit einer gewählten Leerlaufdrehzahl übereinstimmt. Schwankungen der eingestellten Leerlaufdrehzahl des Motors werden durch Einstellung bzw. Abgleichung des Zündzeitpunkts korrigiert. Die Zündzeitpunkteinstellung wird dynamisch ausgeführt. Durch Verzögern des Zündzeitpunkts wird ein Wert für den maximalen Zündfunken zugunsten des besten Drehmoments (maximum spark for best torque, MBT) verkleinert. Je mehr der MBT-Wert verkleinert wird, desto größer ist ein Einflussbereich, der verfügbar ist. Dieser Bereich wird als Drehmomentreserve bezeichnet. Da eine kleinere Drehmomentabgabe bewirkt wird, wenn eine Motordrehzahlunterschreitung vorkommt, verursacht eine Steigerung der Frühzündung eine Steigerung des Drehmoments. Eine Steigerung des Drehmoments erhöht die Drehzahl des Motors und korrigiert dadurch die Unterschreitung.

**[0020]** Die dargelegte Leerlaufdrehzahlsteuerung wird durch einen Regelkreis, der auf der gewählten Leerlaufdrehzahl basiert, geschaffen. Wenn die Steuerung aktiv ist, wird auf alle Zylinder dieselbe Frühzündungskorrektur angewandt, und zwar in gleicher Weise während jedes zyklisch wiederkehrenden Er-

eignisses. Die schafft eine begrenzte Steuerung über die Drehmomentabgabe jedes der Zylinder und somit eine begrenzte Fähigkeit zum Verhindern von Leerlaufschwankungen. Die dargelegte Steuerung beeinflusst die Leerlaufdrehzahl, korrigiert jedoch nicht die Differenz im Drehmoment von den einzelnen Zylindern. Die folgenden offenbarten Ausführungsformen schaffen eine verbesserte Steuerung über die Drehmomentabgabe jedes der Zylinder und das verbesserte Leerlaufdrehzahlverhalten.

**[0021]** Die folgende Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform ist dem Wesen nach lediglich beispielhaft, wobei keineswegs beabsichtigt ist, die Erfindung, ihre Anwendung oder ihre Verwendungen zu beschränken. Der Klarheit halber werden in den Zeichnungen dieselben Bezugszeichen zum Kennzeichnen ähnlicher Elemente verwendet. Der Begriff Modul, wie er hier verwendet wird, bezieht sich auf eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine elektronische Schaltung, einen Prozessor (gemeinsam genutzt, eigens zugewiesen oder für eine Gruppe) und einen Speicher, die ein oder mehrere Software- oder Firmwareprogramme ausführen, eine kombinatorische Logikschaltung oder andere geeignete Komponenten, die die beschriebene Funktionalität verschaffen.

**[0022]** In [Fig. 1](#) ist ein beispielhaftes Motorleerlaufsteuersystem **10** gezeigt. Das Motorleerlaufsteuersystem **10** umfasst einen Motor **12**, einen Ansaug- bzw. Einlasskrümmer (IM) **14** und einen Abgaskrümmer (EM) **16**. Durch eine Drossel **18** wird Luft in den Einlasskrümmer **14** angesaugt und an Zylinder **20** verteilt. Die Luft wird mit Kraftstoff vermischt, wobei das Luft/Kraftstoff-Gemisch in den Zylindern **20** komprimiert und gezündet wird. Dies treibt Kolben an, die sich in den jeweiligen Zylindern **20** hin und her bewegen. Das Motorleerlaufsteuersystem **10** umfasst ferner ein Zündsystem **21** mit Zündkerzen **22**, die den Zylindern **20** jeweils zugeordnet sind und darin Verbrennungseignisse herbeiführen. Die sich hin und her bewegend angetriebenen Kolben treiben eine Kurbelwelle **24** rotatorisch an. Abgase werden von den Zylindern **20** durch den Abgaskrümmer **16** ausgestoßen.

**[0023]** Ein Leerlaufdrehzahlsteuermodul **30** reguliert den Betrieb des Motorsystems **10** auf Grundlage der Motorleerlaufdrehzahlsteuerung der vorliegenden Offenbarung. Ein Motordrehzahlanzeigesensor **32** erzeugt ein Motordrehzahlanzeigesignal. Der Motordrehzahlsensor **32** kann einen Kurbelwellenstellungssensor umfassen und anhand der Drehstellung der Kurbelwelle **24** ein Kurbelwellenstellungssignal erzeugen. Der Motordrehzahlsensor **32** kann einen Nockenwellensensor, einen Getriebesensor usw. umfassen. Ferner bestimmt das Steuermodul **30** die Motordrehzahl sowie die Position aller Kolben in den jeweiligen Zylindern anhand des Motordrehzahl-

zeigesignals.

**[0024]** Der Motor **12** arbeitet unter Verwendung eines Viertakt-Verbrennungszyklus. Während eines Ansaugtaktes bewegt sich ein Kolben des Motors **12** von einer Position am oberen Totpunkt (OT) in einem jeweiligen Zylinder nach unten zu einer Position am unteren Totpunkt (UT), wobei er das Luft/Kraftstoff-Gemisch ansaugt (d. h. Ansaugtakt). Nachdem der Kolben die UT-Position erreicht hat, bewegt er sich in dem Zylinder nach oben, um das Luft/Kraftstoff-Gemisch zu komprimieren (d. h. Kompressionstakt). Wenn sich der Kolben in und nahezu in der OT-Position befindet, zündet eine zugeordnete Zündkerze das Luft/Kraftstoff-Gemisch. Die Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemischs drückt den Kolben zurück in Richtung der UT-Position (d. h. Arbeitstakt), um die Kurbelwelle **24** anzutreiben. Nach dem Verbrennungsereignis bewegt sich der Kolben wieder nach oben in Richtung der OT-Position, wobei er Abgase in den Abgas- bzw. Auspuffkrümmer drückt (d. h. Auspufftakt).

**[0025]** Der Zündzeitpunkt bezieht sich auf den Zeitpunkt, zu dem eine Zündkerze ein Luft/Kraftstoff-Gemisch zündet, und basiert auf der Position eines Kolbens in einem Zylinder. Die Position des Kolbens kann in Form der Drehstellung der Kurbelwelle geliefert werden. Beispielsweise kann der Zündzeitpunkt eines bestimmten Zylinders als  $X^\circ$  vor OT geliefert werden. Somit tritt die Zündung ein, wenn sich die Kurbelwelle bei  $X^\circ$ , bevor der Kolben OT in dem Zylinder erreicht, befindet. Der Zündzeitpunkt für jeden Zylinder kann bezüglich einer jeweiligen momentanen Zündzeitpunktposition verzögert oder vorverlegt werden.

**[0026]** Die bezüglich der hier offenbarten Ausführungsformen beschriebene Motorleerlaufsteuerung reguliert die Drehmomentabgabe jedes Zylinders durch Einstellen des Zündzeitpunkts jedes Zylinders auf individueller Basis. Die Motorleerlaufsteuerung wendet die Zündzeitpunkt Korrektur auf jeden Zylinder an. Genauer überwacht die Motorleerlaufdrehzahlsteuerung die Reziproaktionsperiode ( $t_{RECI}$ ) jedes Kolbens pro Verbrennungszyklus als Angabe bzw. Anzeige für das Drehmoment, wobei  $i$  die Kolben-/Zylindernummer ist. Die Kolben-/Zylindernummer  $i$  kann gemäß der Zündreihenfolge der Zündkerzen **22** ansteigen. Die Reziproaktionsperiode  $t_{RECI}$  wird gemäß der folgenden Beziehung bestimmt:

$$t_{RECI} = 1/RPM_i$$

wobei  $RPM_i$  die Motordrehzahl während des Verbrennungszyklus des Zylinders  $i$  ist. Je kürzer die Reziproaktionsperiode  $t_{RECI}$  ist, desto größer ist die Drehmomentabgabe eines Zylinders.

**[0027]** Das Steuermodul **30** bestimmt Periodendif-

ferenzen  $\Delta t_i$  auf Grundlage der folgenden Beziehung:

$$\Delta t_i = t_{RECI} - t_{IDLE}$$

wobei  $t_{IDLE}$  die einer Ziel-Motorleerlaufdrehzahl  $RPM_{IDLE}$  zugeordnete Periode ist. Die Motorleerlaufsteuerung vergleicht die Periodendifferenzen  $\Delta t_i$  für jeden der Zylinder in Verbindung mit einer momentanen Motordrehzahl und berechnet eine mittlere Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$ . In einer Ausführungsform ist die mittlere Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$  jeweils einem Verbrennungszyklus der Zylinder zugeordnet. In einer anderen Ausführungsform ist die mittlere Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$  jeweils mehreren Verbrennungszyklen der Zylinder zugeordnet. Das Steuermodul **30** stellt mittels einer Regelung auf Grundlage der Reziproaktionsperioden  $t_{RECI}$  den Zündzeitpunkt für jeden der Zylinder **20** individuell so ein, dass er auf die mittlere Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$  abgestimmt ist. Die mittlere Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$  wird gemäß der folgenden Beziehung bestimmt:

$$\Delta t_{AVG} = (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots \Delta t_i)/i$$

**[0028]** Jede der Periodendifferenzen  $\Delta t_i$  kann einen Periodendifferenzenmittelwert für einen Kolben über einen oder mehrere Verbrennungszyklen repräsentieren.

**[0029]** Der Zündzeitpunkt wird auf Grundlage der Zeitdifferenzen  $\Delta t_i$  und der mittleren Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$  eingestellt. Zündzeitpunkteinstellwerte werden auf Grundlage der Differenz zwischen den Periodendifferenzen  $\Delta t_i$  und der mittleren Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{AVG}$  bestimmt. Die Zündzeitpunkteinstellwerte können in einem Speicher **34** gespeichert und/oder dazu verwendet werden, den Zündzeitpunkt der einzelnen Zylinder zu verändern. Der Zündzeitpunkt jedes Zylinders kann schrittweise eingestellt werden. Beispielsweise kann der Zündzeitpunkt in einem oder mehreren  $1^\circ$ -Schritten eingestellt werden. Die schrittweise Einstellung des Zündzeitpunkts ermöglicht der Motorleerlaufdrehzahlsteuerung zu bestimmen, ob der Zündzeitpunkt richtig eingestellt (d. h. im richtigen Maße vorverlegt oder verzögert) ist. Beispielsweise kann die Motorleerlaufdrehzahlsteuerung den Zündzeitpunkt einstellen, warten, bis der Motor nach der Einstellung in einer stabilen Betriebsart läuft, aktualisierte Kolbenreziproaktionsperioden erneut bewerten und anschließend, falls angemessen, den Zündzeitpunkt wieder einstellen.

**[0030]** Die stabile Betriebsart eines Motors kann dem zugeordnet werden, dass der Motor für eine vorgegebene Zeitperiode bei einer nahezu konstanten Drehzahl im Leerlauf läuft. Die stabile Betriebsart kann zusätzlich oder alternativ dem zugeordnet werden, dass jeder Kolben eines Motors für eine vorgegebene Zeitperiode eine konstante Betriebsdrehzahl und/oder eine zugeordnete Reziproaktionsperiode

besitzt.

**[0031]** Die Motorleerlaufdrehzahlsteuerung ist insofern adaptiv, als sie die Zündzeitpunktwerte für jeden der Zylinder **20** lernt und den Zündzeitpunkt stets dann einstellt, wenn sich die Zustände des Motors **12** wie etwa infolge des Alterns verändern. Durch Einstellen der Periode pro Zylinder pro Verbrennungszyklus auf denselben Wert für alle Zylinder werden Drehmomentabgabenschwankungen des Motors **12** beseitigt, weil sämtliche Zylinder an diesem Betriebspunkt dasselbe Drehmoment abgeben. Abweichungen von der gewählten Leerlaufdrehzahl können mit Hilfe der hier beschriebenen Techniken korrigiert werden. Die durch die Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung geschaffenen Techniken minimieren und/oder beseitigen Drehmomentschwankungen eines Motors.

**[0032]** In [Fig. 2](#) ist ein logischer Ablaufplan gezeigt, der ein Verfahren zum Steuern der Leerlaufdrehzahl eines Motors erläutert. Das Verfahren kann mehrere Einstellzyklen umfassen. Mit anderen Worten, es können die folgenden Schritte wiederholt werden. Im Schritt **200** ermittelt die Steuerung, ob der Motor bei einer Leerlaufdrehzahl arbeitet. Wenn sich der Motor nicht im Leerlauf befindet, kehrt die Steuerung in einer Schleife zurück und wiederholt den Schritt **200**. Wenn der Motor im Leerlauf arbeitet, setzt die Steuerung mit dem Ausführen der Schritte **202–218** fort. Die Schritte **202–214** werden ausgeführt, während der Motor nahezu bei der Leerlaufdrehzahl arbeitet. Im Schritt **202** setzt die Steuerung einen Zähler  $i$  auf 1. Der Zähler  $i$  gibt den  $i$ -ten Kolben und/oder Zylinder an, der im Schritt **202** gemäß der Zündreihenfolge der Zylinder des Motors hochgezählt werden kann.

**[0033]** Im Schritt **204** überwacht die Steuerung die Motordrehzahl (RPM) anhand eines erzeugten Motordrehzahlsignals. Im Schritt **206** berechnet die Steuerung die Reziprokatonsperioden  $t_{RECI}$ . Die Steuerung berechnet im Schritt **208** die Periodendifferenzen  $\Delta t_i$ .

**[0034]** Im Schritt **210** ermittelt die Steuerung, ob  $i$  gleich  $N$  plus 1 ist, wobei  $N$  die Anzahl von Kolben und/oder Zylinder des Motors ist. Wenn  $i$  nicht gleich  $N + 1$  ist, inkrementiert die Steuerung  $i$  im Schritt **212** und kehrt in einer Schleife zum Schritt **204** zurück. Wenn  $i$  gleich  $N + 1$  ist, ist  $\Delta t$  für alle Zylinder bestimmt worden, wobei die Steuerung mit dem Schritt **214** fortsetzt. Im Schritt **214** bestimmt die Steuerung die mittlere Reziprokatonsperiode  $\Delta t_{AVG}$ .

**[0035]** Im Schritt **215** ermittelt die Steuerung, ob der Motor bei einer Leerlaufdrehzahl arbeitet. Wenn die Steuerung bei einer Leerlaufdrehzahl arbeitet, geht die Steuerung zum Schritt **217** weiter; andernfalls geht die Steuerung zum Schritt **216** weiter. Im Schritt **216** speichert die Steuerung die Zündzeitpunktein-

stellensignale.

**[0036]** Im Schritt **217** stellt die Steuerung anhand der Zündzeitpunkteinstellsignale den Zündzeitpunkt der einzelnen Zylinder ein.

**[0037]** Im Schritt **218** ermittelt die Steuerung, ob sich der Motor in einem stabilen Zustand befindet, wie oben beschrieben worden ist. Wenn sich der Motor in einem stabilen Zustand befindet, kann die Steuerung zum Schritt **200** zurückkehren.

**[0038]** Mit Bezug auf [Fig. 3](#) werden nun beispielhafte Module, die die Motorleerlaufdrehzahlsteuerung der vorliegenden Offenbarung ausführen, im Einzelnen beschrieben. Die beispielhaften Module umfassen ein RPM- bzw. Drehzahlüberwachungsmodul **300**, ein Kolbenreziprokatonsmodul **302**, ein Zielleerlaufmodul **304**, ein Differenzmodul **306**, ein Modul für mittlere Reziprokatonsperiode **308** und ein Zündzeitpunktmodul **310**. Das Motordrehzahlmodul **300** überwacht die Drehzahl eines Motors, die in Umdrehungen pro Minute (RPM) angegeben sein kann. Das Motordrehzahlmodul **300** erzeugt auf Grundlage der Ausgabe des Kurbelwellenstellungssensors ein Drehzahlsignal. Das Kolbenreziprokatonsmodul **302** bestimmt für alle Zylinder des Motors die Reziprokatonsperioden  $t_{RECI}$  auf Grundlage der Drehzahl des Motors.

**[0039]** Das Zielleerlaufmodul **304** bestimmt auf Grundlage der Leerlaufdrehzahl  $RPM_{IDLE}$  die Zielleerlaufperiode  $t_{IDLE}$ . Das Differenzmodul **306** berechnet die Periodendifferenzen  $\Delta t_i$  für die Zylinder auf Grundlage der jeweiligen Kolbenreziprokatonsperiode  $t_{RECI}$  und der Zielleerlaufperiode  $t_{IDLE}$ . Das Modul für mittlere Reziprokatonsperiode **308** bestimmt die mittlere Reziprokatonsperiode  $\Delta t_{AVG}$  auf Grundlage der jeweiligen Periodendifferenzen  $\Delta t_i$  für die Zylinder.

**[0040]** Das Zündzeitpunktmodul **310** reguliert auf Grundlage der Differenzen zwischen der Periodendifferenzen  $\Delta t_i$  und der mittleren Reziprokatonsperiode  $\Delta t_{AVG}$  den Zündzeitpunkt so, dass ein abgeglichenes Zylinder-Drehmoment geliefert wird. Das Zündzeitpunktmodul **310** stellt den Zündzeitpunkt auf Grundlage eines Stabilzustandssignals **311** von einem Stabilzustandsmodul **312** ein. Das Stabilzustandsmodul **312** ermittelt anhand eines Motordrehzahlsignals und/oder anhand von Kolbengeschwindigkeitsanzeigensignalen wie etwa Signalen, die auf den Kolbenreziprokatonsignalen  $t_{RECI}$  basieren, ob der Motor **12** in einer stabilen Betriebsart arbeitet.

**[0041]** Als ein Beispiel kann das Zündzeitpunktmodul **310** eine erste Periodendifferenz  $\Delta t_1$  mit einer mittleren Reziprokatonsperiode  $\Delta t_{AVG}$  vergleichen und den Zündzeitpunkt eines ersten Zylinders einstellen, was das Aktualisieren einer ersten Periodendifferenz  $\Delta t_1$  für einen nachfolgenden Verbrennungszyklus und das Abstimmen von dieser mit der middle-

ren Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{\text{AVG}}$  umfasst. Der Zündzeitpunkt einer ersten Zündkerze des ersten Zylinders wird vorverlegt oder verzögert. Das Zündzeitpunktmodul **310** kann dann eine zweite Periodendifferenz  $\Delta t_2$  mit der mittleren Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{\text{AVG}}$  vergleichen und den Zündzeitpunkt eines zweiten Zylinders einstellen, was das Aktualisieren einer zweiten Periodendifferenz  $\Delta t_2$  für einen nachfolgenden Verbrennungszyklus und das Abstimmen von dieser mit der mittleren Reziproaktionsperiode  $\Delta t_{\text{AVG}}$  umfasst. Der Zündzeitpunkt einer zweiten Zündkerze des zweiten Zylinders wird vorverlegt oder verzögert. Die Einstellung des Zündzeitpunkts für die zweite Zündkerze kann dieselbe wie die Zündzeitpunkteinstellung für die erste Zündkerze sein oder von dieser verschieden sein. Beim Einstellen des Zündzeitpunkts kann der Zündzeitpunkt eines oder mehrerer der Zylinder des Motors **12** unverändert bleiben.

**[0042]** Fachleute können aus der obigen Beschreibung erkennen, dass die weit reichenden Lehren der vorliegenden Offenbarung in verschiedenen Formen implementiert sein können. Daher soll, obwohl die hier offenbarten Ausführungsformen in Verbindung mit speziellen Beispielen von ihnen beschrieben worden ist, der wahre Umfang der Ausführungsformen nicht darauf begrenzt sein, da dem erfahrenen Praktiker nach einem Studium der Zeichnungen, der Patentbeschreibung und der folgenden Ansprüche weitere Abänderungen offenbar werden.

### Patentansprüche

1. Leerlaufdrehzahlsteuersystem für einen Motor, das umfasst:

ein Motordrehzahlmodul, das ein Motordrehzahlsignal erzeugt;

ein Kolbenreziproaktionsmodul, das anhand des Motordrehzahlsignals Reziproaktionsperioden aller Kolben der Zylinder des Motors bestimmt;

ein Differenzmodul, das eine Periodendifferenz zwischen jeder der Reziproaktionsperioden und einer einer Zielleerlaufdrehzahl zugeordneten Leerlaufperiode bestimmt; und

ein Zündzeitpunktmodul, das eine Leerlaufdrehzahl des Motors reguliert, was die individuelle Einstellung des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder auf Grundlage der Periodendifferenzen umfasst.

2. Leerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 1, das ferner ein Modul für mittlere Reziproaktion umfasst, das auf Grundlage der Periodendifferenzen eine mittlere Reziproaktionsperiode berechnet, wobei das Zündzeitpunktmodul auf Grundlage der mittleren Reziproaktionsperiode den Zündzeitpunkt jedes der Zylinder einstellt.

3. Leerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 2, wobei das Zündzeitpunktmodul eine erste Periodendifferenz mit der mittleren Reziproaktionsperiode

vergleicht und den Zündzeitpunkt eines ersten Zylinders einstellt, was das Aktualisieren einer anderen ersten Periodendifferenz und das Abstimmen von dieser mit der mittleren Reziproaktionsperiode umfasst, und wobei das Zündzeitpunktmodul eine zweite Periodendifferenz mit der mittleren Reziproaktionsperiode vergleicht und den Zündzeitpunkt eines zweiten Zylinders einstellt, was das Aktualisieren einer anderen zweiten Periodendifferenz und das Abstimmen von dieser mit der mittleren Reziproaktionsperiode umfasst.

4. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 1, wobei das Zündzeitpunktmodul den Zündzeitpunkt für jeden der Zylinder schrittweise einstellt.

5. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 4, wobei das Zündzeitpunktmodul während jedes Einstellzyklus den Zündzeitpunkt um einen einzigen Grad schrittweise verstellt.

6. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 1, wobei das Zündzeitpunktmodul beim Einstellen des Zündzeitpunkts den Zündzeitpunkt für jeden der Zylinder vorverlegt oder verzögert.

7. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 1, wobei das Zündzeitpunktmodul den Zündzeitpunkt für jeden der Zylinder unterschiedlich einstellt.

8. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 1, das ferner ein Stabilzustandmodul umfasst, das ein Stabilzustandssignal erzeugt, das den Zustand des Motors anzeigt, wobei das Zündzeitpunktmodul den Zündzeitpunkt anhand des Stabilzustandssignals einstellt.

9. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 1, wobei das Zündzeitpunktmodul den Zündzeitpunkt jedes der Zylinder einstellt, wenn der Motor bei einer Leerlaufdrehzahl arbeitet.

10. Motorleerlaufdrehzahlsteuersystem nach Anspruch 9, wobei das Zündzeitpunktmodul die Verstellung des Zündzeitpunkts verhindert, wenn der Motor bei Drehzahlen arbeitet, die von der Leerlaufdrehzahl verschieden sind.

11. Verfahren zum Regulieren einer Leerlaufdrehzahl eines Motors, das umfasst:

Erzeugen eines Motordrehzahlsignals;

Bestimmen von Reziproaktionsperioden aller Kolben der Zylinder des Motors anhand des Motordrehzahlsignals;

Bestimmen einer Periodendifferenz zwischen jeder der Reziproaktionsperioden und einer einer Zielleerlaufdrehzahl zugeordneten Leerlaufperiode; und

Regulieren der Leerlaufdrehzahl, was das individuelle Einstellen des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder

der auf Grundlage der Periodendifferenzen umfasst.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Regulieren der Leerlaufdrehzahl umfasst:  
Berechnen einer mittleren Reziprokatonsperiode auf Grundlage der Periodendifferenzen; und  
Einstellen des Zündzeitpunkts jedes der Zylinder auf Grundlage der mittleren Reziprokatonsperiode.

13. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Regulieren der Leerlaufdrehzahl das unterschiedliche Einstellen des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder umfasst.

14. Verfahren nach Anspruch 11, das ferner umfasst:  
Speichern der Einstellwerte für den Zündzeitpunkt; und  
Einleiten der Zündung des Motors auf Grundlage der eingestellten Werte, wenn der Motor zum Arbeiten bei der Leerlaufdrehzahl zurückkehrt.

15. Verfahren zum Erzeugen eines gemeinsamen Drehmoments von allen Zylindern eines Motors, das umfasst:  
Erzeugen eines Motordrehzahlsignals;  
Bestimmen von Reziprokatonsperioden aller Kolben der Zylinder des Motors anhand des Motordrehzahlsignals;  
Bestimmen einer Periodendifferenz zwischen jeder der Reziprokatonsperioden und einer einer Zielleerlaufdrehzahl zugeordneten Leerlaufperiode; und  
Abstimmen der jeweiligen Drehmomentabgaben der Zylinder relativ zueinander auf Grundlage der Periodendifferenzen, während der Motor bei einer Leerlaufdrehzahl arbeitet.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Abstimmen der Drehmomentabgabe das individuelle Einstellen des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder auf Grundlage der Periodendifferenzen umfasst.

17. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Abstimmen der Drehmomentabgabe umfasst:  
Berechnen einer mittleren Reziprokatonsperiode auf Grundlage der Periodendifferenzen; und  
Einstellen des Zündzeitpunkts jedes der Zylinder auf Grundlage der mittleren Reziprokatonsperiode.

18. Verfahren nach Anspruch 17, das umfasst:  
Vergleichen einer ersten Periodendifferenz mit der mittleren Reziprokatonsperiode und Einstellen des Zündzeitpunkts eines ersten Zylinders, was das Aktualisieren einer anderen ersten Periodendifferenz und das Abstimmen von dieser mit der mittleren Periodendifferenz umfasst; und  
Vergleichen einer zweiten Periodendifferenz mit der mittleren Reziprokatonsperiode und Einstellen des Zündzeitpunkts eines zweiten Zylinders, was das Aktualisieren einer anderen zweiten Periodendifferenz

und das Abstimmen von dieser mit der mittleren Reziprokatonsperiode umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Abstimmen der Drehmomentabgabe das schrittweise Einstellen des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 15, wobei das Abstimmen der Drehmomentabgabe das unterschiedliche Einstellen des Zündzeitpunkts für jeden der Zylinder umfasst.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

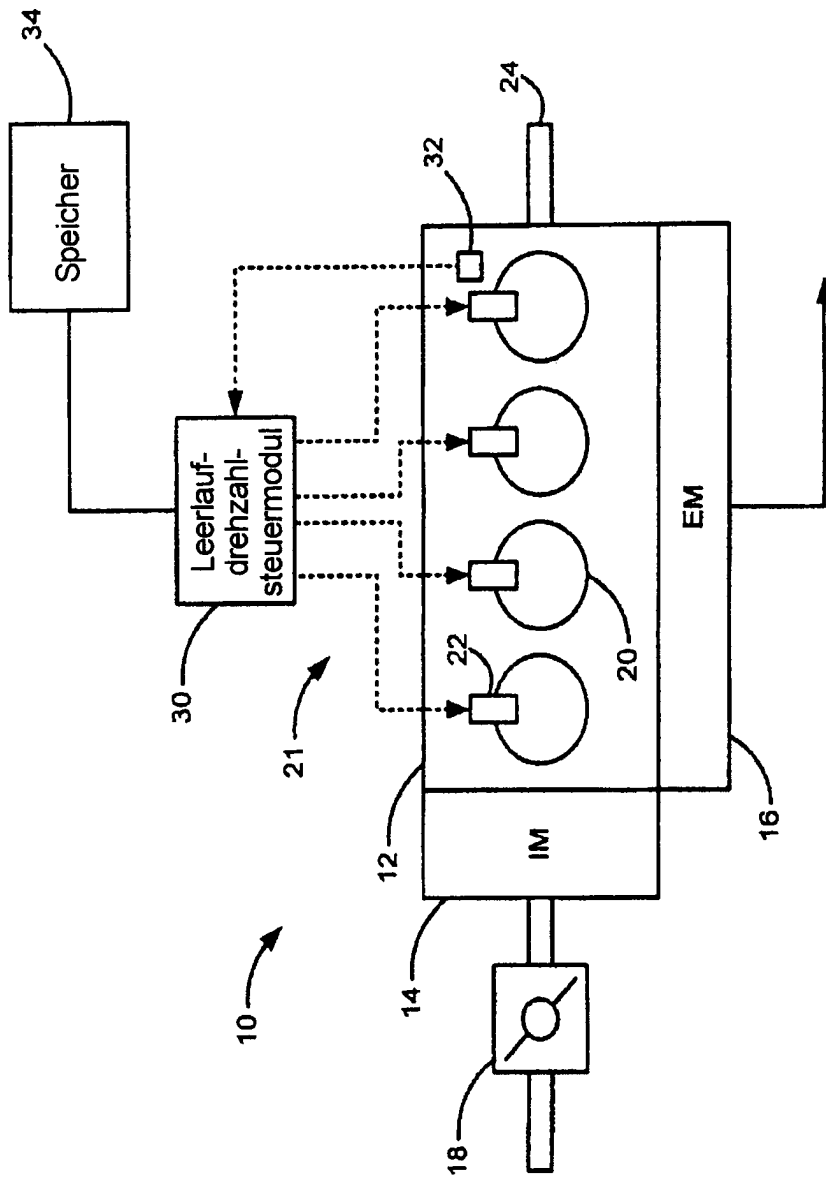


Fig. 1



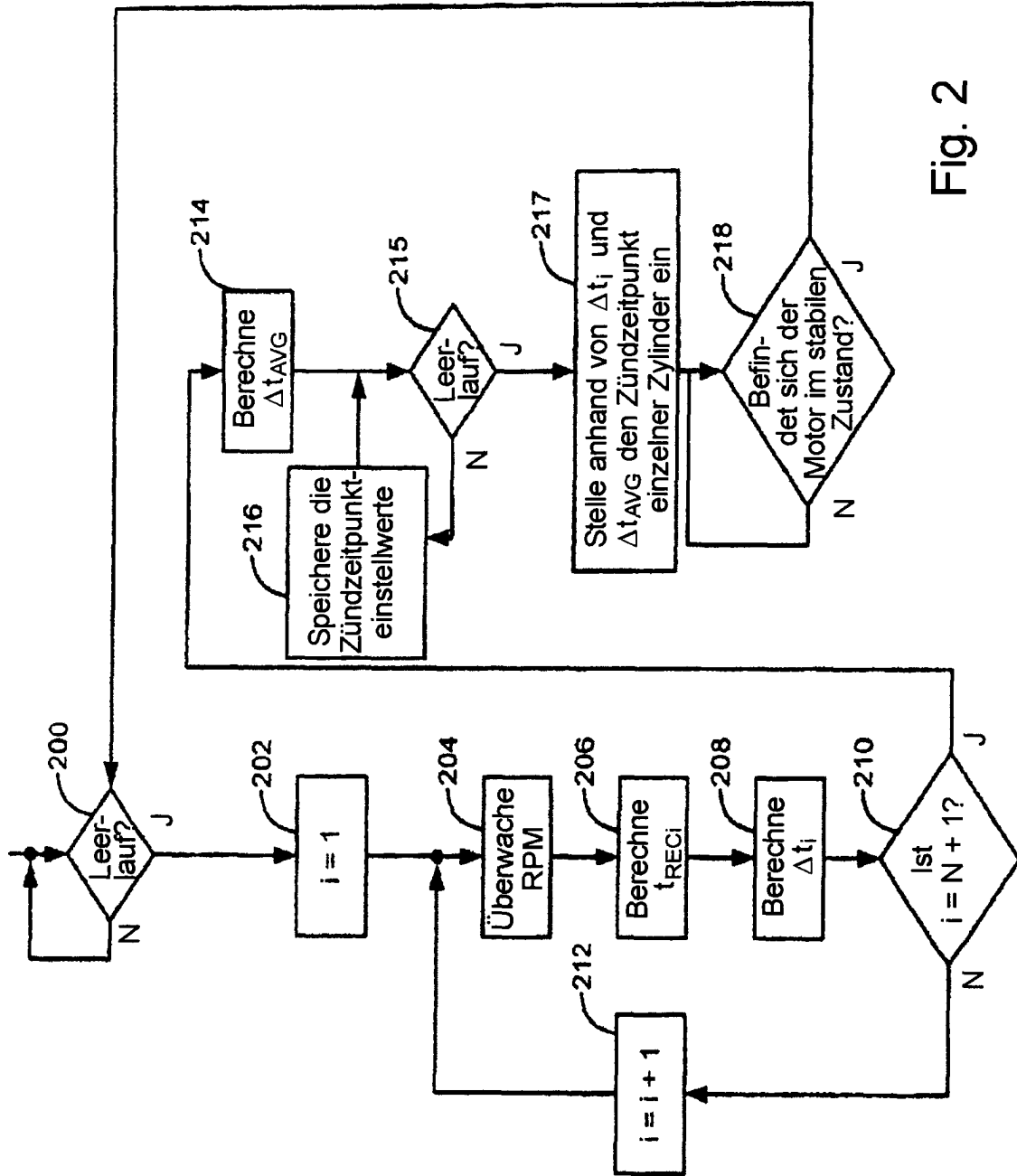


Fig. 2

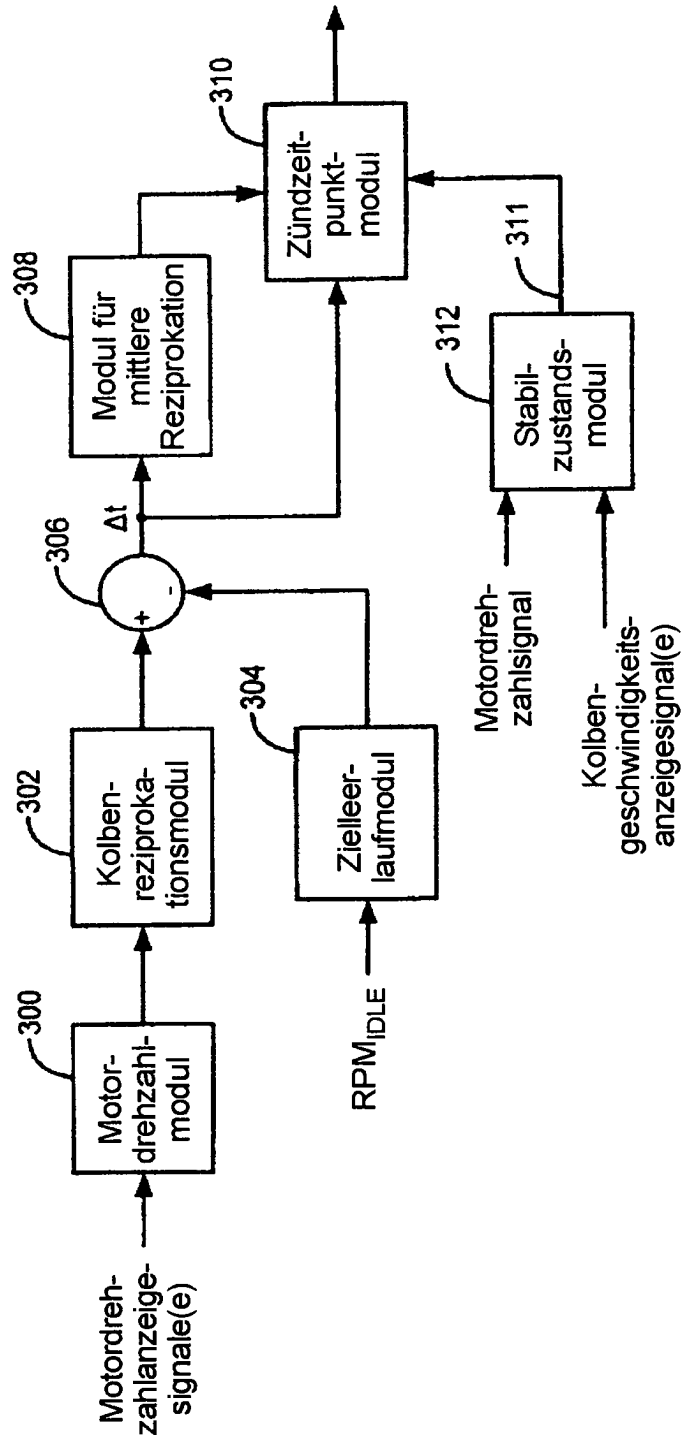


Fig. 3