



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 025 151 A1** 2005.01.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 025 151.7**

(22) Anmeldetag: **21.05.2004**

(43) Offenlegungstag: **27.01.2005**

(51) Int Cl.7: **F02D 13/02**
F01L 1/344

(30) Unionspriorität:
10/616822 10.07.2003 US

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Hauck, Graalfs, Wehnert, Döring,
 Siemens, 80336 München**

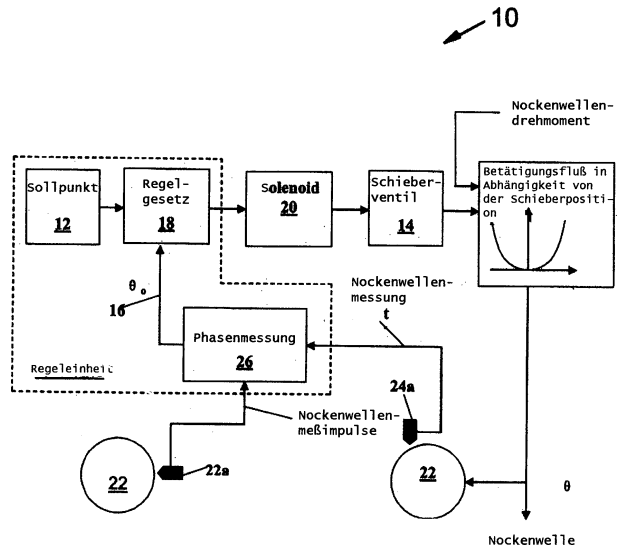
(71) Anmelder:
BorgWarner Inc., Auburn Hills, Mich., US

(72) Erfinder:
Jiang, Zhenyu, Ithaca, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Reduzieren der übermäßigen Ansprechzeit bei einer variablen Nockenregelung mit niedriger Geschwindigkeit**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren, das zur Verwirklichung eines variablen Nockenregelsystems (VCT-Systems) in einem Computerprodukt geeignet ist, macht von einem Sollpunktfilter Gebrauch, um jedwede abrupte Änderung eines Sollpunktes zu glätten, und reduziert ferner das Überfahren des Regelsystems. Bei niedriger Motordrehzahl kann jedoch durch das Regelsystem eine übermäßig große Ansprechzeit eingeführt werden, wenn das VCT gezwungen wird, dem gefilterten Sollpunkt zu folgen. Anstelle der Verwendung des ursprünglichen gefilterten Sollpunktes werden daher andere Sollpunktwerte verwendet. Durch Modifizieren des Nullpunktfehlersignals im Regelsystem wird mit der vorliegenden Erfindung die vom Sollpunktfilter eingeführte übermäßig große Ansprechzeit reduziert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Gebiet der variablen Nockenregelung (VCT). Genauer gesagt bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zum Reduzieren der übermäßigen Ansprechzeit bei einer variablen Nockenregelung mit niedriger Geschwindigkeit unter Anwendung einer Nullpunktsfehlerbehandlung.

[0002] Das Verhalten einer Brennkraftmaschine kann durch die Verwendung von dualen Nockenwellen, von denen eine die Einlassventile der verschiedenen Zylinder der Brennkraftmaschine und die andere die Auslassventile der Brennkraftmaschine betätigt, verbessert werden. Typischerweise wird eine dieser Nockenwellen von der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine über ein Kettenrad und einen Kettenantrieb oder Riemenantrieb angetrieben, während die andere Nockenwelle von der ersten Nockenwelle über ein zweites Kettenrad und einen Kettenantrieb oder zweiten Riemenantrieb angetrieben wird. Alternativ dazu können beide Nockenwellen über einen einzigen, von einer Kurbelwelle angetriebenen Kettenantrieb oder Riemenantrieb angetrieben werden. Das Verhalten einer Brennkraftmaschine mit zwei Nockenwellen kann hinsichtlich der Leerlaufqualität, des Kraftstoffverbrauches, von verringerten Emissionen oder einem erhöhten Drehmoment weiter verbessert werden, indem die Lagebeziehung einer der Nockenwellen, üblicherweise der Nockenwelle, die die Einlassventile der Brennkraftmaschine betätigt, relativ zur anderen Nockenwelle und relativ zur Kurbelwelle verändert wird, um auf diese Weise die Steuerung der Brennkraftmaschine in bezug auf die Funktionsweise von ihren Einlassventilen relativ zu ihren Auslassventilen oder in bezug auf die Funktionsweise ihrer Ventile relativ zur Position der Kurbelwelle zu verändern.

[0003] Ein Studium von Informationen, die in den nachfolgenden amerikanischen Patentschriften enthalten sind, deren Offenbarung hiermit durch Bezugnahme eingearbeitet wird, ist für die Auswertung des Hintergrundes der vorliegenden Erfindung nutzbringend.

Stand der Technik

[0004] Die US-PS 5 002 023 beschreibt ein variables Nockenregelungssystem (VCT-System) auf dem Gebiet der Erfindung, bei dem die Systemhydraulik ein Paar von entgegengesetzt wirkenden Hydraulikzylindern mit geeigneten hydraulischen Strömungselementen umfasst, um ein Hydraulikmittel wahlweise von einem der Zylinder zum anderen oder umgekehrt zu überführen und auf diese Weise die Umfangsposition einer Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle zu beschleunigen oder zu verzögern. Das Regelsystem umfasst ein Regelventil, in dem die Abgabe von Hydraulikmittel von dem einen oder dem anderen entgegengesetzt wirkenden Zylinder durch Bewegung eines Schiebers innerhalb des Ventils in der einen oder der anderen Richtung von dessen zentrierter oder Nullposition aus ermöglicht wird. Die Bewegung des Schiebers findet in Abhängigkeit von einem Anstieg oder Abfall des Hydraulikregeldrucks P_c an einem Ende des Schiebers und der Beziehung zwischen der hydraulischen Kraft an diesem Ende und einer entgegengesetzt gerichteten mechanischen Kraft am anderen Ende, die von einer hierauf einwirkenden Druckfeder stammt, statt.

[0005] Die US-PS 5 107 804 beschreibt ein anderes variables Nockenregelsystem (VCT-System) auf dem Gebiet der Erfindung, bei dem die Systemhydraulik einen Flügel mit Erhebungen innerhalb eines umschlossenen Gehäuses umfasst, der die entgegengesetzt wirkenden Zylinder ersetzt, die in der vorstehend beschriebenen US-PS 5 002 023 erläutert sind. Der Flügel kann relativ zum Gehäuse hin- und herschwingen, und es sind geeignete hydraulische Strömungselemente zur Überführung des Hydraulikmittels im Gehäuse von einer Seite einer Erhebung zur anderen oder umgekehrt vorgesehen, um auf diese Weise den Flügel relativ zum Gehäuse in der einen Richtung oder der anderen hin- und herzubewegen, wobei durch diese Bewegung die Position der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle beschleunigt oder verzögert wird. Das Regelsystem dieses VCT-Systems ist mit dem der US-PS 5 002 023 identisch, wobei die gleiche Art von Schieber Verwendung findet, der auf die gleiche Art von hierauf einwirkenden Kräften anspricht.

[0006] Die US-PS'en 5 172 659 und 5 184 578 beziehen sich beide auf die Probleme der vorstehend erwähnten Arten von VCT-Systemen, die durch den Versuch hervorgerufen werden, die gegen ein Ende des Schiebers ausgeübte hydraulische Kraft und die gegen das andere Ende ausgeübte mechanische Kraft auszugleichen. Das in den US-PS'en 5 172 659 und 5 184 578 offenbarte verbesserte Regelsystem macht von einer hydraulischen Kraft Gebrauch, die auf beide Enden des Schiebers einwirkt. Die auf ein Ende einwirkende hydraulische Kraft resultiert aus dem direkt aufgebrachtem Hydraulikmittel vom Ölkanal der Brennkraftmaschine unter vollem hydraulischen Druck P_s . Die auf das andere Ende des Schiebers einwirkende hydraulische Kraft stammt aus einem Hydraulikzylinder oder einem anderen Kraftvervielfacher, der in Abhängigkeit vom Hydraulikmittel des Systems unter reduziertem Druck P_c von einem pulsweitenmodulierten Solenoid (PWM-Solenoid) hierauf einwirkt. Da die auf jedes gegenüberliegende Ende des Schiebers einwirkende Kraft einen hydraulischen

schen Ursprung hat und auf dem gleichen Hydraulikmittel basiert, gleichen sich Änderungen im Druck oder der Viskosität des Hydraulikmittels aus und beeinflussen die zentrierte Position oder Nulllage des Schiebers nicht.

[0007] In der US-PS 5 289 805 ist ein verbessertes VCT-Verfahren beschrieben, bei dem eine hydraulische pulsweitenmodulierte Schieberpositionsregelung und ein verbessertes Regelverfahren Anwendung finden, die für eine Computerrealisation geeignet sind, welche die Nachführung auf einen vorgegebenen Sollpunkt mit einer großen Robustheit ermöglicht.

[0008] Die US-PS 5 361 735 beschreibt eine Nockenwelle mit einem Flügel, der an einem Ende befestigt ist und eine schwingungsfreie Drehung durchführt. Die Nockenwelle trägt ferner eine von einem Steuerriemen angetriebene Riemenscheibe, die sich zusammen mit der Nockenwelle drehen kann, jedoch relativ zu dieser hin- und herschwingen kann. Der Flügel hat gegenüberliegende Erhebungen, die in gegenüberliegenden Ausnehmungen der Riemenscheibe enthalten sind. Die Nockenwelle neigt zu Veränderungen in Reaktion auf Drehmomentimpulse, die sie während ihres normalen Betriebes erfährt, und kann durch wahlweises Blockieren oder Ermöglichen des Zuflusses von Motoröl aus den Ausnehmungen beschleunigt oder verzögert werden, wenn die Position eines Schiebers innerhalb eines Ventilgehäuses eines Regelventils in Abhängigkeit von einem Signal von einer Motorregelungseinheit geregelt wird. Der Schieber wird in einer vorgegebenen Richtung durch eine Drehbewegung in eine Linearbewegung überführende Einrichtung, die durch einen Elektromotor, vorzugsweise durch einen Schrittmotor, erzeugt wird, gedrückt.

[0009] Die US-PS 5 497 738 zeigt ein Regelsystem, das die auf ein Ende eines Schiebers einwirkende hydraulische Kraft, die aus dem direkt aufgebrachtten Hydraulikmittel vom Motorölkanal bei vollem hydraulischen Druck P_s resultiert und bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen des VCT-Systems Anwendung findet, eliminiert. Die auf das andere Ende des belüfteten Schiebers einwirkende Kraft stammt von einer elektromechanischen Betätigungseinheit, vorzugsweise vom Solenoidtyp mit veränderlicher Kraft, die in Abhängigkeit von einem elektronischen Signal, das von einer Motorsteuereinheit (ECU) abgegeben wird, die diverse Motorparameter überwacht, direkt auf den belüfteten Schieber einwirkt. Die ECU empfängt Signale von Sensoren, welche Nockenwellen- und Kurbelwellenpositionen entsprechen, und benutzt diese Informationen, um einen relativen Phasenwinkel zu berechnen. Ein Rückkopplungssystem in Form einer geschlossenen Schleife, das jedweden Phasenwinkelfehler korrigiert, findet vorzugsweise Verwendung. Durch die Verwendung eines Solenoids mit veränderlicher Kraft wird das Problem eines trägen dynamischen Ansprechverhaltens gelöst. Eine derartige Vorrichtung kann so ausgebildet werden, dass sie so schnell anspricht wie ein Schieber mechanisch anspricht, und mit Sicherheit viel schneller anspricht als das herkömmliche (vollständig hydraulische) Differenzdruckregelsystem. Das schnellere Ansprechverhalten ermöglicht die Ausnutzung einer erhöhten Regelverstärkung, so dass das System weniger empfindlich wird gegenüber Toleranzen der Komponenten und der Betriebsumgebung.

[0010] Die US-PS 5 657 725 zeigt ein Steuersystem, das zur Betätigung Motoröldruck einsetzt. Das System besitzt eine Nockenwelle, die einen Flügel aufweist, der an einem Ende derselben befestigt ist und eine schwingungsfreie Drehung hiermit ausführt. Die Nockenwelle trägt ferner ein Gehäuse, das sich zusammen mit der Nockenwelle drehen kann, jedoch mit dieser hin- und herschwingt. Der Flügel besitzt gegenüberliegende Erhebungen, die in gegenüberliegenden Ausnehmungen des Gehäuses enthalten sind. Die Ausnehmungen besitzen ein größeres Umfangsmaß als die Erhebungen, so dass der Flügel und das Gehäuse relativ zueinander hin- und herschwingen können und auf diese Weise die Phase der Nockenwelle relativ zu einer Kurbelwelle verändert werden kann. Die Nockenwelle neigt dazu, in Abhängigkeit vom Motoröldruck und/oder Nockenwellendrehmomentimpulsen, die auf sie während ihres Normalbetriebes ausgeübt werden, ihre Richtung zu verändern, und kann entweder beschleunigt oder verzögert werden, indem der Motorölfluss durch die Rückführleitungen von den Ausnehmungen wahlweise blockiert oder ermöglicht wird, indem die Position eines Schiebers in einem Ventilschiebergehäuse in Abhängigkeit von einem Signal gesteuert wird, das einen Motorbetriebszustand von einer Motorsteuereinheit anzeigt. Der Schieber wird wahlweise durch Steuern der auf sein gegenüberliegendes Ende einwirkenden hydraulischen Belastungen in Abhängigkeit von einem Signal von einer Motorsteuereinheit positioniert. Der Flügel kann in eine Extremposition vorgespannt sein, um in bezug auf ein in einer Richtung wirkendes Reibungsdrehmoment, das auf die Nockenwelle während ihrer Drehung einwirkt, eine Gegenkraft vorzusehen.

[0011] Die US-PS 6 247 434 beschreibt ein veränderliches Nockenwellenregelsystem mit mehreren Positionen, das durch Motoröl betätigt wird. Innerhalb des Systems ist eine Nabe an einer Nockenwelle zur Durchführung einer Drehung synchron mit der Nockenwelle befestigt, und ein Gehäuse umgibt die Nabe, kann sich zusammen mit der Nabe und der Nockenwelle drehen und kann des weiteren relativ zur Nabe und der Nockenwelle innerhalb eines vorgegebenen Drehwinkels hin- und herschwingen. Antriebsflügel sind radial im Gehä-

se angeordnet und wirken mit einer externen Fläche an der Nabe zusammen, während angetriebene Flügel radial in der Nabe angeordnet sind und mit einer Innenfläche des Gehäuses zusammenwirken. Eine Blockier-
vorrichtung, die auf den Öldruck reagiert, verhindert eine Relativbewegung zwischen dem Gehäuse und der Nabe. Eine Steuervorrichtung steuert die Schwingung des Gehäuses relativ zur Nabe.

[0012] In der US-PS 6 250 265 ist ein variables Ventilregelsystem mit Betätigungsblockierung für eine Brennkraftmaschine beschrieben. Das System umfasst ein variables Nockenwellenregelsystem mit einer Nockenwelle mit einem an dieser befestigten Flügel, der sich zusammen mit der Nockenwelle dreht, jedoch nicht relativ zu dieser hin- und herschwingt. Der Flügel besitzt eine sich in Umfangsrichtung erstreckende Vielzahl von Erhebungen, die radial von diesen nach außen vorstehen, und ist von einem ringförmigen Gehäuse umgeben, das eine entsprechende Vielzahl von Ausnehmungen aufweist, von denen jede eine der Erhebungen aufnimmt und eine Erstreckung in Umfangsrichtung besitzt, die größer ist als die Erstreckung in Umfangsrichtung der darin aufgenommenen Erhebung, um auf diese Weise eine Schwingung des Gehäuses relativ zum Flügel und der Nockenwelle zu ermöglichen, während sich das Gehäuse mit der Nockenwelle und dem Flügel dreht. Die Schwingung des Gehäuses relativ zum Flügel und der Nockenwelle wird durch unter Druck gesetztes Motoröl in jeder Ausnehmung auf gegenüberliegenden Seiten der Erhebung betätigt, wobei der Öldruck in einer derartigen Ausnehmung vorzugsweise teilweise von einem Drehmomentimpuls in der Nockenwelle, während sich diese während ihres Betriebes dreht, hergeleitet wird. Eine ringförmige Blockierplatte ist coaxial zur Nockenwelle und zum ringförmigen Gehäuse angeordnet und relativ zum ringförmigen Gehäuse entlang einer zentralen Längsachse der Nockenwelle zwischen einer ersten Position, in der die Blockierplatte mit dem ringförmigen Gehäuse in Eingriff steht, um dessen Umfangsbewegung relativ zum Flügel zu verhindern, und einer zweiten Position, in der eine Umfangsbewegung des ringförmigen Gehäuses relativ zum Flügel ermöglicht wird, bewegbar. Die Blockierplatte wird von einer Feder in Richtung auf ihre erste Position vorgespannt und aus ihrer ersten Position in Richtung auf eine zweite Position durch Motoröldruck weggedrückt, dem sie über einen Kanal ausgesetzt ist, der durch die Nockenwelle führt, wenn der Motoröldruck ausreichend hoch ist, um die Vorspannkraft der Feder zu überwinden, was nur dann der Fall ist, wenn es gewünscht wird, die Relativlagen des ringförmigen Gehäuses und des Flügels zu verändern. Die Bewegung der Blockierplatte wird durch eine elektronische Regeleinheit des Motors entweder über ein Regelsystem (geschlossene Schleife) oder ein Steuersystem (offene Schleife) geregelt.

[0013] Die US-PS 6 263 846 beschreibt eine Regelventilstrategie für ein variables Nockenwellenregelsystem, das mit einem Flügel versehen ist. Diese Strategie umfasst eine Brennkraftmaschine, die eine Nockenwelle und eine Nabe umfasst, die an der Nockenwelle befestigt ist und sich zusammen mit dieser dreht. Ein Gehäuse umgibt die Nabe und ist zusammen mit der Nabe und der Nockenwelle drehbar und kann des Weiteren relativ zur Nabe und Nockenwelle hin- und herschwingen. Antriebsflügel sind radial innerhalb im Gehäuse angeordnet und wirken mit der Nabe zusammen, während angetriebene Flügel radial außerhalb in der Nabe angeordnet sind, um mit dem Gehäuse zusammenzuwirken. Sie wechseln sich in Umfangsrichtung mit den Antriebsflügeln ab und bilden in Umfangsrichtung abwechselnd Beschleunigungs- und Verzögerungskammern. Eine Vorrichtung zum Regeln der Schwingung des Gehäuses relativ zur Nabe umfasst eine elektronische Motorsteuereinheit und ein Beschleunigungssteuerventil, das auf die elektronische Motorsteuereinheit anspricht und den Motoröldruck zu und von den Beschleunigungskammern reguliert. Ein Verzögerungssteuerventil, das auf die elektronische Motorsteuereinheit anspricht, reguliert den Motoröldruck zu und von den Verzögerungskammern. Ein Beschleunigungskanal stellt eine Motoröldruckverbindung zwischen dem Beschleunigungssteuerventil und dem Beschleunigungskammern her, während ein Verzögerungskanal eine Motoröldruckverbindung zwischen dem Verzögerungssteuerventil und den Verzögerungskammern herstellt.

[0014] Die US-PS 6 311 655 beschreibt ein variables Nockenregelsystem mit mehreren Positionen, das eine flügelmontierte Verriegelungskolbenvorrichtung aufweist. Eine Brennkraftmaschine besitzt eine Nockenwelle und ein variables Nockenwellenregelsystem, bei dem ein Rotor an der Nockenwelle befestigt ist, der sich zusammen mit der Nockenwelle drehen kann, jedoch nicht relativ zur Nockenwelle hin- und herschwingen kann. Ein Gehäuse umgibt den Rotor, ist zusammen mit dem Rotor und der Nockenwelle drehbar und kann relativ zum Rotor und zur Nockenwelle zwischen einer vollständig verzögerten Position und einer vollständig beschleunigten Position hin- und herschwingen. Eine Blockiervorrichtung verhindert eine Relativbewegung zwischen dem Rotor und dem Gehäuse und ist entweder im Rotor oder im Gehäuse montiert und kann lösbar mit dem anderen Teil vom Rotor und vom Gehäuse in der vollständig verzögerten Position, der vollständig beschleunigten Position und Positionen dazwischen in Eingriff gebracht werden. Die Blockiervorrichtung besitzt einen Verriegelungskolben, der Keile aufweist, die an einem Ende desselben angeordnet sind, und Keilnuten, die gegenüber den Keilen am Verriegelungskolben montiert sind, um den Rotor mit dem Gehäuse zu verriegeln. Durch eine Steuervorrichtung wird die Schwingung des Rotors relativ zum Gehäuse gesteuert.

[0015] Die US-PS 6 374 787 zeigt ein variables Nockenwellenregelsystem mit mehreren Positionen, das durch Motoröldruck betätigt wird. Eine Nabe ist an einer Nockenwelle befestigt und dreht sich synchron mit dieser, und ein Gehäuse umgibt die Nabe und ist mit der Nabe und der Nockenwelle drehbar sowie kann des weiteren relativ zur Nabe und zur Nockenwelle innerhalb eines vorgegebenen Drehwinkel hin- und herschwingen. Antriebsflügel sind radial innerhalb des Gehäuses angeordnet und wirken mit einer externen Fläche auf der Nabe zusammen, während angetriebene Flügel radial innerhalb der Nabe angeordnet sind und mit einer Innenfläche des Gehäuses zusammenwirken. Eine Blockiervorrichtung, die auf den Öldruck reagiert, verhindert eine Relativbewegung zwischen dem Gehäuse und der Nabe. Eine Steuervorrichtung steuert die Schwingung des Gehäuses relativ zur Nabe.

[0016] In der US-PS 6 477 999 ist eine Nockenwelle beschrieben, die an einem Ende einen daran befestigten Flügel aufweist, der sich zusammen mit der Nockenwelle dreht, ohne hin- und herzuschwingen. Die Nockenwelle trägt ferner ein Kettenrad, das sich zusammen mit der Nockenwelle drehen kann, jedoch relativ zur Nockenwelle hin- und herbewegbar ist. Der Flügel besitzt gegenüberliegende Erhebungen, die in gegenüberliegenden Ausnehmungen des Kettenrades aufgenommen sind.

[0017] Die Ausnehmungen haben eine größere Umfangserstreckung als die Erhebungen, so dass der Flügel und das Kettenrad relativ zueinander hin- und herschwingen können. Die Phase der Nockenwelle ändert sich in Abhängigkeit von Impulsen, mit denen sie während ihres normalen Betriebes beaufschlagt wird, und kann sich nur in einer vorgegebenen Richtung, entweder beschleunigend oder verzögernd, ändern, in der der Fluss von unter Druck stehendem Hydraulikmittel, vorzugsweise Motoröl, von den Ausnehmungen wahlweise blockiert oder ermöglicht wird, indem die Position eines Schiebers innerhalb eines Ventilgehäuses eines Steuerventils gesteuert wird. Das Kettenrad hat einen Kanal, der sich durch das Kettenrad erstreckt und parallel zur Längsachse der Drehung der Nockenwelle sowie im Abstand hiervon verläuft. Ein Stift ist gleitend im Kanal angeordnet und wird von einer Feder elastisch in eine Position gedrückt, in der ein freies Ende des Stiftes über den Kanal hinaus vorsteht. Der Flügel trägt eine Platte mit einer Tasche, die zu dem Kanal in einer vorgegebenen Orientierung des Kettenrades zur Nockenwelle ausgerichtet ist. Die Tasche nimmt Hydraulikmittel auf. Wenn sich der Hydraulikmitteldruck auf normalem Betriebsniveau befindet, steht ein ausreichender Druck innerhalb der Tasche zur Verfügung, um das freie Ende des Stiftes daran zu hindern, in die Tasche einzudringen. Bei niedrigen Niveaus des Hydraulikdrucks dringt jedoch das freie Ende des Stiftes in die Tasche ein und verriegelt die Nockenwelle und das Kettenrad miteinander in einer vorgegebenen Orientierung.

[0018] Bekannte Verfahren, die für ein Computerprodukt für ein variables Nockenregelungssystem (VCT) geeignet sind, können von einem Sollpunktfilter Gebrauch machen, um jedwede abrupte Änderung des Sollpunktes zu glätten. Infolge der Sollpunktfilterung ändert sich der Sollpunktfilter graduell. Diese graduelle Veränderung des Sollpunktes bewirkt auch eine graduelle Veränderung der Differenz zwischen dem gefilterten Sollpunkt und der gemessenen Phase (Nullpunktsfehler E_0). Da das Regelergebnis in direkter Beziehung zum Nullpunktsfehler steht, ist der Gesamteffekt oder das Ergebnis der Filterung eines Sollpunktes ein glattes Regelergebnis. Genauer gesagt resultiert bei einem variablen Nockenregelungssystem (VCT-System) ein geringeres Überschießen.

[0019] In **Fig. 1** ist ein bekanntes gesamtes variables Nockenregelungssystem (VCT-System) ohne einen Sollpunktfilter dargestellt. **Fig. 1** zeigt eine Regelschleife **10** des Standes der Technik. Das Regelziel der Regelschleife **10** besteht darin, ein Schieberventil in einer Nullposition anzuordnen. Mit anderen Worten, Ziel ist es, keinen Strömungsmittelfluss zwischen zwei Strömungsmittelhaltekkammern eines Phaseneinstellers (nicht gezeigt) zu haben, so dass der VCT-Mechanismus bei dem durch einen Sollpunkt **12** vorgegebenen Phasenwinkel einen Schieber **14** stationär in seiner Nullposition hält. Auf diese Weise befindet sich der VCT-Mechanismus in der korrekten Phasenposition und ist die Phasenänderungsrate Null. Ein Regelcomputerprogramm, das den dynamischen Zustand des VCT-Mechanismus nutzt, findet Verwendung, um den vorstehend beschriebenen Zustand zu erreichen.

[0020] Der VCT-Regelmechanismus wird verwirklicht, indem eine Nockenwellenphasenverschiebung θ_0 **16** gemessen und diese mit dem gewünschten Sollpunkt **12** verglichen wird. Der VCT-Mechanismus wird dann so eingestellt, dass der Phaseneinsteller eine Position einnimmt, die durch den Sollpunkt **12** bestimmt wird. Ein Regelgesetz **18** vergleicht den Sollpunkt **12** mit der Phasenverschiebung θ_0 **16**. Das Vergleichsergebnis wird als Referenz verwendet, um Befehle an ein Solenoid **20** zur Positionierung des Schiebers **14** abzugeben. Diese Positionierung des Schiebers **14** findet statt, wenn der Phasenfehler (die Differenz zwischen dem Sollpunkt **12** und der Phasenverschiebung **20**) ungleich Null ist.

[0021] Der Schieber **14** wird in eine erste Richtung (d.h. nach rechts) bewegt, wenn der Phasenfehler negativ

ist (Verzögerung), und in eine zweite Richtung (d.h. nach links), wenn der Phasenfehler positiv ist (Beschleunigung, Voreilung). Die Verzögerung mit dem momentanen Phasenmessschema führt zu einem größeren Wert, während die Beschleunigung zu einem kleinen Wert führt. Wenn der Phasenfehler Null ist, entspricht die VCT-Phase dem Sollpunkt **12**, so dass der Schieber **14** in der Nullposition gehalten wird und kein Strömungsmittel im Ventil fließt.

[0022] Nockenwellen- und Kurbelwellenmessimpulse im VCT-System werden von Nockenwellen- und Kurbelwellenimpulsrädern **22** und **24** erzeugt. Wenn sich die Kurbelwelle (nicht gezeigt) und die Nockenwelle (ebenfalls nicht gezeigt) drehen, drehen sich die Räder **22**, **24** mit diesen. Die Räder **22**, **24** besitzen Zähne, die von Sensoren gemäß den von den Sensoren erzeugten Messimpulsen ertastet und gemessen werden können. Die Messimpulse werden von Nockenwellen- und Kurbelwellenmessimpulssensoren **22a** und **24a** detektiert. Die ertasteten Impulse werden von einer Phasenmessvorrichtung **26** verwendet. Dann wird eine Messphasendifferenz ermittelt. Die Phase zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle wird als die Zeit von aufeinanderfolgenden Kurbelwellen-Nockenwellen-Impulsen, geteilt durch die Zeit für eine gesamte Umdrehung und Multiplizieren mit 360° , definiert. Die gemessene Phase kann als θ_0 **16** ausgedrückt werden. Diese Phase wird dann dem Regelgesetz **18** zugeführt, um die gewünschte Schieberposition zu erreichen.

[0023] Ein Regelgesetz **18** der Regelschleife **10** ist in der US-PS 5 184 578 beschrieben und wird in die vorliegende Offenbarung durch Bezugnahme eingearbeitet. Eine genauere Darstellung dieses Regelgesetzes zusammen mit einem Sollpunktfilter **30** ist in **Fig. 2** gezeigt. Die gemessene Phase **26** wird anfangs im Block **18a**, in dem ein Proportional-Integral(PI)-Prozess durchgeführt wird, mit dem Regelgesetz **18** konfrontiert. Der PI-Prozess bildet die Summe von zwei Unterprozessen. Der erste Unterprozess umfasst eine Verstärkung, während der zweite Unterprozess eine Integration beinhaltet. Die gemessene Phase wird weiter im Block **18b** einer Phasenkompensation unterzogen, bei der das Regelsignal eingestellt wird, um die Stabilität des Gesamtsystems zu erhöhen, bevor das Signal zum Antreiben der Betätigungseinheit, im vorliegenden Fall eines Solenoids mit veränderlicher Kraft, abgegeben wird.

[0024] **Fig. 2** zeigt eine Teildarstellung des bekannten in **Fig. 1** gezeigten VCT-Regelsystems unter Hinzufügung eines Sollpunktfilters **30**. Speziell ist der Sollpunktfilter **30** zwischen dem Sollpunkt **12** und dem Regelgesetz **18** angeordnet.

[0025] Ferner ist das Regelgesetz **18** in größeren Einzelheiten für die digitale Verwirklichung desselben in **Fig. 1** dargestellt.

[0026] Durch den Einbau des Sollpunktfilters **30** entstehen neue Probleme, da das VCT-Regelsystem nunmehr das System zwingt, dem gefilterten Sollpunkt anstelle dem ursprünglichen Sollpunkt **12** zu folgen. Eines der Ergebnisse des Folgens des gefilterten Sollpunktes ist die Einführung eines Zeitfaktors oder einer Zeitverzögerung in das Gesamtregelschema. Eine Analyse des Zeitfaktors ist in der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform enthalten.

[0027] In einem VCT-System wird die Ansprechzeit (die als die Zeit zwischen einer Sollpunktänderung und dem Zeitpunkt, bei dem die VCT ihre anbefohlene Position erreicht, definiert wird) verkürzt.

[0028] In einem VCT-System wird die Ansprechzeit verkürzt, indem der Sollpunktwert anstelle des gefilterten Sollpunktwertes in einer ersten Nachbarschaft des Sollpunktes benutzt wird.

[0029] Daher wird in einem VCT-Regelsystem, das einen vorgegebenen Sollpunkt mit einem Sollpunktwert und einem Sollpunktfilter, der den Sollpunkt filtert und einen gefilterten Sollpunktwert ableitet, aufweist und des weiteren ein Regelgesetz zum Verarbeiten eines Fehlersignals besitzt, ein Verfahren zur Verfügung gestellt, das ein Fehlersignal zum Reduzieren der übermäßigen VCT-Ansprechzeit erzeugt, die durch das Unterschließen des gefilterten Sollpunktes durch die VCT-Regelung verursacht wird. Das Verfahren umfasst folgende Schritte: Setzen des Anfangsfehlers als Fehler, Subtrahieren des Sollpunktwertes von einem Phasenwert, wenn ein erster Satz von Bedingungen erfüllt wird, und Setzen der Differenz aus dem obigen Schritt als Fehler.

[0030] Es wird daher ein VCT-Regelsystem geschaffen, das umfasst: einen vorgegebenen Sollpunkt mit einem Sollpunktwert, einen Sollpunktfilter, der den Sollpunkt filtert und einen Sollpunktwert ableitet, ein Regelgesetz zum Verarbeiten eines teilweise vom Sollpunktfilter abgeleiteten Fehlersignals und einen Nullpunktsfehlerbehandlungsblock, der den Sollpunktwert und den gefilterten Sollpunktwert aufweist. Der Nullpunktsfehlerbehandlungsblock umfasst ein Verfahren, das ein Fehlersignal zum Reduzieren der übermäßigen VCT-Ansprechzeit erzeugt, die durch das Unterschließen ihres gefilterten Sollpunktes durch die VCT-Regelung verur-

sacht wird. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Vorsehen eines Anfangsfehlers, Setzen des Anfangsfehlers als Fehler, Subtrahieren des Sollpunktwertes von einem Phasenwert, wenn ein erster Satz von Bedingungen erfüllt wird, und Setzen der Differenz aus dem obigen Schritt als Fehler.

[0031] Es wird daher ein Computerprogramm geschaffen, das zur Verwirklichung des obigen Systems und Verfahrens geeignet ist.

[0032] Es folgt nunmehr eine Kurzbeschreibung der Zeichnung. Hiervon zeigen:

[0033] Fig. 1 ein VCT-Regelsystem des Standes der Technik;

[0034] Fig. 2 ein VCT-Regelgesetz des Standes der Technik;

[0035] Fig. 3 ein Regelgesetz mit einer Nullpunktsfehler(EO)-Behandlung der vorliegenden Erfindung;

[0036] Fig. 4 ein Ablaufdiagramm für eine Nullpunktsfehler(EO)-Behandlung der vorliegenden Erfindung;

[0037] Fig. 5 einen Satz von Bedingungen, bei denen der Nullpunktsfehler erfindungsgemäß behandelt wird;

[0038] Fig. 6 das VCT-Ansprechverhalten bei geringer Geschwindigkeit ohne Nullpunktsfehler(EO)-Behandlung; und

[0039] Fig. 7 das VCT-Ansprechverhalten mit Nullpunktsfehler(EO)-Behandlung.

[0040] Die bei der Beschreibung des Standes der Technik diskutierten neuen Probleme umfassen die folgenden Szenarien (siehe die Fig. 3–7):

Szenarium A: Wenn die VCT-Phasenansprache **61** den gefilterten Sollpunkt **13**, jedoch nicht den Sollpunkt **12** überfahren hat (d.h. in einem Bereich zwischen der Kurve des Sollpunktes **12** und der Kurve des gefilterten Sollpunktes), ist die Aufrechterhaltung der VCT-Bewegung wünschenswert. Mit anderen Worten, es ist eine Reduzierung der zeitlichen Verzögerung wünschenswert. Die VCT-Bewegung wird als Bewegung eines Phaseinstellers definiert, wie beispielsweise die Schwingung von mindestens einem Flügel, der die momentane Richtung in Richtung auf einen vorgegebenen Sollpunkt beibehält. Das VCT-Regelsystem (nicht gezeigt) zieht jedoch tatsächlich den VCT-Rotor zurück zum gefilterten Sollpunkt **13** und bewirkt ein Unterschließen des gefilterten Sollpunktes **13**. Die Ansprechzeit (die als die Zeit zwischen einer Sollpunktänderung und dem Zeitpunkt, bei dem die VCT ihre anbefohlene Position erreicht, definiert wird) wird verlängert (siehe hierzu (**1**) in den Fig. 5 und 5A, wobei Fig. 5A eine vergrößerte Ansicht von Teilen von Fig. 5 ist).

[0041] Eine Phasenansprache wird als dynamischer Zustand oder als die einem Regelvorgang folgende Phaseinstellerbewegung definiert. Analog ausgedrückt, die schrittförmige Ansprache einer R-C-Schaltung ist die Ansprache während des dynamischen Zustandes (Änderung des Stromes und der Spannung in der Zeitdomäne) einer R-C-Schaltung nach dem Anlegen einer Spannung an die Schaltung.

Szenarium B: Wenn die VCT-Phase **61** den Sollpunkt **12** überfahren und der gefilterte Sollpunkt **13** seinen bleibenden Wert nicht erreicht hat, ist das Heranziehen der VCT **61** an den Sollpunkt **12** ausreichend. Die VCT-Regelung zieht jedoch die VCT **61** gegen den gefilterten Sollpunkt **13**, was mehr als erforderlich ist. Dieses Heranziehen der VCT **61** an den gefilterten Sollpunkt **13** ist unerwünscht, da hierdurch die Ansprechzeit verlängert wird (siehe den Bereich (**4**) in Fig. 5).

[0042] Diese beiden o.a. Szenarien der Sollpunktfilterung in einer VCT-Regelschleife können verbessert werden, indem ein „Nullpunktsfehler(EO)-Behandlungsverfahren“ gemäß der vorliegenden Erfindung eingesetzt wird, das vorstehend allgemein beschrieben wurde und nachfolgend im einzelnen erläutert wird. Die „EO-Behandlung“ redefiniert das Nullpunktsfehlersignal unter den obigen beiden Umständen oder Szenarien. Dies führt zu einer verkürzten Ansprechzeit und einem gleichmäßigeren Überschießen, obwohl dieses einen geringfügig höheren Wert hat (siehe den Vergleich zwischen den Fig. 6 und 7).

[0043] Fig. 3 ist ein Diagramm, das die Hinzufügung des Nullpunktsfehlerbehandlungsblocks **40** zur Fig. 2 zeigt. Der Block **40** empfängt den Sollpunkt **12**, gefilterten Sollpunkt **13**, die gemessene Phase **16** und EO. Der Block **40** bearbeitet die obigen Parameter und erzeugt einen neuen oder verarbeiteten Wert EO **42**.

[0044] Die Variablen in den Fig. 2 und 3 sind wie folgt definiert:
Z: Nächster Regelschritt;

Zsetf: Parameter für den Sollpunkt erster Ordnung;
 Kp: Proportionalregelungsverstärkung;
 Ki: Integralregelungsverstärkung;
 Ts: Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Regelschritten;
 Zlead: Phasenkompensatorvoreilparameter;
 Zlag: Phasenkompensatornacheilparameter.

[0045] Fig. 4 ist ein Ablaufdiagramm **50**, das den hinzugefügten Nullpunktsfehlerbehandlungsblock **40** der Fig. 3 zeigt. Im Anfangsblock **52** wird das behandelte EO unter Verwendung des momentanen EO gesetzt. Wenn die Bedingungen in Block **54** auftreten, d.h. wenn der Wert des Sollpunktes **12** größer ist als der Wert des gefilterten Sollpunktes **13** und der Wert der Phase **61** größer ist als der Wert des gefilterten Sollpunktes **13**, wird EO einer anderen Bedingung des Blocks **56** ausgesetzt. Wenn hierbei der Phase **61** größer ist als der Wert des Sollpunktes **12**, wird das neue EO oder das behandelte EO als Wert gesetzt, der aus der Differenz des Wertes des Sollpunktes **12** und des Wertes der Phase **61** resultiert. Sonst wird der neue Wert EO auf Null gesetzt. Mit anderen Worten, wenn der Wert der Phase **61** geringer ist als der Wert des Sollpunktes **12**, wird der behandelte Wert EO auf Null gesetzt. Der resultierende Wert EO wird im Block **62** einer weiteren Behandlung unterzogen. Wenn die Bedingungen in Block **54** nicht erfüllt werden oder nicht auftreten, wird EO von Block **52** aufrechterhalten und einer weiteren Behandlung in Block **62** unterzogen.

[0046] Wenn die Bedingungen in Block **62** auftreten, d.h. wenn der Wert des Sollpunktes **12** geringer ist als der Wert des gefilterten Sollpunktes und der Wert der Phase **61** geringer ist als der Wert des gefilterten Sollpunktes **13**, wird EO einer anderen Bedingung des Blocks **64** ausgesetzt. Wenn hierbei der Wert der Phase **61** geringer ist als der Wert des Sollpunktes **12**, wird das neue EO oder das behandelte EO als Wert gesetzt, der aus der Differenz des Wertes des Sollpunktes **12** und des Wertes der Phase **61** resultiert. Sonst wird das neue EO auf Null gesetzt. Mit anderen Worten, wenn der Wert der Phase **61** größer ist als der Wert des Sollpunktes **12**, wird der behandelte Wert EO auf Null gesetzt. Der entstandene Wert EO ist der behandelte Wert EO **70**. Wenn die Bedingungen in Block **62** nicht erfüllt werden oder nicht vorhanden sind, wird der Wert EO von Block **58** oder Block **60** als der behandelte Wert EO **70** aufrechterhalten.

[0047] Fig. 5 ist eine graphische Darstellung, die die vier unterschiedlichen Fälle zeigt, bei denen der Nullpunktsfehler behandelt werden muss. Es ist eine Kurve des Sollpunktes **12** vorgesehen. Der Sollpunkt **12** wird von einem Filter gefiltert. Des weiteren ist eine Kurve des gefilterten Sollpunktes **13** vorgesehen. Die Kurve der Phase **61**, die der EO-Behandlung der vorliegenden Erfindung unterzogen wird, ist ebenfalls vorgesehen. Die Bereiche (1), (2), (3) und (4), die vorstehend erwähnt wurden und nachfolgend im einzelnen erläutert werden, sind auch vorhanden. Wie man erkennen kann, ist es im Bereich (1), wenn die VCT-Phase **61** den gefilterten Sollpunkt **13**, jedoch nicht den Sollpunkt **12** überfahren hat (d.h. im Bereich **72**, der zwischen der Kurve **12** und der Kurve **13** angeordnet ist), wünschenswert, die Bewegung in Richtung auf den Sollpunkt **12** aufrechtzuerhalten, um die Ansprechzeit zu reduzieren, d.h. die Zeit zwischen einer Sollpunktänderung und dem Punkt, bei dem die VCT-Regelung ihre anbefohlene Position erreicht. Die VCT-Regeleinheit (nicht gezeigt) zieht jedoch tatsächlich die VCT-Regelung zurück an den gefilterten Sollpunkt **13** und bewirkt, dass die VCT den gefilterten Sollpunkt **13** unterschießt. Das Zurückziehen ist in Fig. 5A durch das Segment **61a** der Kurve **61** dargestellt. Die Ansprechzeit wird verlängert.

[0048] Durch die Einführung der EO-Behandlung wird bewirkt, dass der Phasenwert **61** zu Beginn des Segmentes **61a** auf den Sollpunktwert **12** anstelle des gefilterten Wertes **13** gesetzt wird. Dadurch wird die Kurve **61** auf den entsprechenden Wert der Kurve **12** gesetzt und nicht zum Mäandrieren um die Nachbarschaft der Kurve **13** gebracht. Dieser Vorgang kann durch den Pfeil **74** dargestellt werden.

[0049] Wenn die VCT-Phase **61** den Sollpunkt **12** überfahren hat und der gefilterte Sollpunkt **13** seinen bleibenden Wert nicht erreicht hat, ist das Ziehen der VCT-Phase **61** gegen den Sollpunkt **12** ausreichend. Dies kann man dem Bereich (4) entnehmen, wobei durch das Zurückziehen der Kurve **61** an die Kurve **13** offensichtlich mehr Zeit vergeudet wird als durch das bloße Ziehen der Kurve **61** gegen die Kurve **12** und das dortige Stoppen.

[0050] Ohne die EO-Behandlung zieht jedoch die VCT-Regeleinheit die VCT-Phase **61** gegen den gefilterten Sollpunkt **13**, was mehr als erforderlich ist. Dieses Heranziehen der VCT-Phase **61** an den gefilterten Sollpunkt **13** ist unerwünscht, da hierdurch die Ansprechzeit verlängert wird. Daher wird durch die Durchführung der EO-Behandlung, bei der die Kurve **61** als Sollpunktkurve **12** gesetzt wird, die Zeitverzögerung reduziert.

[0051] Der Bereich (2) von Fig. 5 entspricht dem Bereich (4) von Fig. 5, da die Kurve **61** sowohl die Kurve

des Sollpunktes **12** als auch die Kurve des gefilterten Sollpunktes **13** unterschneidet oder unter diese fällt. Daher wird durch Verwendung des Sollpunktes **12** anstelle des gefilterten Sollpunktes **13** in der Nachbarschaft von **(2)** die Ansprechzeit des Systems reduziert.

[0052] Der Bereich **(3)** von **Fig. 5** entspricht dem Bereich **(1)** der **Fig. 5** und **5A**, da die Kurve **61** zwischen der Kurve des Sollpunktes **12** und der Kurve des gefilterten Sollpunktes **13** angeordnet ist. Daher wird durch Verwendung des Sollpunktes **12** anstelle des gefilterten Sollpunktes **13** in der Nachbarschaft von **(3)** die Ansprechzeit des Systems reduziert.

[0053] Nachfolgend ist ein generell anwendbarer Befehlssatz für die Nullpunktsfehlerbehandlung in einer Computerumgebung aufgeführt.

//Funktion: E0-Behandlung

//Eingabe: (1) E0: Nullpunktsfehler, der dem gefilterten Sollpunkt abzüglich der gemessenen Phase entspricht.

// (2) Sollpunkt: VCT-Sollpunkt

// (3) Gefilterter Sollpunkt: Gefilterter VCT-Sollpunkt

// (4) Phase: Gemessene VCT-Phase

//Ausgabe: (1) Behandeltes E0: Modifizierter Nullpunktsfehler

//Initialisierung

Behandeltes E0 = E0;

//Der VCT wird befohlen, sich in Verzögerungs-
richtung (größere Phase//Ablesung) zu bewegen,
und die Phasenansprache hat die gefilterte Phase
überfahren.

Wenn ((Sollpunkt > gefilterter Sollpunkt) &
(Phase > gefilterter Sollpunkt)) {

//Fall (1), die gemessene Phase liegt
zwischen dem Sollpunkt und dem gefilterten
Soll-

punkt

wenn (Phase < Sollpunkt) {

//Setze Nullpunktsfehler auf Null;
warte, bis der gefilterte Sollpunkt
eingefangen wird.
Behandeltes E0 = 0;

}

//Fall 2, die gemessene Phase hat den Soll-
punkt überfahren

sonst {

//Redefiniere Nullpunktsfehler als Dif-
ferenz zwischen Sollpunkt und

der

//gemessenen Phase
Behandeltes E0 = Sollpunkt-Phase;

}

}

//Die VCT erhält den Befehl, sich in Voreilrichtung zu bewegen (kleinere Phasen//Ablesung), und die Phasenan-
sprache hat die gefilterte Phase überfahren.

```
Wenn ((Sollpunkt < gefilterter Sollpunkt) & (Phase <
gefilterter Sollpunkt)) {
```

```
    //Fall 3, die gemessene Phase liegt zwischen
dem Sollpunkt und dem gefilterten Soll-
```

punkt

```
    wenn (Phase > Sollpunkt) {
```

```
        //setze Nullpunktsfehler auf Null;
        warte, bis der gefilterte Sollpunkt
        aufgefangen wird.
```

```
        Behandeltes E0 = 0;
```

```
    }
```

```
    //Fall 4, die gemessene Phase hat den Soll-
punkt überfahren
```

```
    sonst {
```

```
        //Redefiniere den Nullpunktsfehler als
        Differenz zwischen dem Sollpunkt und
```

der Phase

```
        Behandeltes E0 = Sollpunkt - Phase;
```

```
    }
```

```
}
```

[0054] Eine Ausführungsform der Erfindung findet als Programm zum Einsatz bei einem Fahrzeugcomputersystem Verwendung, dessen schematischer Aufbau in **Fig. 3** dargestellt ist, oder bei einer geeigneten Motorsteuer- bzw. Regeleinheit (ECU), die nachfolgend beschrieben ist. Das Programm bzw. die Programme dieses Programmproduktes definieren Funktionen der entsprechenden Ausführungsformen (einschließlich der in Verbindung mit **Fig. 4** beschriebenen Verfahren) und können in einer Vielzahl von Signalträgermedien enthalten sein. Beispielhafte Signalträgermedien sind (ohne Beschränkung): (i) Informationen, die permanent in programmierbaren Vorrichtungen von Schaltungen, wie PROM, EPROM etc., gespeichert sind; (ii) Informationen, die permanent auf nicht-beschreibbaren Speichermedien gespeichert sind (read-only-Speichervorrichtungen in einem Computer, wie CD-ROMs, die über einen CD-ROM-Antrieb lesbar sind); (iii) veränderbare Informati-

onen, die auf beschreibbaren Speichermedien gespeichert sind (Floppy Disks innerhalb eines Diskettenantriebes oder Hartplattenantriebes); (iv) Informationen, die über ein Kommunikationsmedium, wie einen Computer oder ein Telefonnetz, einschließlich drahtlosen Kommunikationssystemen, einem Computer oder einer Steuereinheit eines Fahrzeuges zugeführt werden. Einige Ausführungsformen enthalten speziell Informationen, die aus dem Internet und anderen Netzen heruntergeladen wurden. Solche Signalträgermedien repräsentieren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, wenn sie computerlesbare Instruktionen tragen, die die Funktionen der vorliegenden Erfindung lenken.

[0055] Generell können die zur Verwirklichung der Ausführungsformen der Erfindung durchgeführten Vorgänge, ob sie nun als Teil eines Betriebssystems oder als spezieller Anwendungsfall, als Komponente, Programm, Modul, Zielsetzung oder Sequenz von Instruktionen durchgeführt werden, hier als „Programm“ bezeichnet werden. Ein derartiges Computerprogramm umfasst typischerweise eine Vielzahl von Befehlen, die vom Computer in ein maschinenlesbares Format überführt werden und bei denen es sich somit um ausführbare Befehle handelt. Ferner enthalten Programme eine Vielzahl von Variablen und Datenstrukturen, die sich entweder lokal auf das Programm beziehen oder in oder an Speichervorrichtungen befinden. Ferner können diverse hiernach beschriebene Programme auf der Basis einer entsprechenden Anwendung, für die sie in einer speziellen Ausführungsform der Erfindung konzipiert wurden, identifiziert werden. Es versteht sich jedoch, dass jedwede spezielle nachfolgende Programmnamenklatur rein aus Zweckmäßigkeitsgründen verwendet wird und in keiner Weise die vorliegende Erfindung auf irgendeinen Anwendungsfall beschränkt, der durch eine derartige Nomenklatur identifiziert oder abgedeckt wird.

[0056] Nachfolgend sind Begriffe und Konzepte aufgeführt, die die vorliegende Erfindung betreffen.

[0057] Es versteht sich, dass das vorstehend erwähnte Hydraulikmittel oder Strömungsmittel ein Betätigungsströmungsmittel ist. Ein solches Betätigungsströmungsmittel ist ein Strömungsmittel, das die Flügel in einer Flügelphaseneinstellvorrichtung bewegt. Das Betätigungsströmungsmittel umfasst typischerweise Motoröl, kann jedoch auch ein separates Hydraulikmittel sein. Bei dem VCT-System der vorliegenden Erfindung kann es sich um einnockendrehmomentbetätigtes (CTA) VCT-System handeln, das ein VCT-System darstellt, welches die Drehmomentumkehr von Nockenwellen, welche durch Kräfte zum Öffnen und Schließen von Motorventilen verursacht wird, zum Bewegen des Flügels verwendet. Das Steuerventil in einem CTA-System ermöglicht einen Strömungsmittelfluss von einer Beschleunigungskammer zu einer Verzögerungskammer, wodurch eine Bewegung des Flügels ermöglicht wird, oder stoppt einen solchen Strömungsmittelfluss, wodurch der Flügel in seiner Position verriegelt wird. Der CTA-Phaseneinsteller kann ferner eine Ölszufuhr zum Ausgleich für Verluste durch Leckagen besitzen, ohne hierbei den Motoröldruck zum Bewegen des Phaseneinstellers zu verwenden. Bei dem Flügel handelt es sich um ein radiales Element, das durch auf dieses einwirkendes Strömungsmittel betätigt wird und in einer Kammer untergebracht ist. Eine Flügelphaseneinstellvorrichtung ist eine Phaseneinstellvorrichtung, die durch sich in Kammern bewegende Flügel betätigt wird.

[0058] Es können eine oder mehrere Nockenwellen pro Motor vorgesehen sein. Die Nockenwelle kann über einen Riemen oder eine Kette oder Zahnräder oder eine andere Nockenwelle angetrieben werden. Auf der Nockenwelle können Erhebungen angeordnet sein, um einen Druck auf Ventile auszuüben. Bei einem Motor mit mehreren Nockenwellen ist oft eine Nockenwelle für die Auslassventile und eine Nockenwelle für die Einlassventile vorhanden. Ein „V-Motor“ besitzt üblicherweise zwei Nockenwellen (eine für jede Reihe) oder vier Nockenwellen (Einlass und Auslass für jede Reihe).

[0059] Eine Kammer ist als Raum definiert, in dem sich ein Flügel dreht. Die Kammer kann in eine Beschleunigungskammer oder Voreilkammer (die die Ventile relativ zur Kurbelwelle früher öffnet) und eine Verzögerungskammer oder Nacheilkammer (die die Ventile relativ zur Kurbelwelle später öffnet) unterteilt sein. Ein Rückschlagventil ist ein Ventil, das einen Strömungsmittelfluss nur in einer Richtung ermöglicht. Eine geschlossene Schleife wird als Regelsystem definiert, das eine Eigenschaft in Abhängigkeit von einer anderen verändert, dann überprüft, ob die Änderung korrekt durchgeführt wurde, und eine Einstellung vornimmt, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten (d.h. ein Ventil in Abhängigkeit von einem Befehl von der ECU bewegt, um die Phaseneinstellerposition zu verändern, dann die tatsächliche Phaseneinstellerposition überprüft und das Ventil wieder in die korrekte Position bewegt). Bei einem Steuerventil handelt es sich um ein Ventil, das den Strömungsmittelfluss zu einem Phaseneinsteller steuert. Das Steuerventil kann innerhalb des Phaseneinstellers im CTA-System vorhanden sein. Es kann durch Öldruck oder ein Solenoid betätigt werden. Eine Kurbelwelle wird von den Kolben beaufschlagt und treibt das Getriebe und die Nockenwelle an. Ein Schieberventil wird als Steuerventil vom Schiebertyp bezeichnet. Typischerweise bewegt sich der Schieber in einer Bohrung und verbindet einen Kanal mit einem anderen. Oft ist der Schieber auf der Mittelachse eines Rotors eines Phaseneinstellers angeordnet.

[0060] Ein Differenzdruckregelsystem (DPCS) ist ein System zum Bewegen eines Schieberventils, bei dem auf jedes Ende des Schiebers einwirkender Strömungsmitteldruck Verwendung findet. Ein Ende des Schiebers ist größer als das andere, und das auf dieses Ende einwirkende Strömungsmittel wird geregelt (üblicherweise über ein pulsweitenmoduliertes (PWM) Ventil, das auf den Öldruck einwirkt), während der volle Versorgungsdruck dem anderen Ende des Schiebers zugeführt wird (somit Differenzdruck). Eine Ventilregleinheit (VCU) ist eine Regelschaltung zum Regeln des VCT-Systems. Typischerweise funktioniert die VCU in Abhängigkeit von Befehlen von der ECU.

[0061] Bei einer angetriebenen Welle handelt es sich um eine Welle, die mit Kraft beaufschlagt wird (im VCT-System oft eine Nockenwelle). Bei einer Antriebswelle handelt es sich um irgendeine Welle, die Kraft abgibt (bei einem VCT-System oft eine Kurbelwelle, wobei es sich jedoch auch um eine andere Nockenwelle antreibende Nockenwelle handeln kann). Eine ECU ist eine Motorsteuereinheit bzw. Motorregleinheit, bei der es sich um den Fahrzeugcomputer handelt. Motoröl ist das Öl, das zum Schmieren des Motors verwendet wird, wobei der Öldruck abgezapft werden kann, um den Phaseneinsteller über das Steuerventil zu betätigen.

[0062] Als Gehäuse wird der äußere Teil des Phaseneinstellers mit Kammern definiert. Bei der Außenseite des Gehäuses kann es sich um eine Riemenscheibe (für einen Steuerriemen), um ein Kettenrad (für eine Steuerkette) oder um ein Zahnrad (für ein Steuerzahnrad) handeln. Hydraulikmittel ist eine spezielle Art von Öl, das in Hydraulikzylindern Verwendung findet und Bremsflüssigkeit oder Servolenkflüssigkeit entspricht. Das Hydraulikmittel entspricht nicht unbedingt dem Motoröl. Typischerweise verwendet die vorliegende Erfindung den Begriff „Betätigungsströmungsmittel“. Ein Verriegelungsstift dient dazu, einen Phaseneinsteller in seiner Position zu verriegeln. Üblicherweise findet ein Verriegelungsstift Verwendung, wenn der Öldruck zu niedrig ist, um den Phaseneinsteller zu halten, wie während des Motorstarts oder Abschaltens des Motors.

[0063] Ein öldruckbetätigtes (OPA) VCT-System verwendet einen herkömmlichen Phaseneinsteller, bei dem Motoröldruck auf die eine Seite oder die andere Seite des Flügels aufgebracht wird, um den Flügel zu bewegen.

[0064] Eine offene Schleife findet in einem Steuersystem Verwendung, das eine Eigenschaft in Abhängigkeit von einer anderen Eigenschaft verändert (ein Ventil in Abhängigkeit von einem Befehl von der ECU bewegt), ohne dass eine Rückkopplung zur Bestätigung des Vorganges stattfindet.

[0065] Als Phase wird die relative Winkellage der Nockenwelle und Kurbelwelle (oder Nockenwelle und einer anderen Nockenwelle, wenn der Phaseneinsteller über einen anderen Nocken angetrieben wird) bezeichnet. Als Phaseneinsteller wird der gesamte Teil bezeichnet, der den Nocken lagert. Ein Phaseneinsteller besteht typischerweise aus einem Rotor und einem Gehäuse und möglicherweise aus einem Schieberventil und Rückschlagventilen. Ein Kolbenphaseneinsteller ist ein Phaseneinsteller, der durch Kolben in Zylindern einer Brennkraftmaschine betätigt wird. Ein Rotor ist der innere Teil des Phaseneinstellers, der an einer Nockenwelle befestigt ist.

[0066] Eine Pulsweitenmodulation (PWM) sorgt für eine variierende Kraft ohne einen variierenden Druck durch Veränderung der Zeitdauer von Ein/Aus-Impulsen eines elektrischen Stromes oder eines Strömungsmitteldrucks. Bei einem Solenoid handelt es sich um eine elektrische Betätigungseinheit, die den in einer Spule fließenden elektrischen Strom zum Bewegen eines mechanischen Armes ausnutzt. Ein Solenoid mit veränderlicher Kraft (VFS) ist ein Solenoid, dessen Betätigungskraft variiert werden kann, üblicherweise über eine Pulsweitenmodulierung des Versorgungsstromes. Ein solches VFS-Solenoid steht im Gegensatz zu einem EIN/AUS(alles oder nichts)-Solenoid.

[0067] Ein Kettenrad ist ein Element, das zusammen mit Ketten, wie Motorsteuerketten, verwendet wird. Als Timing (Steuern) wird die Beziehung zwischen dem Zeitpunkt, bei dem ein Kolben eine definierte Position (üblicherweise den oberen Totpunkt (TDC) erreicht), und dem Zeitpunkt, bei dem irgendetwas passiert, definiert. Beispielsweise bezieht sich in einem VCT- oder VVT-System das Timing üblicherweise auf das Öffnen oder Schließen eines Ventils. Als Zündzeitpunkt wird der Zeitpunkt bezeichnet, bei dem die Zündkerze einen Zündfunken abgibt.

[0068] Ein Torsionsunterstützungs(TA)- oder torsionsunterstützter Phaseneinsteller ist eine Variation eines OPA-Phaseneinstellers, der zusätzlich ein Rückschlagventil in der Ölversorgungsleitung (bei einer Ausführungsform mit einem einzigen Rückschlagventil) oder ein Rückschlagventil in der Versorgungsleitung zu jeder Kammer (bei einer Ausführungsform mit zwei Rückschlagventilen) aufweist. Das Rückschlagventil verhindert, dass sich Öldruckimpulse infolge einer Drehmomentumkehr in das Ölsystem zurück fortpflanzen und den Flü-

gel daran hindern, sich infolge einer Drehmomentumkehr rückwärts zu bewegen. Im TA-System ist eine Bewegung des Flügels infolge eines vorwärts gerichteten Drehmomenteffektes möglich. Daher wird der Ausdruck „Torsionsunterstützung“ verwendet. Die Ventilbewegung verläuft schrittweise bzw. stufenförmig.

[0069] Das VCT-System umfasst einen Phaseneinsteller, ein Steuerventil oder Steuerventile, eine Steuerventilbetätigungseinheit oder Steuerventilbetätigungseinheiten und eine Steuerschaltung. Eine veränderliche Nockenregelung (VCT) ist ein Prozess, d.h. kein Gegenstand, der sich auf das Regeln und/oder Verändern der Winkellage (Phase) zwischen einer oder mehreren Nockenwellen, die die Einlassventile und/oder Auslassventile des Motors antreiben, bezieht. Die Winkellage betrifft des weiteren die Phasenbeziehung zwischen Nocken- und Kurbelwellen, wobei die Kurbelwelle mit den Kolben in Verbindung steht.

[0070] Eine variable Ventilregelung (VVT) ist ein Prozess, mit dem das Ventiltiming geregelt wird. Eine VVT kann einer VCT zugeordnet sein oder durch Veränderung des Nockens oder der Beziehung der Nockenerhebungen zu einem Nocken oder von Ventilbetätigungseinheiten zu Nocken oder Ventilen oder durch unabhängiges Steuern der Ventile unter Verwendung von elektrischen oder hydraulischen Betätigungseinheiten erzielt werden. Mit anderen Worten, sämtliche VCT-Systeme sind VVT-Systeme, jedoch sämtliche VVT-Systeme sind nicht VCT-Systeme.

[0071] Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung sind lediglich beispielhaft für die Anwendung der erfindungsgemäßen Prinzipien. Daher beschränkt eine Bezugnahme auf Einzelheiten der dargestellten Ausführungsformen in keiner Weise den Umfang der Patentansprüche, in denen nur diejenigen Merkmale aufgeführt sind, die als wesentlich für die Erfindung angesehen werden.

Patentansprüche

1. VCT-Regelsystem mit einem vorgegebenen Sollpunkt (**12**) mit einem Sollpunktwert und einem Sollpunktfilter (**30**), der den Sollpunkt filtert und einen gefilterten Sollpunktwert (**13**) ableitet, wobei das Regelsystem ein Fehlersignal durch Subtrahieren des gemessenen Phasenwertes (**16**) vom gefilterten Sollpunktwert (**13**) erzeugt, ein Regelgesetz zum Verarbeiten des Fehlersignals aufweist und des weiteren ein Verfahren zum Modifizieren des Fehlersignals zum Reduzieren der übermäßig großen VCT-Ansprechzeit, die durch ein Unterschließen seines gefilterten Sollpunktes (**13**) durch das VCT-Regelsystem verursacht wird, umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Vorsehen eines Anfangsfehlers;

Setzen des Anfangsfehlers als Fehler;

Subtrahieren des Sollpunktwertes (**12**) von einem Phasenwert (**16**), wenn ein erster Satz von Bedingungen erfüllt wird; und

Setzen der Differenz aus dem obigen Schritt als Fehler.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es des weiteren die folgenden Schritte umfasst:

Subtrahieren des Phasenwertes (**16**) vom Sollpunktwert (**12**), wenn ein zweiter Satz von Bedingungen erfüllt wird; und

Setzen der Differenz aus dem vorstehenden Schritt als Fehler.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Satz von Bedingungen folgende Bedingungen umfasst:

der Sollpunktwert (**12**) ist geringer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**) und der Phasenwert (**16**) ist ebenfalls geringer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**) und der Phasenwert (**16**) ist geringer als der Sollpunktwert (**12**).

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es des weiteren die Schritte des Setzens des Fehlers auf Null, wenn ein dritter Satz von Bedingungen erfüllt wird, umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es des weiteren die Schritte des Beibehaltens des Anfangsfehlers als Fehler, wenn ein vierter Satz von Bedingungen erfüllt wird, umfasst.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Satz von Bedingungen die folgenden umfasst:

der Sollpunktwert (**12**) ist größer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**) und der Phasenwert (**16**) ist ebenfalls grö-

ßer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**) und der Phasenwert (**16**) ist größer als der Sollpunktwert (**12**).

7. VCT-Regelsystem mit einem vorgegebenen Sollpunkt mit einem Sollpunktwert (**12**); einem Sollpunktfilter (**30**), der den Sollpunkt filtert und einen gefilterten Sollpunktwert (**13**) ableitet; einem Fehlersignal, das vom Regelsystem durch Subtrahieren des gemessenen Phasenwertes (**16**) vom gefilterten Sollpunktwert (**13**) erzeugt wird; und einem Nullpunktsfehlerbehandlungsblock (**40**) mit dem Sollpunktwert (**12**) und dem gefilterten Sollpunktwert (**13**), wobei der Nullpunktsfehlerbehandlungsblock ein Verfahren umfasst, das ein Fehlersignal zum Reduzieren der übermäßig großen VCT-Ansprechzeit, die durch das Unterschließen seines gefilterten Sollpunktes durch das VCT-Regelsystem verursacht wird, umfasst, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Vorsehen eines Anfangsfehlers; Setzen des Anfangsfehlers als Fehler; Subtrahieren des Sollpunktwertes (**12**) von einem Phasenwert (**16**), wenn ein erster Satz von Bedingungen erfüllt wird; und Setzen der Differenz aus dem obigen Schritt als Fehler.

8. System nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren des weiteren die folgenden Schritte umfasst: Subtrahieren des Sollpunktwertes (**12**) von einem Phasenwert (**16**), wenn ein zweiter Satz von Bedingungen erfüllt wird; und Setzen der Differenz aus dem vorstehenden Schritt als Fehler.

9. System nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Satz von Bedingungen die folgenden umfasst: der Sollpunktwert (**12**) ist geringer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**) und der Phasenwert (**16**) ist ebenfalls geringer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**); und der Phasenwert (**16**) ist geringer als der Sollpunktwert (**12**).

10. System nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren des weiteren die Schritte des Setzens des Fehlers auf Null, wenn ein dritter Satz von Bedingungen erfüllt wird, umfasst.

11. System nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren des weiteren die Schritte des Beibehaltens des Anfangsfehlers als Fehler, wenn ein vierter Satz von Bedingungen erfüllt wird, umfasst.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Satz von Bedingungen die folgenden umfasst: der Sollpunktwert (**12**) ist größer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**) und der Phasenwert (**16**) ist ebenfalls größer als der gefilterte Sollpunktwert (**13**); und der Phasenwert (**16**) ist größer als der Sollpunktwert (**12**).

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Fig. 1 (Stand der Technik)

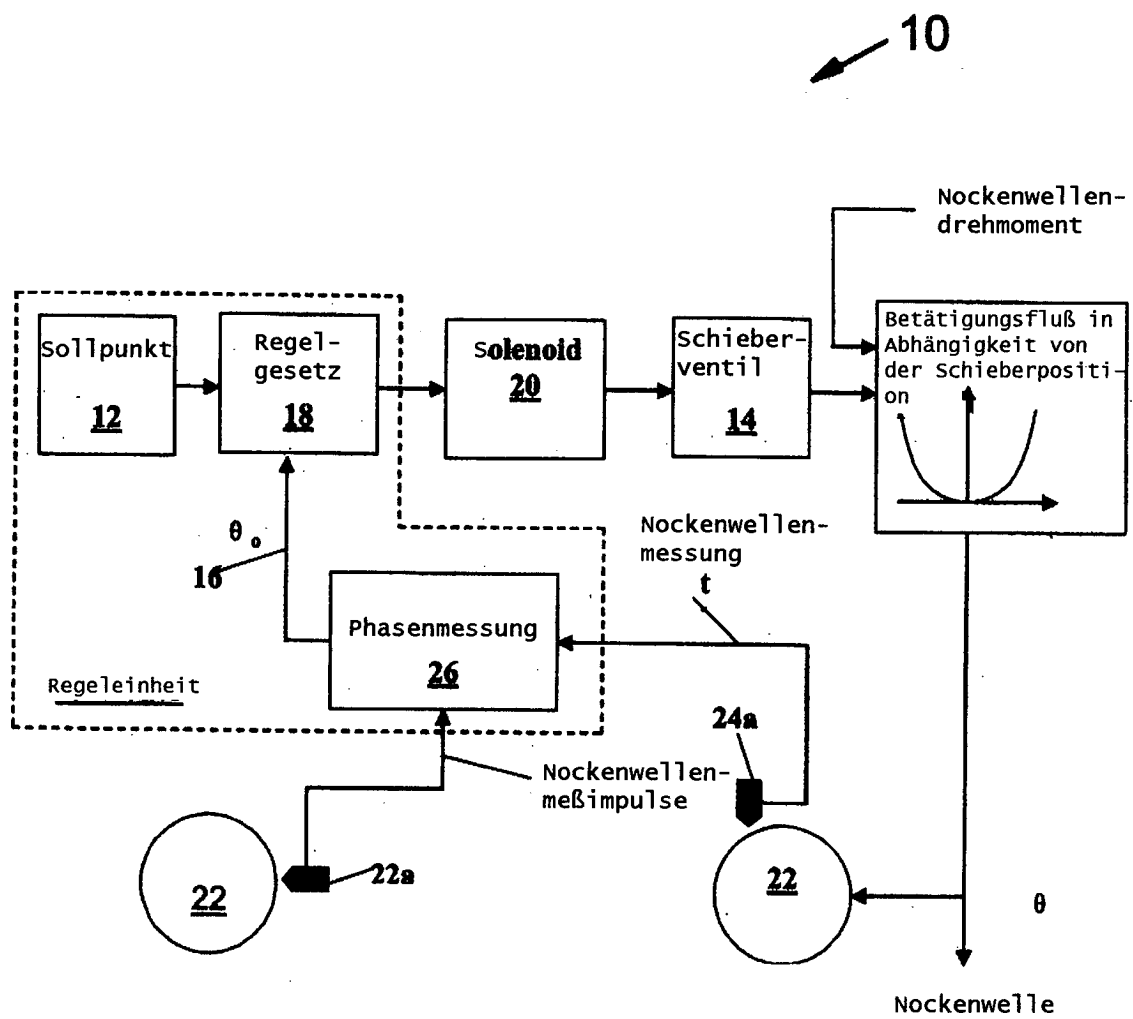


Fig. 2 (Stand der Technik)

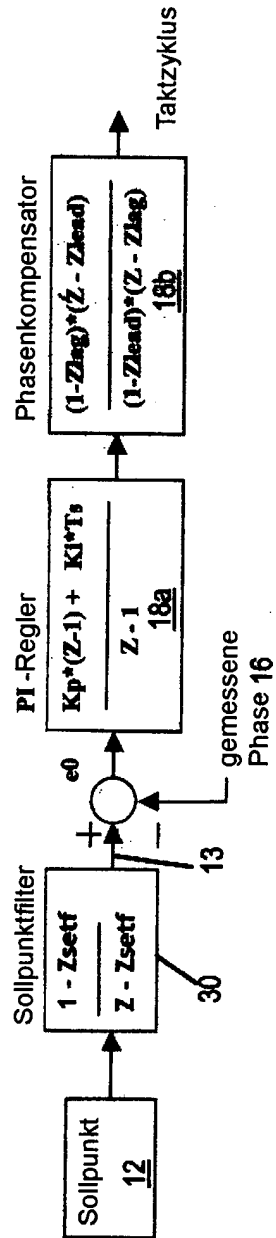


Fig. 3

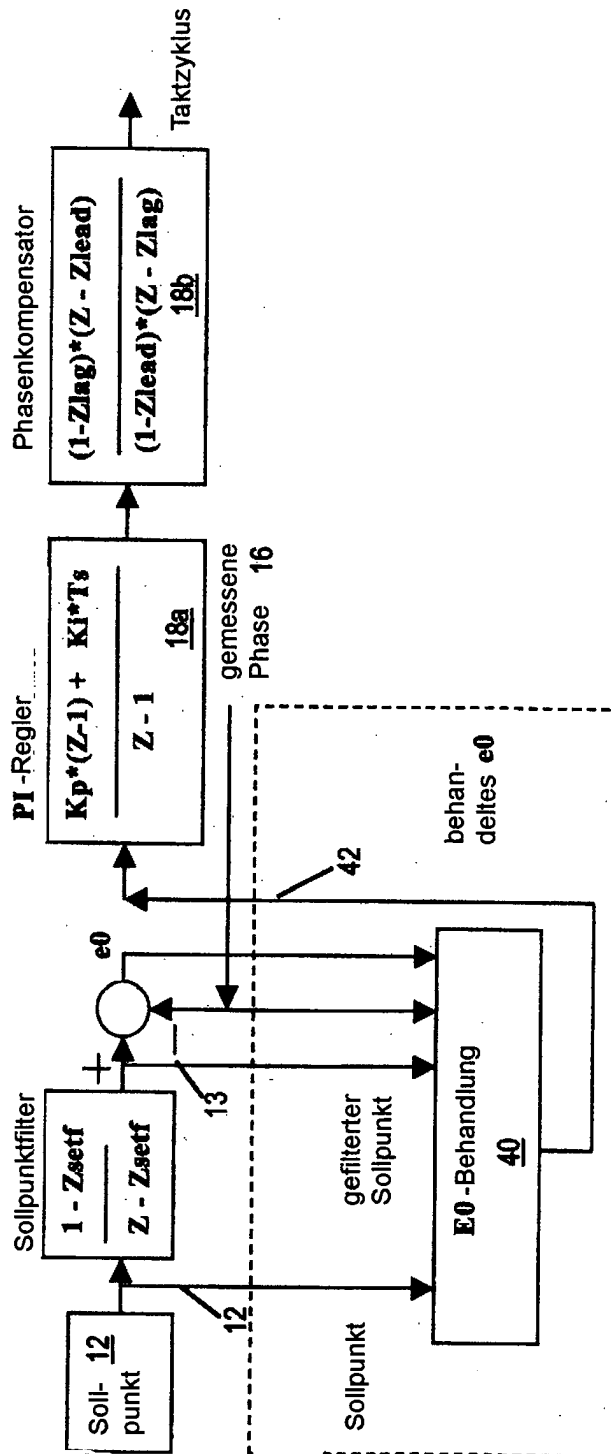
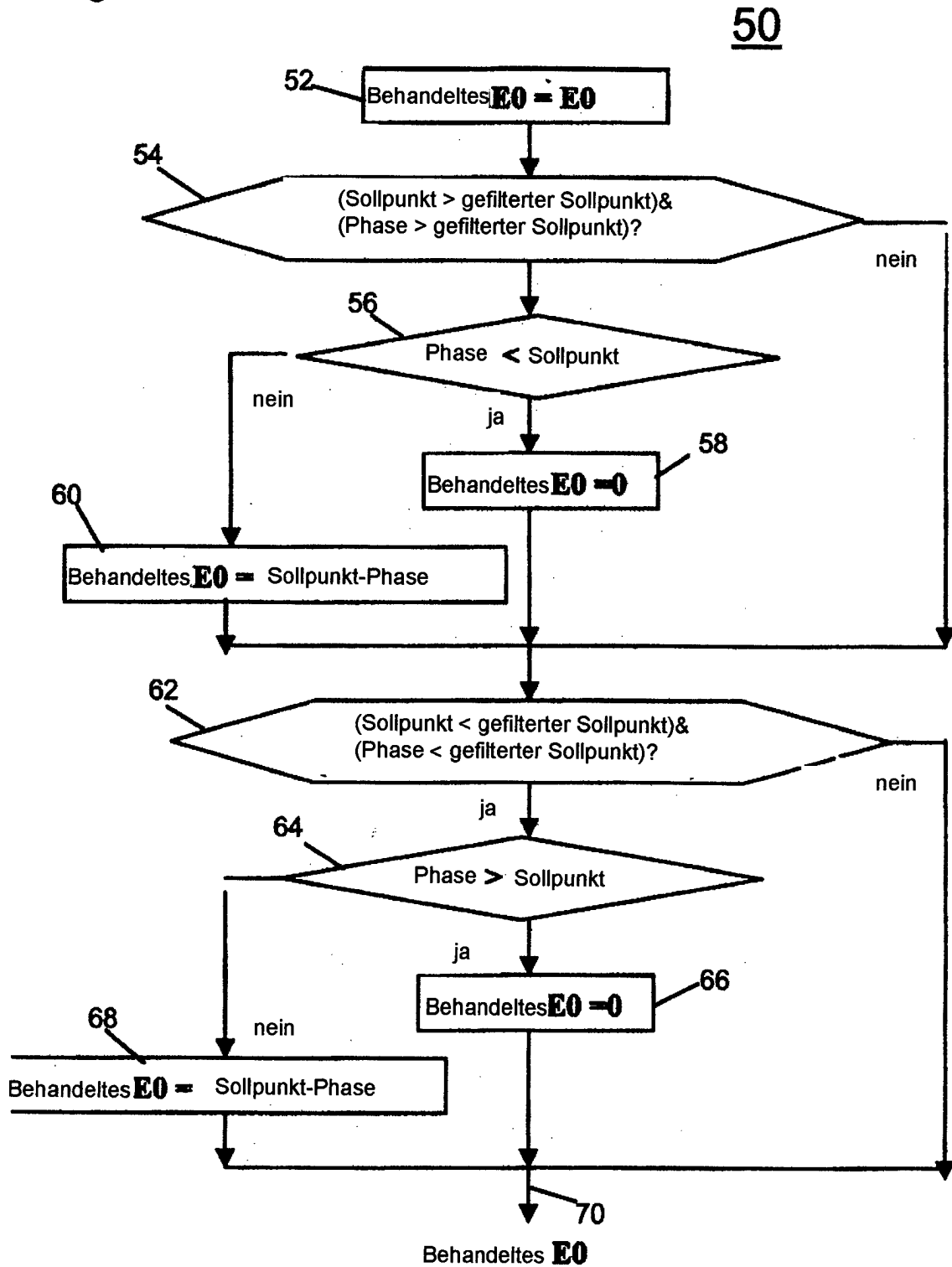


Fig. 4



Ablaufdiagramm für EO-Behandlung

Fig. 5

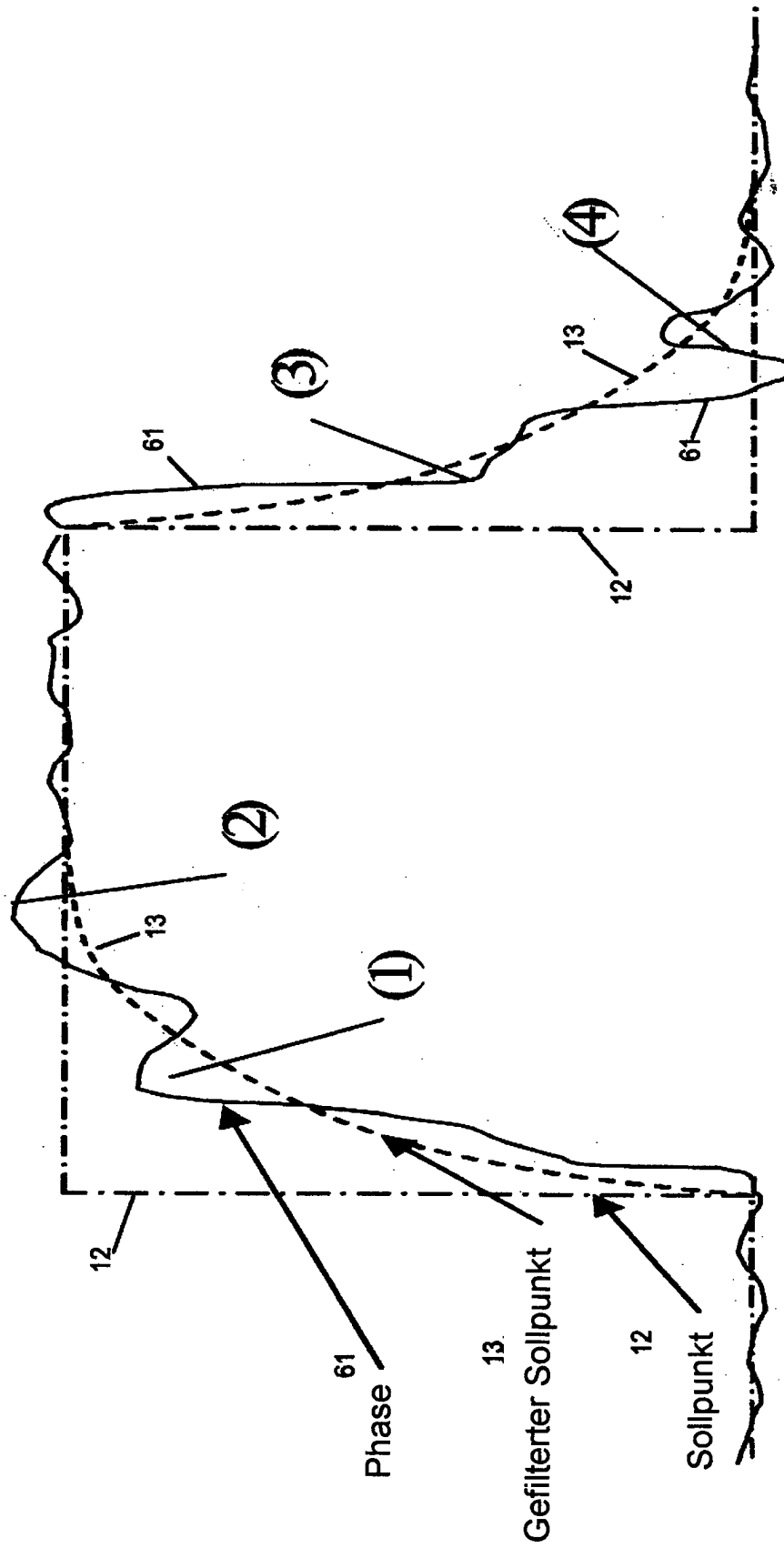


Fig. 5A

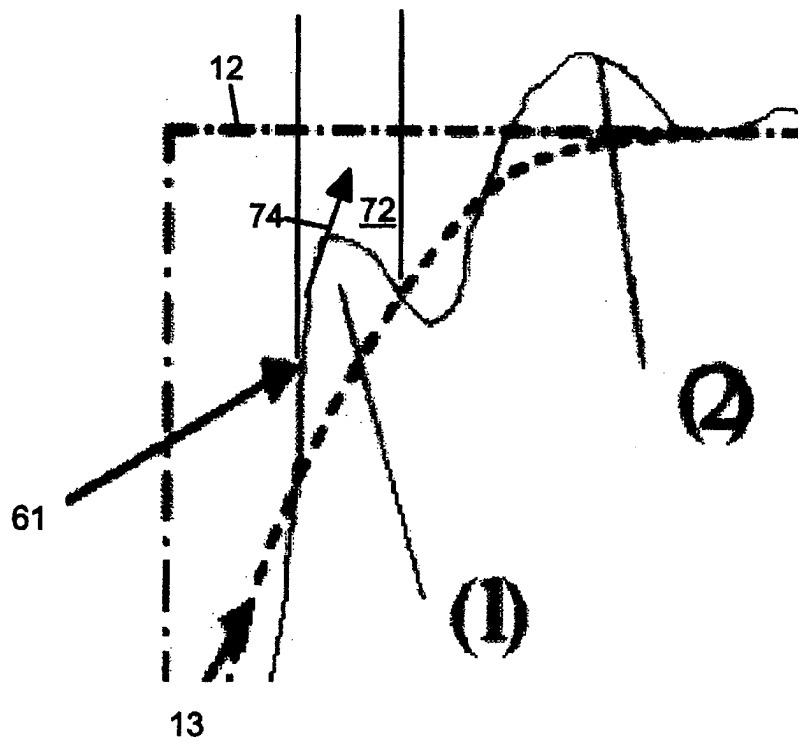


Fig. 6

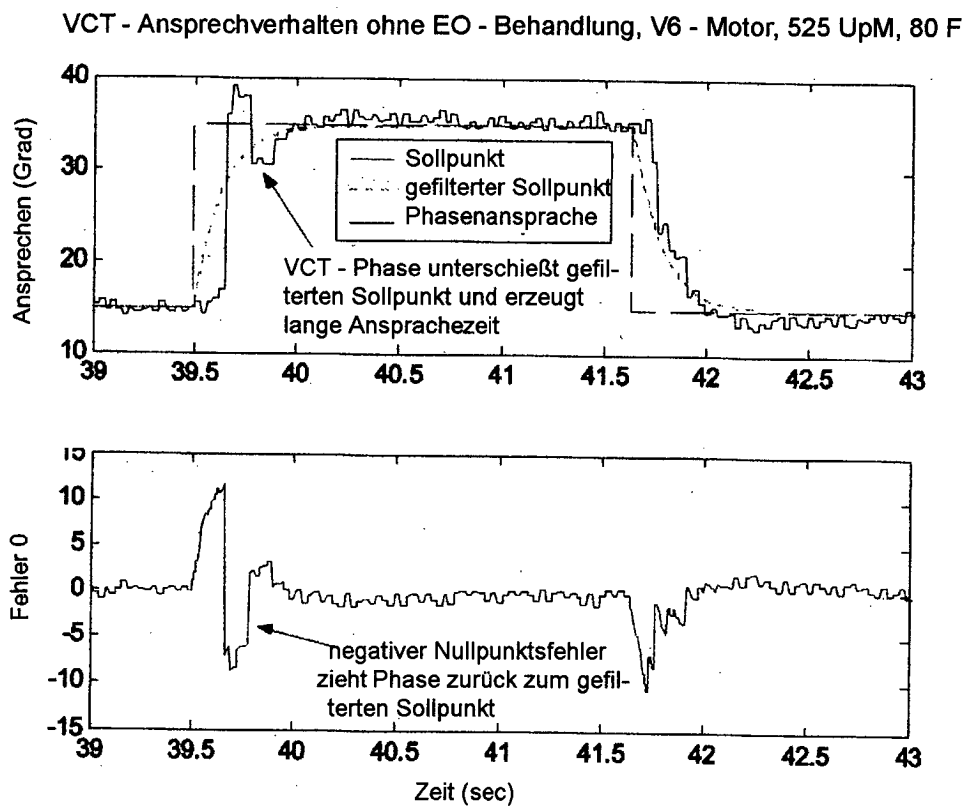


Fig. 7

VCT - Ansprechverhalten mit EO - Behandlung, V6 - Motor, 525 UpM, 80 F

