



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 605 140 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.12.2005 Patentblatt 2005/50

(51) Int Cl.7: **F01L 1/34**, F01L 1/344,
F01L 1/46

(21) Anmeldenummer: **05011059.2**

(22) Anmeldetag: **21.05.2005**

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

(30) Priorität: **09.06.2004 DE 102004028095**

(71) Anmelder: **LuK Lamellen und Kupplungsbau
Beteiligungs KG**
77815 Bühl (DE)

(72) Erfinder:
• **Stork, Holger, Dr.**
77815 Bühl (DE)
• **Dell, Heiko**
77830 Bühlertal (DE)

(54) **Verstellvorrichtung für eine Nockenwelle**

(57) Eine Verstellvorrichtung für die Drehwinkellage der Nockenwelle einer Hubkolben-Verbrennungsmaschine relativ zur Kurbelwelle weist ein Stellglied zum Verstellen der Drehwinkellage auf, das in einen Regelkreis geschaltet ist. Der Regelkreis hat einen Regler, welcher mit einem Datenspeicher verbunden ist, in dem Reglerkoeffizienten für eine Übertragungsfunktion des Reglers abgelegt sind. Der Datenspeicher weist mindestens zwei Speicherbereiche auf, in denen unterschiedliche Sätze von Reglerkoeffizienten abgelegt sind. Der Regelkreis ist mit Hilfe einer Betriebsartenumschalteinrichtung wahl- oder wechselweise derart mit einem der

Datenspeicherbereiche verbindbar ist, dass der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Reglerkoeffizientensatz bei der Regelung zur Anwendung kommt. Mit der Betriebsartenumschalteinrichtung eine Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands der Verstellvorrichtung und/oder der Hubkolben-Verbrennungsmaschine derart verbunden ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von dem Betriebszustand abhängig ist.

EP 1 605 140 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Verstellvorrichtung für die Drehwinkellage der Nockenwelle einer Hubkolben-Verbrennungsmaschine relativ zur Kurbelwelle, mit einem Stellglied zum Verstellen der Drehwinkellage, das in einen mindestens einen Regler aufweisenden Regelkreis geschaltet ist.

[0002] Eine derartige Verstellvorrichtung mit einem Stellglied, das über zwei miteinander in Eingriff stehende Zahnräder mit Schrägverzahnung verfügt, ist aus DE 44 08 425 A1 bekannt. Eines der Zahnräder ist mit der Nockenwelle verbunden und das andere wird über eine Kette von der Kurbelwelle angetrieben. Die Zahnräder können durch einen Hydraulikmechanismus in axialer Richtung gegeneinander verschoben werden, wodurch sich aufgrund der Schrägverzahnung eine Relativverdrehung zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle ergibt. Der Hydraulikmechanismus wird von einem Stellsignal angesteuert, das mit Hilfe eines Regelkreises erzeugt wird. Der Hydraulikmechanismus ist mit jeweils einem von drei Werten ansteuerbar, nämlich einem Frühwert zum Verstellen der Nockenwelle in Richtung auf ein frühes Öffnen der Einlassventile des Verbrennungsmotors, einem Spätwert zum Verstellen der Nockenwelle in Richtung auf ein spätes Öffnen der Einlassventile und einem Haltewert zum Halten der aktuellen Ist-Winkellage. Der Regelkreis arbeitet ein Regelungsprogramm ab, bei dem bei jedem Programmdurchlauf die Verstellgeschwindigkeit, wie sie zu Beginn des folgenden Programmdurchlaufs vorliegen wird, abgeschätzt wird. Aus diesem Schätzwert und dem bekannten zeitlichen Verhalten, das die Nockenwellenverstellung nach einem Umschalten vom Haltewert auf das Stellsignal (Früh- oder Spätwert) aufweist, wird der Verstellwinkel abgeschätzt, auf den sich die Winkellage der Nockenwelle noch ändern würde, wenn das Stellsignal zu Beginn des nächsten Programmdurchlaufs auf den Haltewert umgestellt würde. Wenn die Abweichung zwischen dem Schätzwert für den Verstellwinkel und der Sollwinkellage der Nockenwelle innerhalb eines Toleranzbandes liegt, wird vom Früh- oder Spätwert auf den Haltewert umgeschaltet. Die Verstellgeschwindigkeit, wie sie zu Beginn des folgenden Programmdurchlaufs vermutlich vorliegen wird, wird aus der aktuellen Verstellgeschwindigkeit unter Anwendung einer Übertragungsfunktion erster Ordnung und einer Endverstellgeschwindigkeit abgeschätzt. Die Endverstellgeschwindigkeit wird unter bestimmten Voraussetzungen adaptiert. Nach Angabe der Offenlegungsschrift können dadurch Schätzwerte für die aktuelle Stellung auch dann sehr genau bestimmt werden, wenn sich Betriebsparameter des Hydraulikmechanismus ändern, z.B. die Viskosität der Hydraulikflüssigkeit aufgrund einer Erwärmung derselben. Dennoch ist die Regelgüte des Regelkreises vor allem bei unterschiedlichen Betriebszuständen noch verbesserungswürdig. So kann es beispielsweise in bestimmten Betriebsituationen zu einem Überschwingen des zu re-

gelnden Signals kommen.

[0003] Es besteht deshalb die Aufgabe, eine Verstellvorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die bei unterschiedlichen Betriebssituationen jeweils eine hohe Regelungsqualität ermöglicht.

[0004] Die Lösung dieser Aufgabe besteht darin, dass der Regler mit einem Datenspeicher verbunden ist, in dem Reglerkoeffizienten für eine Übertragungsfunktion des Reglers abgelegt sind, dass der Datenspeicher mindestens zwei Speicherbereiche aufweist, in denen unterschiedliche Sätze von Reglerkoeffizienten abgelegt sind, dass der Regelkreis mit Hilfe einer Betriebsartenumschalteneinrichtung wahl- oder wechselweise derart mit einem der Datenspeicherbereiche verbindbar ist, dass der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Reglerkoeffizientensatz bei der Regelung zur Anwendung kommt, und dass mit der Betriebsartenumschalteneinrichtung eine Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands der Verstellvorrichtung und/oder der Hubkolben-Verbrennungsmaschine derart verbunden ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von dem Betriebszustand abhängig ist.

[0005] In vorteilhafter Weise ist es dadurch möglich, für unterschiedliche Betriebssituationen der Verstellvorrichtung und/oder der Verbrennungsmaschine den Regler mit unterschiedlichen Reglerkoeffizienten zu betreiben, um die Übertragungsfunktion des Reglers an die jeweilige Betriebssituation anzupassen und somit jeweils eine möglichst hohe Regelungsqualität zu erreichen. Mit einem solchen nichtlinearen Regler können gegenüber einem Regler mit festen Reglerkoeffizienten Störungen in einem zu regelnden, mit dem Stellglied zu beeinflussenden Signal schneller und unter weitgehender Vermeidung eines Überschwingens kompensiert werden. Die Größe(n) aufgrund derer die Reglerkoeffizienten verändert werden, können Messgrößen sein oder aus diesen über geeignete Algorithmen unter Einbeziehung von Systemparametern, wie z.B. einem elektrischen Widerstand, eines Temperaturkoeffizienten usw. abgeleitet werden.

[0006] Vorteilhaft ist, wenn mit Hilfe der Betriebsartenumschalteneinrichtung die Struktur des Regelkreises umschaltbar ist. Der Regler kann dann noch besser an unterschiedliche Betriebssituationen der Verstellvorrichtung und/oder der Verbrennungsmaschine angepasst werden.

[0007] Zweckmäßigerweise ist in einer ersten Betriebsart der Regelkreis zur Regelung der Rotor-Drehzahl des Verstellmotors und in einer zweiten Betriebsart zur Regelung des Verdrehwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle ausgebildet. Dabei kommt die erste Betriebsart bevorzugt während der Startphase des Verbrennungsmotors zur Anwendung, wenn ein Messsignal für Kurbelwellendrehzahl noch nicht vorliegt oder noch mit relativ großen Störungen behaftet ist. Sobald die Drehzahl des Verbrennungsmotors einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet und somit die

Startphase beendet ist, wird auf die zweite Betriebsart umgeschaltet, um den Drehwinkel zu regeln.

[0008] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist der Regelkreis mit Hilfe der Betriebsartenumschalteneinrichtung zwischen einer dritten und einer vierten Betriebsart umschaltbar, wobei der Regelkreis in der dritten Betriebsart als Mehrpunktregler und in der vierten Betriebsart zur Ausgabe eines kontinuierlichen Stellsignals ausgebildet ist.

[0009] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die Verstellvorrichtung ein Verstellgetriebe auf, das als Dreiwellegentriebe mit einer kurbelwellenfesten Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer Verstellwelle ausgebildet ist, wobei als Stellglied ein Verstellmotor vorgesehen ist, der mit der Verstellwelle in Antriebsverbindung steht. Dabei kann der Verstellmotor ein EC-Motor sein. Zur Regelung der Phasewinkelgeschwindigkeit ϑ auf einen Sollwert ϑ_{Tgt} werden bevorzugt die Drehzahl ω_{Cnk} der Kurbelwelle und die Rotordrehzahl ω_{Em} des Verstellmotors mit Hilfe von Sensoren gemessen. Aus den so ermittelten Messsignalen und einer bekannten Standgetriebeübersetzung i_g des Verstellgetriebes wird mit Hilfe einer Signalverarbeitungseinrichtung ein Sollwert $\omega_{Em,Tgt} = (\omega_{Cnk} \cdot i_g \cdot \vartheta_{Tgt}) / 2$ für die Rotordrehzahl $\omega_{Em,Tgt}$ des Verstellmotors berechnet. Die Drehzahl ω_{Cnk} der Kurbelwelle wird zweckmäßigerweise mit Hilfe eines induktiven Sensors gemessen, der das Vorbeilaufen der Zähne eines auf der Kurbelwelle beispielsweise an einem Schwungrad angeordneten Zahnkranzes detektiert. Die Rotor-Drehzahl ω_{Em} des Verstellmotors wird vorzugsweise mit Hilfe von am Stator des EC-Motors angeordneten Magnetfeldsensoren gemessen, die das Vorbeilaufen von Magnetsegmenten detektiert, die am Umfang des permanentmagnetischen Rotors des EC-Motors angeordnet sind.

[0010] Vorteilhaft ist, wenn die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands mindestens einen Eingang für ein Temperaturmesssignal des Verbrennungsmotors und/oder des Verstellmotors hat, und wenn die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Messsignal (diesen Messsignalen) abhängig ist. Dadurch ist es insbesondere möglich, den Regelkreis an die von der Temperatur abhängige Viskosität eines Getriebeöls des Verstellgetriebes und/oder an den von der Temperatur abhängigen elektrischen Widerstand der Wicklung des Verstellmotors anzupassen. Die Temperatur des Verbrennungsmotors kann beispielsweise mit einem Motorölthermometer und/oder einem Kühlwasserthermometer gemessen werden.

[0011] Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung weist die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands mindestens einen Eingang für ein Messsignal und/oder ein Sollwertsignal für den Verdrehwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle auf, wobei die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszu-

stands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Signal (diesen Signalen) und/oder der zeitlichen Änderung dieses Signals (dieser Signale) abhängig ist. Bei einer Verstellvorrichtung, bei welcher der einstellbare Phasenwinkelbereich durch Anschläge begrenzt ist, können dann im Bereich der Anschläge die Reglerkoeffizienten derart eingestellt werden, dass die Regelung relativ langsam auf eine Regelabweichung anspricht, damit ein Überspringen und somit die Gefahr einer Beschädigungen eines Anschlags sicher vermieden wird. An den Stellen, an denen ein ausreichender Abstand zu den Anschlägen vorhanden ist, können die Reglerkoeffizienten dagegen so eingestellt werden, dass Regelabweichungen möglichst schnell kompensiert werden.

[0012] Die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands kann auch mindestens einen Eingang für ein die Rotordrehzahl des Verstellmotors, die Nockenwellendrehzahl und/oder die Kurbelwellendrehzahl repräsentierendes Signal aufweisen, wobei die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Signal (diesen Signalen) abhängig ist. Aus jeweils zwei dieser Messsignale, wie z.B. der Rotordrehzahl und der Kurbelwellendrehzahl, sowie der bekannten Standgetriebeübersetzung des Verstellgetriebes kann der Verdrehwinkel (Phasenwinkel) zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle bestimmt und es können die Reglerkoeffizienten in Abhängigkeit von dem Verdrehwinkel eingestellt werden.

[0013] Vorteilhaft ist, wenn die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands einen Speicher zum Zwischenspeichern mindestens eines zu einem früheren Zeitpunkt von dem Regler ermittelten Werts einer Stellgröße für den Verstellmotor aufweist, und wenn die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Wert (diesen Werten) abhängig ist. Dadurch ist es insbesondere möglich, bei geringen Verstellgeschwindigkeiten eine Hysterese vorzusehen, um das Rauschen am Ausgang des Reglers zu reduzieren.

[0014] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist der Regelkreis mindestens eine Begrenzungseinrichtung, insbesondere für den Wicklungsstrom und/oder die Wicklungsspannung des Verstellmotors auf, wobei in dem Datenspeicher Speicherplätze vorgesehen sind, in denen Grenzwerte für die Begrenzungseinrichtung(en) abgelegt sind, und dass die Begrenzungseinrichtung mit Hilfe der Betriebsartenumschalteneinrichtung wahl- oder wechselweise derart mit einem der Speicherplätze verbindbar ist, dass der mindestens eine, in dem betreffenden Speicherplatz jeweils abgelegte Grenzwert bei der Begrenzung zur Anwendung kommt. Die Grenzwerte für Begrenzungseinrichtung(en) können also in Abhängigkeit von dem Betriebs-

zustand der Verstellvorrichtung und/oder der Hubkolben-Verbrennungsmaschine eingestellt werden. So können beispielsweise im Bereich der Anschläge die Grenzwerte für den Wicklungsstrom und/oder die Wicklungsspannung und somit die Leistung des Verstellmotors betragsmäßig geringer gewählt werden, als an Stellen, die weiter von den Anschlägen entfernt sind, damit auch bei Auftreten eines eventuellen Messfehlers eines Eingangssignals des Reglers eine Beschädigung der Anschläge sicher vermieden wird.

[0015] Besonders vorteilhaft ist, wenn der Regelkreis wenigstens einen mit mindestens einer Vorsteuereinrichtung verbundenen Eingangsanschluss für ein Vorsteuersignal aufweist, und wenn vorzugsweise ein Eingangsanschluss für ein die Drehzahl der Antriebswelle des Verstellgetriebes repräsentierendes Vorsteuersignal, ein Eingangsanschluss für ein das mittlere Lastmoment des Verstellmotors repräsentierendes Vorsteuersignal und/oder ein Eingangsanschluss für ein Vorsteuersignal vorgesehen ist, das eine durch die Drehung des permanentmagnetischen Rotors in einer Wicklung des Verstellmotors induzierte elektrische Spannung (EMK) repräsentiert. Die Verstellvorrichtung ermöglicht dann eine noch schnellere und stabilere Regelung, wobei der Regelkreis nur diejenigen Abweichungen zwischen dem zu regelnden Signal und dem Sollwert ausgleicht, die von der Vorsteuerung nicht kompensiert werden.

[0016] Zweckmäßigerweise hat der Datenspeicher mindestens zwei Speicherbereiche, in denen unterschiedliche Sätze von Vorsteuerkoeffizienten für die Vorsteuereinrichtung(en) abgelegt sind, wobei die Vorsteuereinrichtung(en) mit Hilfe einer Betriebsartenumschalteneinrichtung wahl- oder wechselweise derart mit einem dieser Datenspeicherbereiche verbindbar ist (sind), dass der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Vorsteuerkoeffizientensatz bei der Generierung des mindestens einen Vorsteuersignals zur Anwendung kommt. Somit kann (können) auch die Übertragungsfunktion(en) der Vorsteuerung (en) an unterschiedliche Betriebszustände der Verstellvorrichtung und/oder der Verbrennungsmaschine angepasst werden, was eine noch bessere Regelungsqualität ermöglicht.

[0017] Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Verstellvorrichtung zum Verstellen der Drehwinkellage der Nockenwelle einer Hubkolben-Verbrennungsmaschine relativ zu deren Kurbelwelle,

Fig. 2 ein Signalfussdiagramm eines Regelkreises der Verstellvorrichtung.

[0018] Eine Verstellvorrichtung für die Drehwinkellage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle einer in der

Zeichnung nicht näher dargestellten Hubkolben-Verbrennungsmaschine weist ein Verstellgetriebe auf, das als Dreiwellegentriebe mit einer kurbelwellenfesten Antriebswelle, einernockenwellenfesten Abtriebswelle und einer Verstellwelle ausgebildet ist. Das Verstellgetriebe kann ein Umlaufgetriebe sein, vorzugsweise ein Planetengetriebe.

[0019] Die Antriebswelle ist drehfest mit einem Nockenwellenzahnrad 1 verbunden, das in an sich bekannter Weise über eine Kette oder einen Zahnriemen mit einem auf der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors drehfest angeordneten Kurbelwellenzahnrad in Antriebsverbindung steht. Die Abtriebswelle ist drehfest mit der Nockenwelle 2 verbunden, die in Fig. 1 nur teilweise dargestellt ist. Die Verstellwelle ist drehfest mit einem Stellglied verbunden, das in Fig. 1 an der Rückseite der Verstellvorrichtung angeordnet ist. Als Stellglied ist ein Verstellmotor (EC-Motor) vorgesehen, der in der Nabe des Nockenwellenzahnrads 1 integriert ist.

[0020] Zum Begrenzen des Verdrehwinkels zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle weist die Verstellvorrichtung Anschläge auf, die durch ein fest mit der Antriebswelle verbundenes Anschlagelement 3 und Gegenanschlagelemente 4 gebildet sind. Die Gegenanschlagelemente 4 sind fest mit der Nockenwelle 2 verbundenen und wirken in Gebrauchstellung mit dem Anschlagelement 3 zusammen.

[0021] Zur Regelung des Verdrehwinkels ist der Verstellmotor in einen in Fig. 2 schematisch dargestellten Regelkreis 5 geschaltet, der zwei kaskadierte Regler aufweist, nämlich einen Drehzahl-Regler 6 und einen diesem vorgelagerten Phasen-Regler 7.

[0022] Ein Eingangsanschluss des Phasen-Reglers 7 ist mit einem Ausgangsanschluss 8 einer ersten Einrichtung 9 zur Ermittlung einer Regelabweichung aus einem Sollwertsignal ε_{Tgt} und einem Istwertsignal ε für den Verstellwinkel der Nockenwelle 2 relativ zur Kurbelwelle verbunden. In Fig. 2 ist erkennbar, dass der Phasen-Regler 7 zwei Signalverarbeitungseinrichtungen 10, 11 hat, die jeweils mit ihrem Eingang mit dem Ausgangsanschluss 7 der Einrichtung 9 zur Ermittlung einer Regelabweichung verbunden sind. Eine erste Signalverarbeitungseinrichtung 10 weist eine erste Übertragungsfunktion mit ersten Reglerkoeffizienten K_1 und eine zweite Signalverarbeitungseinrichtung 11 eine zweite Übertragungsfunktion mit zweiten Reglerkoeffizienten K_2 auf. Ein Ausgang der ersten Signalverarbeitungseinrichtung 10 ist mit einem ersten Eingang einer ersten Summationseinrichtung 13 und ein Ausgang der zweiten Signalverarbeitungseinrichtung 11 ist über eine erste Integrationseinrichtung 12 mit einem zweiten Eingang der ersten Summationseinrichtung 13 verbunden.

[0023] Ein Ausgang der ersten Summationseinrichtung 13 ist an einem ersten Eingang einer zweiten Summationseinrichtung 14 angeschlossen. Ein Eingangsanschluss 15 für ein Kurbelwellendrehzahlssignal ω_{Cnk} ist über eine erste Vorsteuereinrichtung 16 mit einem zweiten Eingang der zweiten Summationseinrichtung

14 verbunden. Die erste Vorsteuereinrichtung 16 weist eine erste Vorsteuer-Übertragungsfunktion mit ersten Vorsteuerkoeffizienten V_1 auf.

[0024] Ein Ausgang der zweiten Summationseinrichtung 14 ist über eine erste Begrenzungseinrichtung 17, die das Ausgangssignal auf einen vorgegebenen Wertebereich begrenzt, mit einem Ausgangsanschluss für ein Drehzahlsollwertsignal ω_{Tgt} für den Verstellmotor verbunden.

[0025] Das Drehzahlsollwertsignal ω_{Tgt} liegt an einem ersten Eingang einer zweiten Einrichtung 18 zur Ermittlung einer Regelabweichung aus dem Drehzahlsollwertsignal ω_{Tgt} und einem Istwertsignal ω_{Em} für die Drehzahl des Verstellmotors an.

[0026] Der Drehzahl-Regler 6 hat zwei Signalverarbeitungseinrichtungen 19, 20, die jeweils mit ihrem Eingang mit einem Ausgangsanschluss 21 der zweiten Einrichtung 18 zur Ermittlung der Regelabweichung verbunden sind. Eine dritte Signalverarbeitungseinrichtung 19 weist eine dritte Übertragungsfunktion mit dritten Reglerkoeffizienten K_3 und eine vierte zweite Signalverarbeitungseinrichtung 11 eine vierte Übertragungsfunktion mit vierten Reglerkoeffizienten K_4 auf. Ein Ausgang der dritten Signalverarbeitungseinrichtung 19 ist mit einem ersten Eingang einer dritten Summationseinrichtung 22 und ein Ausgang der vierten Signalverarbeitungseinrichtung 20 ist über eine zweite Integrationseinrichtung 23 mit einem zweiten Eingang der dritten Summationseinrichtung 22 verbunden.

[0027] Ein Ausgang der dritten Summationseinrichtung 22 ist an einem ersten Eingang einer vierten Summationseinrichtung 24 angeschlossen. Ein Eingangsanschluss 25 für ein Verstellmotor-Lastsignal M_{Load} ist über eine zweite Vorsteuereinrichtung 26 mit einem zweiten Eingang der vierten Summationseinrichtung 24 verbunden. Die zweite Vorsteuereinrichtung 26 weist eine zweite Vorsteuer-Übertragungsfunktion mit zweiten Vorsteuerkoeffizienten V_2 auf.

[0028] Ein Ausgang der vierten Summationseinrichtung 24 ist über eine zweite Begrenzungseinrichtung 27, die dazu dient, die an den Verstellmotor auszugebende Wicklungsspannung U_A auf einen vorgegebenen Wertebereich zu begrenzen, mit einem Eingangsanschluss einer in der Zeichnung nicht näher dargestellten Ansteuerung für den Verstellmotor verbunden.

[0029] In Fig. 2 ist erkennbar, dass der Drehzahl-Regler 6 und der Phasen-Regler 7 über eine Betriebsartenumschalteinrichtung 28 mit einem Datenspeicher 29 verbunden ist, der mehrere Datenspeicherbereiche aufweist, in denen jeweils ein Satz Reglerkoeffizienten abgelegt ist, der jeweils erste Reglerkoeffizienten K_1 , zweite Reglerkoeffizienten K_2 , dritte Reglerkoeffizienten K_3 und vierte Reglerkoeffizienten K_4 umfasst. In dem Datenspeicher 29 sind außerdem mehrere Datenspeicherbereiche vorgesehen, in denen jeweils ein Satz von Vorsteuerkoeffizienten abgelegt ist, der jeweils erste Vorsteuerkoeffizienten V_1 und zweite Vorsteuerkoeffizienten V_2 umfasst.

[0030] Der Drehzahl-Regler 6 und der Phasen-Regler 7 sind mit Hilfe der Betriebsartenumschalteinrichtung 28 wahl- oder wechselweise derart mit einem der Datenspeicherbereiche verbindbar, dass der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Reglerkoeffizientensatz bei der Regelung und/oder der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Vorsteuerkoeffizientensatz bei der Vorsteuerung zur Anwendung kommt (kommen).

[0031] Wie in Fig. 2 weiter erkennbar ist, sind mit der Betriebsartenumschalteinrichtung 28 und dem Datenspeicher 29 eine Einrichtung 30 zur Feststellung des Betriebszustands der Verstellvorrichtung und der Hubkolben-Verbrennungsmaschine derart verbunden, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz und/oder der Vorsteuerung jeweils zur Anwendung kommende Vorsteuerkoeffizientensatz vom Betriebszustand abhängig ist. Die Einrichtung 30 zur Feststellung des Betriebszustands hat mehrere Eingänge, die mit Sensoren zur Messung der Kurbelwellendrehzahl, der Öltemperatur des Verbrennungsmotors, der Drehzahl des Verstellmotors, einem Ausgang der zweiten Begrenzungseinrichtung 27 und einem Ausgangsanschluss einer Motorsteuerung für den Verbrennungsmotor verbunden, an dem ein Signal für einen Betriebsmodus (Motorstart/-stopp, Normallauf, Notlauf) des Verbrennungsmotors anliegt. Die Einrichtung 30 zur Feststellung des Betriebszustands weist eine Vergleichseinrichtung auf, welche die an den Eingängen anliegenden Signale mit vorgegebenen Wertebereichen vergleicht. In Abhängigkeit von den Ergebnissen dieser Vergleiche, wird jeweils ein Betriebszustand ermittelt, der die Auswahl der jeweils zu verwendenden Regler- und Vorsteuerkoeffizientensätze steuert.

[0032] Die Betriebsartenumschalteinrichtung 28 ermöglicht auch eine Umschaltung der Struktur des Regelkreises. Bei einer ersten Betriebsart des Regelkreises weisen die Reglerkoeffizienten K_1 , K_2 und die Vorsteuerkoeffizienten V_1 den Wert Null auf, während die Reglerkoeffizienten K_3 , K_4 und die Vorsteuerkoeffizienten V_2 ungleich Null sind. Der Regelkreis 5 regelt dann nur die Rotor-Drehzahl des Verstellmotors. Diese Betriebsart kommt bevorzugt während der Startphase des Verbrennungsmotors zur Anwendung.

[0033] Bei einer zweiten Betriebsart des Regelkreises sind alle Reglerkoeffizienten K_1 , K_2 , K_3 , K_4 und Vorsteuerkoeffizienten V_1 , V_2 ungleich Null, so dass der Regelkreis 5 dann den Verdrehwinkel zwischen Nockenwelle 2 und Kurbelwelle und die Rotor-Drehzahl regelt. Die zweite Betriebsart kommt zur Anwendung, wenn die Drehzahl des Verbrennungsmotors einen vorgegebenen Mindestwert überschreitet.

Bezugszeichenliste**[0034]**

1	Nockenwellenzahnrad	5
2	Nockenwelle	
3	Anschlagelement	
4	Gegenanschlagelement	
5	Regelkreis	
6	Drehzahl-Regler	10
7	Phasen-Regler	
8	Ausgangsanschluss	
9	erste Einrichtung zur Ermittlung einer Regelabweichung	
10	erste Signalverarbeitungseinrichtung	15
11	zweite Signalverarbeitungseinrichtung	
12	erste Integrationseinrichtung	
13	erste Summationseinrichtung	
14	zweite Summationseinrichtung	
15	Eingangsanschluss für ein Kurbelwellendrehzahlsignal ω_{Cnk}	20
16	erste Vorsteuereinrichtung	
17	erste Begrenzungseinrichtung	
18	zweite Einrichtung zur Ermittlung einer Regelabweichung	25
19	dritte Signalverarbeitungseinrichtung	
20	vierte Signalverarbeitungseinrichtung	
21	Ausgangsanschluss	
22	dritte Summationseinrichtung	
23	zweite Integrationseinrichtung	30
24	vierte Summationseinrichtung	
25	Eingangsanschluss für ein Verstellmotor-Lastsignal M_{Load}	
26	zweite Vorsteuereinrichtung	
27	zweite Begrenzungseinrichtung	35
28	Betriebsartenumschalteinrichtung	
29	Datenspeicher	
30	Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands	40

Patentansprüche

1. Verstellvorrichtung für die Drehwinkellage der Nockenwelle (2) einer Hubkolben-Verbrennungsmaschine relativ zur Kurbelwelle, mit einem Stellglied zum Verstellen der Drehwinkellage, das in einen mindestens einen Regler (6, 7) aufweisenden Regelkreis (5) geschaltet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (6, 7) mit einem Datenspeicher (29) verbunden ist, in dem Reglerkoeffizienten für eine Übertragungsfunktion des Reglers (6, 7) abgelegt sind, dass der Datenspeicher (29) mindestens zwei Speicherbereiche aufweist, in denen unterschiedliche Sätze von Reglerkoeffizienten abgelegt sind, dass der Regelkreis (5) mit Hilfe einer Betriebsartenumschalteinrichtung (28) wahl- oder wechselweise derart mit einem der Datenspeicherbereiche verbindbar ist, dass der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Reglerkoeffizientensatz bei der Regelung zur Anwendung kommt, und dass mit der Betriebsartenumschalteinrichtung (28) eine Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands der Verstellvorrichtung und/oder der Hubkolben-Verbrennungsmaschine derart verbunden ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von dem Betriebszustand abhängig ist.
2. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Hilfe der Betriebsartenumschalteinrichtung (28) die Struktur des Regelkreises (5) umschaltbar ist.
3. Verstellvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer ersten Betriebsart der Regelkreis (5) zur Regelung der Rotor-Drehzahl des Verstellmotors und in einer zweiten Betriebsart zur Regelung des Verdrehwinkels zwischen Nockenwelle (2) und Kurbelwelle ausgebildet ist.
4. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit Hilfe der Betriebsartenumschalteinrichtung (28) der Regelkreis (5) zwischen einer dritten und einer vierten Betriebsart umschaltbar ist, und dass der Regelkreis (5) in der dritten Betriebsart als Mehrpunktregler und in der vierten Betriebsart zur Ausgabe eines kontinuierlichen Stellsignals ausgebildet ist.
5. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ein Verstellgetriebe aufweist, das als Dreiwellegenriebe mit einer kurbelwellenfesten Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer Verstellwelle ausgebildet ist, und dass als Stellglied ein Verstellmotor vorgesehen ist, der mit der Verstellwelle in Antriebsverbindung steht.
6. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands mindestens einen Eingang für ein Temperaturmesssignal des Verbrennungsmotors und/oder des Verstellmotors hat, und dass die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Messsignal (diesen Messsignalen) abhängig ist.
7. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands mindestens einen Eingang für ein Messsignal und/oder

ein Sollwertsignal für den Verdrehwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle aufweist, und dass die Einrichtung zur Feststellung des Betriebszustands (30) derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Signal (diesen Signalen) und/oder der zeitlichen Änderung dieses Signals (dieser Signale) abhängig ist.

8. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands mindestens einen Eingang für ein die Rotordrehzahl des Verstellmotors, die Nockenwellendrehzahl und/oder die Kurbelwellendrehzahl repräsentierendes Signal aufweist, und dass die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Signal (diesen Signalen) abhängig ist.

9. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands einen Speicher zum Zwischenspeichern mindestens eines zu einem früheren Zeitpunkt von dem Regler (6, 7) ermittelten Werts einer Stellgröße für den Verstellmotor aufweist, und dass die Einrichtung (30) zur Feststellung des Betriebszustands derart ausgebildet ist, dass der bei der Regelung jeweils zur Anwendung kommende Reglerkoeffizientensatz von diesem Wert (diesen Werten) abhängig ist.

10. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regelkreis (5) mindestens eine Begrenzungseinrichtung (17, 27), insbesondere für den Wicklungsstrom und/oder die Wicklungsspannung des Verstellmotors aufweist, dass in dem Datenspeicher (29) Speicherplätze vorgesehen sind, in denen Grenzwerte für die Begrenzungseinrichtung(en) (17, 27) abgelegt sind, und dass die Begrenzungseinrichtung (17, 27) mit Hilfe der Betriebsartenumschalteneinrichtung (28) wahl- oder wechselweise derart mit einem der Speicherplätze verbindbar ist, dass der mindestens eine, in dem betreffenden Speicherplatz jeweils abgelegte Grenzwert bei der Begrenzung zur Anwendung kommt.

11. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regelkreis (5) wenigstens einen mit mindestens einer Vorsteuereinrichtung (16, 26) verbundenen Eingangsanschluss (15, 25) für ein Vorsteuersignal aufweist, und dass vorzugsweise ein Eingangsanschluss (15) für ein die Drehzahl der Antriebswelle des Verstellgetriebes repräsentierendes Vorsteuersignal, ein Eingangsanschluss (25) für ein das mittlere

Lastmoment des Verstellmotors repräsentierendes Vorsteuersignal und/oder ein Eingangsanschluss für ein Vorsteuersignal vorgesehen ist, das eine durch die Drehung des permanentmagnetischen Rotors in einer Wicklung des Verstellmotor induzierte elektrische Spannung (EMK) repräsentiert.

12. Verstellvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Datenspeicher mindestens zwei Speicherbereiche aufweist, in denen unterschiedliche Sätze von Vorsteuerkoeffizienten für die Vorsteuereinrichtung(en) abgelegt sind, und dass die Vorsteuereinrichtung(en) mit Hilfe der Betriebsartenumschalteneinrichtung (28) wahl- oder wechselweise derart mit einem dieser Datenspeicherbereiche verbindbar ist (sind), dass der in dem betreffenden Datenspeicherbereich jeweils abgelegte Vorsteuerkoeffizientensatz bei der Generierung des mindestens einen Vorsteuersignals zur Anwendung kommt.

Fig. 1



