

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 573 177 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
13.09.2006 Patentblatt 2006/37

(51) Int Cl.:
F01L 1/34^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03776826.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2003/003620

(22) Anmeldetag: **31.10.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/057162 (08.07.2004 Gazette 2004/28)

(54) **VORRICHTUNG ZUM VERSTELLEN DER PHASENLAGE ZWISCHEN NOCKENWELLE UND KURBELWELLE**

DEVICE FOR ADJUSTING THE PHASE POSITION BETWEEN THE CAMSHAFT AND THE CRANKSHAFT

DISPOSITIF POUR REGLER LA POSITION DE PHASE ENTRE UN ARBRE A CAMES ET UN VILEBREQUIN

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **18.12.2002 DE 10259134**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.09.2005 Patentblatt 2005/37

(73) Patentinhaber: **AFT Atlas Fahrzeugtechnik GmbH**
58791 Werdohl (DE)

(72) Erfinder:
• **NEUBAUER, Dirk**
58769 Nachrodt-Wiblingwerde (DE)
• **AXMACHER, Detlef**
58636 Iserlohn (DE)

- **WILKE, Markus**
45134 Essen (DE)
- **GASPARRO, Massimiliano**
58553 Halver (DE)
- **PACHAN, Frank**
44319 Dortmund (DE)
- **PFÜTZENREUTER, Lars**
58791 Werdohl (DE)

(74) Vertreter: **Heinzelmann, Ingo**
INA-Schaeffler KG
Industriestrasse 1-3
91074 Herzogenaurach (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 930 157 **DE-A- 4 307 010**
DE-A- 10 038 354 **US-A- 5 218 935**

EP 1 573 177 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Verstellen der Phasenlage zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bei Brennkraftmaschinen treibt die Kurbelwelle über einen Primärtrieb, der beispielsweise als Zahnriemen ausgebildet ist, eine oder mehrere Nockenwellen an. Dazu ist an jeder Nockenwelle ein Nockenwellenrad befestigt, über welches der Primärtrieb die Nockenwelle antreibt. Dabei erfolgt zu jedem Zeitpunkt eine Übersetzung des Drehwinkels der Kurbelwelle, wobei 720° Kurbelwellendrehwinkel φ_K in 360° Nockenwellendrehwinkel φ_N umgesetzt werden. Das Verhältnis der beiden Drehwinkel ist durch diese Kopplung konstant. In den meisten Anwendungen ergibt diese

feste Kopplung zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle ein Verhältnis von:
$$\frac{\varphi_N(t)}{\varphi_K(t)} = \frac{1}{2}$$

[0003] Jedoch lassen sich die Betriebseigenschaften einer Brennkraftmaschine optimieren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs, der Abgasemission und der Laufkultur, wenn das über den Primärtrieb gekoppelte System zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle verändert werden kann.

[0004] In der DE 100 38 354 A1 wird eine Anordnung zum Verstellen der Drehwinkelrelation zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle mittels Taumelscheibengetriebe offenbart. Hier wirkt ein zusätzlicher Antrieb über ein Taumelscheibengetriebe, das zwischen dem Nockenwellenrad und der Nockenwelle angeordnet ist, zusätzlich auf die Nockenwelle ein. Dies bewirkt, dass die Nockenwelle gegenüber der Kurbelwelle verstellt werden kann.

[0005] Eine gattungsgemäße Vorrichtung zum Verstellen der Phasenlage zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle ist beispielsweise aus der DE 43 07 010 C2 bekannt. Diese Vorrichtung weist Sensoren sowie eine Phasenmessschaltung zum Bestimmen des Phasenwinkels zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle auf, wobei eine Regelschaltung aus einem Vergleich eines Sollwerts mit dem Phasenwinkel-Istwert ein Stellsignal bildet, das einer Betätigungseinrichtung zugeführt wird. Bei einer weiteren, aus der DE 39 30 157 A1 bekannten Einrichtung zur Verstellung der Drehwinkelzuordnung einer Nockenwelle zu ihrem Antriebselement ist ebenfalls ein Regelkreis vorgesehen, der die Phasenlage von Nockenwelle zu Antriebselement steuert. Ein Nockenwellenversteller mit kaskadiert angeordneten Regelschleifen ist aus der US 5,218,935 A bekannt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfache und kostengünstige Stellvorrichtung aufzuzeigen mit der die Phasenlage zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle eingestellt werden kann.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Patentanspruch 1 gelöst. Hierbei ist die Stellvorrichtung Bestandteil eines elektronischen, eine Zustandsregelung beinhaltenden Regelkreises, der die gewünschte Phasenlage direkt oder über eine andere Größe indirekt automatisch einstellt, wobei der Regelkreis aus Regeleinrichtung und Regelstrecke eine auf diese Anwendung ausgelegte Struktur aufweist.

[0008] Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass eine solche Stellvorrichtung mit einem solchen elektronischen Regelkreis sehr schnell und exakt in der Regelstrecke den gewünschten Wert einstellt.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Hierbei kann z. B. durch eine Störgrößenkompensation oder durch eine kaskadierte Lageregelung der Sollwert noch schneller und genauer mit der Stellvorrichtung eingestellt werden.

[0010] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von drei Ausführungsbeispielen und Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

Figur 1: Stellvorrichtung mit Störgrößenkompensation.

Figur 2: Stellvorrichtung mit kaskadierter Lageregelung.

Figur 3: Stellvorrichtung mit optimierter Zustandsregelung.

[0011] Figur 1 zeigt eine Stellvorrichtung, die eine Lageregelung 1 mit Störgrößenkompensation 2 aufweist. Bei elektromotorisch angetriebenen, mechanischen Phasenstellvorrichtungen nach dem Stand der Technik wie z.B. aus der DE 100 38 354 A1 entspricht bei unveränderter Phasenlage die Relativdrehzahl des Elektromotors der Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades, das die Kurbelwelle mit der Nockenwelle koppelt. Während der Phasenverstellung ist die Relativdrehzahl des Elektromotors je nach Stellrichtung größer oder kleiner als die des Kettenrades.

In diesem Ausführungsbeispiel wird die Auswirkung der Störgröße der Kurbelwellendrehzahl z nicht erst als Auswirkung auf die Regelgröße erfasst, sondern bereits zur Vorsteuerung des Stellgliedes 3 genutzt. Beispielsweise kann aus der Kurbelwellendrehzahl die Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades ermittelt werden. Diese Drehzahl z kann in Relation zu einer entsprechenden Selbstinduktionsspannung y_R im Elektromotor gesetzt werden.

In der Abbildung wird der Sollwert w -im Ausführungsbeispiel die gewünschte Phasenlage- in den Regler 4 eingegeben.

Dieser Sollwert w beeinflusst den Elektromotor des Stellgliedes in der Regelstrecke 3, z.B. ein Taumelscheibengetriebe. Dies bewirkt, dass sich die Drehzahl des Ketten-/ oder Riemenrades verändert, wodurch die Phasenlage verändert wird. Der Istwert x der Phasenlage und/oder der Drehzahl des Ketten-/oder Riemenrades wird zurückgeführt. Dieser zurückgeführte Istwert bestimmt einen neuen Sollwert für den Regler. Dieser neue Sollwert wird dann in den Regler eingespeist. Die Störgrößenkompensation 2 wird dadurch gebildet, dass zusätzlich aus der Kurbelwellendrehzahl z die Selbstinduktionsspannung y_z als weitere Stellgröße für den Elektromotor des Stellgliedes ermittelt wird, welcher auch die Drehzahl des Elektromotors bestimmt.

[0012] Figur 2 zeigt eine Verstellvorrichtung mit kaskadierter Lageregelung. Um die Einregelzeiten zu verbessern und eine höhere Dynamik im Regelkreis zu erzielen werden hier mehrere Regelkreise parallel verschachtelt zueinander angeordnet. Störungen werden dabei in den unterlagerten Regelkreisen ausgeregelt bevor sie auf sich auf die überlagerten Regelkreise auswirken können. Im vorliegenden Anwendungsfall wird der Lageregelung, die eine Positionsrückführung aufweist eine Drehzahlregelung des Elektromotors unterlagert, die eine Winkelgeschwindigkeitsrückführung aufweist. Die Drehzahl bzw. die Winkelgeschwindigkeit des Elektromotors kann hierbei als Messgröße erfasst werden oder indirekt über die Triggerinformation von Nockenwelle und Kurbelwelle berechnet werden. Ferner ist dieser Drehzahlregelung eine Regelung des Ankerstroms unterlagert, bei der ein zusätzlicher Kompensationsregler die Dynamik weiter verbessern kann. Diese Regelung des Ankerstroms bzw. die Messung des Ankerstroms kann auch über eine Messung des Drehmoments vom Elektromotor erfolgen, der die Verstellvorrichtung antreibt. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Soll-Verdrehwinkel φ_s vorgegeben, der die Position bzw. Phasenlage zwischen Nocken- und Kurbelwelle beschreibt. Abhängig von diesem Winkel φ_s wird die Drehzahl bzw. die Winkelgeschwindigkeit ω_s für den Elektromotor vorgegeben. Die Winkelgeschwindigkeit wiederum wird bestimmt durch das Drehmoment des Elektromotors. Dieses Drehmoment M_L bzw. der entsprechende Strom wird gemessen und zurückgeführt und dort mit dem entsprechenden Sollwert M_s verglichen. Stimmen die Werte nicht überein wird entsprechend nachgeregelt. Gleichzeitig wird auch der übergeordnete Istwert ω der Winkelgeschwindigkeit erfasst und dann zum Vergleich mit seinem Sollwert ω_s zurückgeführt. Bei Diskrepanz wird auch hier entsprechend nachgeregelt. Letztendlich wird dann auch die aktuelle Phasenlage φ ermittelt, zurückgeführt und an den Sollwert φ_s angepasst.

[0013] Figur 3 zeigt eine Verstellvorrichtung mit einer Zustandsregelung. Mittels der Zustandsregelung wird die Dynamik des Regelsystems weitgehend festgelegt, da die die Dynamik bestimmenden Zustände direkt in die Regelung eingehen. Ist der zu bestimmende Zustand nicht direkt messbar kann er mittels eines Zustandsbeobachters bzw. einer Zustandsgleichung berechnet werden.

Hierbei wird ein zeitabhängiger Eingangswert $w(t)$ in einem Vorfilter 5 eingespeist. Der Vorfilter generiert daraus einen Ausgangswert $u_w(t)$, der zusammen mit einem Wert $u_r(t)$, der von einem Zustandsregler 6 erzeugt wird, einen Eingangswert $u(t)$ für die Zustandsdifferentialgleichung 7 bildet. Ferner wird der Zustandsdifferentialgleichung 7 der Zustandswert $x(t_0)$ zum Zeitpunkt t_0 zugeführt. Aus diesen Werten berechnet die Zustandsdifferentialgleichung 7 den Zustand $x(t)$. Dieser Zustand kann direkt oder indirekt über eine Messeinrichtung 8 gemessen werden, wobei mit diesem Messwert der Zustandsregler 6 beeinflusst werden kann, der wiederum den Eingangswert $u(t)$ für die Zustandsdifferentialgleichung 7 beeinflusst. Zusätzlich kann der Zustandswert $x(t)$ zur weiteren Verarbeitung einer Ausgangsgleichung 9 zugeführt werden, die dann einen Ausgangswert $y(t)$ für die Regelstrecke 10 erzeugt. Bei dem dargestellten Regelkreis wird die Regelstrecke 10 von der Zustandsdifferentialgleichung 7 und der Ausgangsgleichung 9 gebildet, welche die Regelgröße erzeugen. Die Regeleinrichtung 11, welche die Regelgröße regelt wird im wesentlichen von der Messeinrichtung 8 und dem Zustandsregler 6 gebildet. Im Anwendungsbeispiel beinhaltet die Regeleinrichtung 11 auch den Vorfilter 5.

[0014] All diese Ausführungsbeispiele lassen sich auf in beliebiger Weise miteinander kombinieren.

Patentansprüche

1. Elektronisch angetriebene mechanische Verstellvorrichtung zum Verstellen der Phasenlage (φ) zwischen einer Nockenwelle und einer Kurbelwelle, wobei der Versteller Bestandteil eines elektronischen Regelkreises ist, der die gewünschte Phasenlage (φ) zwischen Nocken- und Kurbelwelle automatisch einstellt und der Regelkreis mindestens eine Schleife beinhaltet, bei der ein Ausgangswert an den Eingang zurückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regelkreis, in dem die Verstellvorrichtung angeordnet ist, eine Zustandsregelung (10, 11) beinhaltet.
2. Verstellvorrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektronische Regelkreis eine Störgrößenkompensation (2) beinhaltet.
3. Verstellvorrichtung nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektronische Regelkreis mehrere parallel kaskadiert angeordnete Regelschleifen beinhaltet, wobei mindestens eine Regelschleife von einer anderen überlagert wird.

Claims

1. Electronically driven mechanical adjustment device for adjusting the phase position (φ) between a camshaft and a crankshaft, wherein the actuator is part of an electronic control circuit, which automatically adjusts the required phase position (φ) between camshaft and crankshaft, and the control circuit includes at least one loop, in which an output value is fed back to the input, **characterized in that** the control circuit in which the adjustment device is arranged, includes a state regulator (10, 11).
2. Adjustment device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the electronic control circuit includes disturbance compensation (2).
3. Adjustment device according to Patent Claim 1, **characterized in that** the electronic control circuit includes several cascaded control loops arranged in parallel, wherein at least one control loop is overlaid by another.

Revendications

1. Dispositif mécanique de réglage à commande électronique pour le réglage de la position de phase (φ) entre un arbre à cames et un vilebrequin, dans lequel l'organe de réglage fait partie d'un circuit de régulation électronique, qui règle automatiquement la position de phase (φ) souhaitée entre l'arbre à cames et le vilebrequin et le circuit de régulation comprend au moins une boucle, dans laquelle une valeur de sortie est renvoyée à l'entrée, **caractérisé en ce que** le circuit de régulation, dans lequel le dispositif de réglage est disposé, comprend une régulation d'état (10, 11).
2. Dispositif de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit de régulation électronique comprend une compensation de grandeurs perturbatrices (2).
3. Dispositif de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le circuit de régulation électronique comprend plusieurs boucles de régulation disposées en cascade en parallèle, dans lequel au moins une boucle de régulation est soumise à une autre boucle superposée.

