



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **103 15 317.9**  
(22) Anmeldetag: **04.04.2003**  
(43) Offenlegungstag: **18.03.2004**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **22.06.2017**

(51) Int Cl.: **F01L 1/352 (2006.01)**  
**F16D 3/10 (2006.01)**  
**F01L 1/344 (2006.01)**

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

(66) Innere Priorität:  
**102 42 660.0**      **13.09.2002**

(73) Patentinhaber:  
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074 Herzogenaurach, DE**

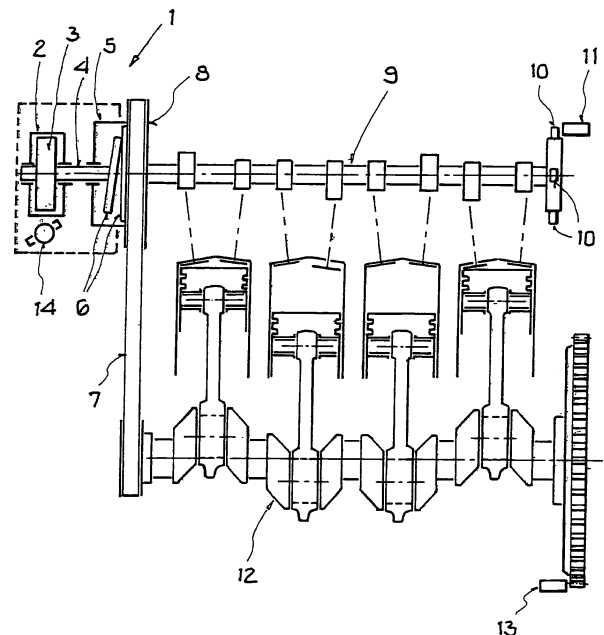
(72) Erfinder:  
**Neubauer, Dirk, Dipl.-Ing., 58769 Nachrodt-Wiblingwerde, DE; Wilke, Markus, Dr.-Ing., 45134 Essen, DE**

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	44 40 656	A1
DE	100 13 877	A1
DE	100 38 354	A1
DE	101 48 059	A1
US	5 715 780	A
US	3 978 829	A
JP	H07- 324 607	A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer Phasenverstellvorrichtung und Phasenverstellvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Verstellen der Phase zwischen einer Nockenwelle (9) und einer Kurbelwelle (12) mittels einer Phasenverstellvorrichtung (1), wobei die Phasenverstellvorrichtung (1) einen Antrieb (2) mit einer Antriebswelle (4), ein Getriebe (5) und eine Sensorvorrichtung (14, 15, 16, 17, 18, 19) zur Erfassung der Drehzahl oder der Position einer Komponente (2, 3, 4, 5, 6) der Phasenverstellvorrichtung (1) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensorvorrichtung (14, 15, 16, 17, 18, 19) die Drehzahl oder Position einer Komponente (3, 4, 6) misst, deren Drehzahl während der Verstellung durch die Übersetzung des Getriebes (5) um ein Vielfaches höher ist als die der Nockenwelle (9).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Phasenverstellvorrichtung zum Verstellen des Drehwinkels einer Nockenwelle gegenüber dem Drehwinkel einer Kurbelwelle.

**[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  $720^\circ$  Kurbelwellendrehwinkel  $\varphi_K$  in  $360^\circ$  Nockenwellendrehwinkel  $\varphi_N$  umgesetzt werden. Das Verhältnis der beiden Drehwinkel ist durch diese Kopplung konstant. In den meisten Anwendungen ergibt diese feste Kopplung zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle ein Verhältnis von:

$$\frac{\varphi_N(t)}{\varphi_K(t)} = 1$$

$$\varphi_K(t) = 2 \varphi_N(t)$$

**[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 Kurbelwelle verändert werden kann und dadurch die Phase zwischen den beiden Wellen verstellt wird.

### Stand der Technik

**[0004]** In der DE 100 38 354 A1 sind zur Sensierung der Phasenverstellung an der Nockenwelle und der Kurbelwelle oder am Nockenwellenrad Sensorvorrichtungen angebracht, welche die Ist-Position der Nockenwelle gegenüber der Ist-Position der Kurbelwelle oder des Nockenwellenrades sensieren, wodurch die Positionen oder auch die Drehzahlen der Wellen ermittelt werden können. Eine solche Sensorvorrichtung kann dabei z. B. durch berührungsfrei arbeitende Hall-Sensoren realisiert werden.

**[0005]** Nachteilig bei einem solchen Aufbau ist es, dass diskrete Winkelmarken an der Nockenwelle und Kurbelwelle angebracht werden müssen, die dann von den Sensoren abgetastet werden können. Die Anzahl dieser Winkelmarken an der Nockenwelle ist abhängig von der Zylinderzahl bzw. dem periodischen Nockenwellen-Wechselmoment. Weil nicht beliebig viele Winkelmarken an der Nockenwelle angebracht werden können, ist die Messgenauigkeit der Positionserfassung abhängig vom Abstand zwei-

er benachbarter Winkelmarken. Je länger der Zeitraum ist, der für die Sensierung zweier benachbarter Winkelmarken benötigt wird, desto ungenauer ist das Messergebnis, das heißt die Phasenverstellung kann nicht exakt ermittelt werden.

**[0006]** Eine ähnliche Messung wird in US 5 715 780 A vorgenommen, bei dem die Übereinstimmung von Zahnflanken mit Zahnlücken eines Triggerrades zur Positionsbestimmung genutzt wird. In US 3 978 829 A1 sind mehrere Sensorelemente zwischen zwei Scheiben vorgesehen, die fest mit dem Kettenrad bzw. mit der Nockenwelle verbunden sind. Bei geringer Relativdrehzahl der Wellen ist die Auflösung ebenfalls unzureichend.

### Aufgabenstellung

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Phasenverstellvorrichtung aufzuzeigen, die auch bei niedrigen Drehzahlen oder sogar bei Stillstand der Kurbelwelle einen genauen Messwert für die Phasenverstellung ermittelt und somit die Phasenverstellung auch im unteren Drehzahlbereich auf den gewünschten Wert regeln kann.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale im Patentanspruch 1 gelöst, hierbei werden zusätzliche Sensoren direkt an oder in der Phasenverstellvorrichtung angebracht, wobei die Phasenverstellvorrichtung einen Antrieb und ein Getriebe umfasst, das eine hohe Übersetzung gegenüber der Nockenwelle aufweist, wobei eine hohe Übersetzung bedeutet, dass die Drehzahl von dem sensierten Teil der Phasenverstellvorrichtung zumindest während der Verstellung je nach Verstellrichtung um ein Vielfaches größer oder kleiner ist als die Drehzahl der Nockenwelle.

**[0009]** Die Vorteile der Erfindung bestehen darin, dass eine höhere Auflösung bezüglich der Position der Nockenwelle erreicht werden kann, da einzelne mechanische Komponenten des Phasenverstellers zumindest bei der Verstellung je nach Verstellrichtung eine höhere oder niedrigere Verstelldrehzahl aufweisen als die Drehzahl der Nockenwelle. Die Sensoren für solche Phasenverstellvorrichtungen sind einfach und kostengünstig integrierbar. Ein solcher Aufbau weist eine höhere Güte bei der Messung der Phasenverstellung auf. Mit solchen Phasenverstellvorrichtungen lassen sich auch Brennkraftmaschinen bei niedriger Drehzahl bzw. aus dem Stand exakt regeln.

**[0010]** Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen. Hierbei kann der Sensor am Phasenversteller entweder die Position des Elektromotor-Rotors oder aber die Stellung eines Getriebeteils, das bei Verstellung im Vergleich zur Nockenwelle aufgrund der Übersetzung eine unterschied-

liche Drehzahl aufweist, erfassen. Bei der Bestimmung der Position des Elektromotor-Rotors erweisen sich Inkrementalsensoren als besonders vorteilhaft, die sowohl extern am Motor angebracht werden können oder aber bei manchen Elektromotoren bereits beispielsweise als Hall-Sensor integriert sind. Alternativ, das heißt ohne diskrete Sensorik, können auch durch die Messung elektrischer Größen des laufenden Elektromotors, insbesondere die Gegeninduktionsspannung, Rückschlüsse auf die Position des Rotors erfolgen.

#### Ausführungsbeispiel

**[0011]** Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Figuren näher erläutert werden. Es zeigen:

**[0012]** Fig. 1: Nockenwelle mit Phasenverstellvorrichtung;

**[0013]** Fig. 2: Phasenverstellvorrichtung mit Inkrementalsensor am Rotor eines Elektromotors;

**[0014]** Fig. 3: Phasenverstellvorrichtung mit Inkrementalsensor an der Antriebsachse eines Elektromotors;

**[0015]** Fig. 4: Phasenverstellvorrichtung mit Inkrementalsensor an einem Getriebeteil;

**[0016]** Fig. 5: Phasenverstellvorrichtung mit Spannungsmesser am Elektromotor.

**[0017]** Fig. 1 zeigt eine Nockenwelle **9** mit einer Phasenverstellvorrichtung **1**. Hierbei treibt die Kurbelwelle **12** über einen Primärtrieb **7** das Nockenwellenrad **8** an. Hierbei wird die jeweilige Position oder Drehzahl der Kurbelwelle **12** mit einem Sensor **13** erfasst. Diese Positionsinformation wird an eine nicht abgebildete Steuereinheit weitergeleitet und zur weiteren Bearbeitung bereitgestellt.

**[0018]** Die Kurbelwelle **12** treibt über den Primärtrieb **7** und dem damit gekoppelten Nockenwellenrad **8** die Nockenwelle **9** an. Auch die Position oder Drehzahl der Nockenwelle **9** wird mit Hilfe eines Sensors **11** erfasst. Hierfür sind an der Nockenwelle im Anwendungsbeispiel vier Nockenwellenmarkierungen **10** angebracht, so dass bei bekannter Drehzahl der Kurbelwelle z. B. die Zeit gemessen werden kann, die zwischen der Sensierung einer Kurbelwellenmarkierung und einer Nockenwellenmarkierung vergangen ist. Diese Zeitspanne kann in einer nicht abgebildeten Signalverarbeitung zu einem Phasenverstellwinkel verrechnet werden, der die Phasenverstellung zwischen der Nockenwelle **9** und der Kurbelwelle **12** darstellt, die vom Phasenversteller **1** verursacht wird.

**[0019]** Bei niedrigen Drehzahlen bzw. Stillstand der Kurbelwelle **12** ist der Zeitraum zwischen der Erfassung einer Kurbelwellenmarkierung und einer Nockenwellenmarkierung **10** zu groß. Allein mit dem Nockenwellensensor **11** und dem Kurbelwellensensor **13** kann bei niedrigen Drehzahlen die Phasenverstellung nicht oder nur sehr ungenau ermittelt werden. Aus diesem Grund befindet sich am Phasenversteller **1** mindestens eine weitere Sensorvorrichtung **14**, die verschiedene Positionen oder Drehzahlen von sich bewegenden, insbesondere rotierenden oder taumelnden, Komponenten **3, 4, 6** im Phasenversteller erfassen kann. Dieser Phasenversteller **1** kann hierbei auf das Nockenwellenrad **8** oder direkt auf die Nockenwelle **9** einwirken, so dass sie gegenüber dem Primärtrieb **7** und damit auch der Kurbelwelle **12** beschleunigt oder verzögert wird. Soll der Phasenversteller **1** keinen Einfluss auf die Nockenwelle **9** haben, so passt er sich der Bewegung des Nockenwellenrades **8** an.

**[0020]** Der hier dargestellte Phasenversteller **1** beinhaltet einen Antrieb **2, 4** und ein Getriebe **5**, wobei das Getriebe durch den Elektromotor **2** über eine Antriebswelle **4** bewegt wird. Dieses Getriebe **5** wirkt auf das Nockenwellenrad **8** bzw. die Nockenwelle **9** ein. Die Drehzahl der Komponenten **3, 4, 6** am Elektromotor **2** und im Getriebe **5** des Phasenverstellers **1** sind proportional zu der Nockenwellendrehzahl. Das heißt, verändert eine Komponente des Phasenverstellers **1** seine Position, so wird auch die Position der Nockenwelle **9** in vorgegebener Weise verändert. Jedoch sind auf der Seite des Phasenverstellers **1** die Drehzahlen zumindest bei der Verstellung abhängig von der Verstellrichtung wesentlich höher oder geringer als die Drehzahl der Nockenwelle **9**.

**[0021]** Bei einem Phasenversteller **1** mit Taumelscheibengetrieben ist die relative Drehzahl des Elektromotors **2** während der Verstellung etwa 60 mal höher als die Verstelldrehzahl der Nockenwelle **9**. Erfasst man die Anzahl der Drehungen im Phasenversteller **1**, so kann man auch bei niedrigen Drehzahlen der Kurbelwelle **12** die Position der Nockenwelle **9** ermitteln, da dann die hohe Übersetzung (im Anwendungsbeispiel 60:1) eine Feinmessung der relativen Verstellung der Nockenwelle erlaubt.

**[0022]** Eine Bestimmung der Phasenverstellung zwischen der Nockenwelle **9** und der Kurbelwelle **12** kann beispielsweise wie folgt vonstatten gehen:

- Aus den Kurbelwellensignalen, die entstehen, wenn die nicht dargestellten Kurbelwellenmarkierungen vom Sensor erfasst werden, wird die aktuelle Drehzahl der Kurbelwelle **12** errechnet.
- Aus der Kurbelwellendrehzahl wird die Drehzahl des Nockenwellenrades **8** berechnet.
- Mittels des Phasenverstellvorrichtungssensors **14** wird die Drehzahl einer Komponente **3, 4, 6** der Phasenverstellung **1** ermittelt, mit der auch

der Verdrehwinkel dieser Komponente als Absolut- oder Relativwert berechnet wird.

– Aus den Drehzahlen bzw. den Verdrehwinkeln einer Komponente **3**, **4**, **6** der Phasenverstellvorrichtung **1** und dem Primärtrieb **7** wird die relative Verdrehung zwischen dieser Komponente **3**, **4**, **6** und dem Primärtrieb **7** berechnet.

– Mittels der Übersetzung der Phasenverstellvorrichtung ist der Zusammenhang zwischen: der relativen Verdrehung zwischen einer Komponente **3**, **4**, **6** der Phasenverstellvorrichtung **1** und dem Primärtrieb **7** und damit auch der Kurbelwelle **12** bekannt, damit ist auch die relative Verdrehung der Nockenwelle **9** gegenüber dem Primärtrieb **7** und damit auch gegenüber der Kurbelwelle **12** bekannt, wobei sich ein erster Istwinkel aus der aktuellen Phasenlage der Nockenwelle **9** gegenüber der Kurbelwelle **12** ergibt.

– Dieser erste Istwinkel wird nun mit dem Istwinkel des Sensorsystems aus Nocken- und Kurbelwellen-Sensor **11**, **13**, die einen zweiten Istwinkel bilden, abgeglichen; dies erfolgt vorzugsweise dann, wenn der zweite Istwinkel aufgrund einer entsprechend hohen Kurbelwellen-Drehzahl eine ausreichende Güte besitzt.

**[0023]** Im Bereich sehr kleiner Kurbelwellendrehzahlen und im Stillstand kann die Phasenverstellung gemessen werden, indem:

– der Phasenversteller **1** in eine Position gebracht wird, die als Referenzmarke dient (hierfür eignen sich besonders die Endanschläge des Phasenverstellers **1**)

– dann erfolgen die Istwinkelbestimmung und die Regelung der Phasenlage allein auf Basis des ersten Istwinkels.

– Steigen die Kurbelwellendrehzahlen wieder an, erfolgt wieder der Abgleich mit dem zweiten Istwinkel.

**[0024]** Solche Sensorvorrichtung **14** zur Erfassung der Position einer Komponente **3**, **4**, **6** des Phasenverstellers kann, wie in **Fig. 2** gezeigt, einen Inkrementalsensor **19** aufweisen, der z. B. über Markierungen **15** am Rotor **3** des Elektromotors **2** die Bewegung des Phasenverstellers **1** erfasst. Hierbei werden zumindest die Anzahl der Drehungen des Rotors **3** erfasst. Gleichfalls können, im Falle mehrerer Markierungen **15** auf dem Rotor **3** auch die Position des Rotors **3** während einer Umdrehung genauer spezifiziert werden. Ist die Übersetzung zwischen dem Rotor **3** und der Nockenwelle **9** bekannt und beträgt diese z. B. 60:1 kann die Position der Nockenwelle auch bei niedrigen Drehzahlen oder im Stillstand auf ca. 1/60 innerhalb einer Umdrehung der Nockenwelle **9** bestimmt werden.

**[0025]** Als Beispiel für einen Inkrementalsensor **19** ist ein Hallsensor zu nennen, der beispielsweise bereits im Elektromotor **2** integriert sein kann. Auch ex-

terne Sensoren z. B. in Form von Lichtschranken können für die Messungen verwendet werden. Auch diese können auf einfache Weise Markierungen **15** sensieren, die eine Umdrehung oder eine bestimmte Position anzeigen.

**[0026]** Ein solcher Inkrementalsensor **19** kann auch alternativ, wie in **Fig. 3** dargestellt, an der Antriebswelle **4** zwischen dem Elektromotor **2** und dem Getriebe **5** oder direkt an einem Getriebeteil **6** wie in **Fig. 4** dargestellt angebracht sein. Hierfür weisen dann die entsprechenden Teile gleichfalls Markierungen **16**, **17** auf, die der entsprechende Sensor **19** vermessen kann.

**[0027]** Wichtig bei derartigen Phasenverstellvorrichtungen **1** ist nur, dass bedingt durch die Getriebeübersetzung, ein Teil **3**, **4**, **6** der Phasenverstellvorrichtung **1**, dessen Drehzahl oder Position gemessen wird, zumindest während der Verstellung je nach Verstellrichtung eine höhere oder geringere Drehzahl als die Drehzahl der Nockenwelle **9** aufweist.

**[0028]** In **Fig. 5** wird gezeigt, dass auch ohne diskrete Sensorik die Position eines rotierenden Teiles **3** der Phasenverstellvorrichtung **1** ermittelt werden kann. Dies erfolgt beispielsweise, indem bei elektronisch kommutierten Gleichstrommotoren die Gegeninduktionsspannung der nicht stromdurchflossenen Spule gemessen wird. Mit diesem Wert kann dann die Drehzahl bzw. die Position des Rotors **3** im Elektromotor **2** zensiert werden. Hierfür ist ein Sensor **18** zur Messung einer elektrischen Größe, insbesondere der Gegeninduktionsspannung in der Phasenverstellvorrichtung **1** angebracht.

**[0029]** Für eine solche Phasenverstellvorrichtung eignen sich auch alle anderen Sensortypen und Messverfahren, mit denen die Drehzahl bzw. Position einer Komponente des Phasenverstellers ermittelt werden kann.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Phasenverstellvorrichtung
<b>2</b>	Antrieb
<b>3</b>	Elektromotorrotor
<b>4</b>	Antriebswelle
<b>5</b>	Getriebe
<b>6</b>	Komponente des Phasenverstellers
<b>7</b>	Primärtrieb
<b>8</b>	Nockenwellenrad
<b>9</b>	Nockenwelle
<b>10</b>	Nockenwellenmarkierung
<b>11</b>	Nockenwellensensor
<b>12</b>	Kurbelwelle
<b>13</b>	Kurbelwellensensor
<b>14</b>	Phasenverstellvorrichtungssensor
<b>15</b>	Markierung am Rotor

- 16 Markierung an der Antriebswelle
- 17 Markierung am Getriebe
- 18 Sensorvorrichtung
- 19 Inkrementalsensor

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verstellen der Phase zwischen einer Nockenwelle (9) und einer Kurbelwelle (12) mittels einer Phasenverstellvorrichtung (1), wobei die Phasenverstellvorrichtung (1) einen Antrieb (2) mit einer Antriebswelle (4), ein Getriebe (5) und eine Sensorvorrichtung (14, 15, 16, 17, 18, 19) zur Erfassung der Drehzahl oder der Position einer Komponente (2, 3, 4, 5, 6) der Phasenverstellvorrichtung (1) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorvorrichtung (14, 15, 16, 17, 18, 19) die Drehzahl oder Position einer Komponente (3, 4, 6) misst, deren Drehzahl während der Verstellung durch die Übersetzung des Getriebes (5) um ein Vielfaches höher ist als die der Nockenwelle (9).

2. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus Relativdrehzahlen oder Relativdrehwinkeln zwischen der Kurbelwelle (12) und der Phasenverstellvorrichtung (1) unter Berücksichtigung der Übersetzung Verdrehungen der Nockenwelle (9) im Bezug zur Kurbelwelle (12) berechnet werden.

3. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Winkelabgleich zwischen der Sensorik an der Phasenverstellvorrichtung (1) und der Nockenwelle (9) stattfindet.

4. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei der Antrieb (2) ein Elektromotor ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorvorrichtung einen Inkrementalsensor (19) umfasst, der die Bewegung des Elektromotorrotors (3) erfasst.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorvorrichtung einen Inkrementalsensor (19) umfasst, der die Bewegung der Antriebswelle (4) oder eines Getriebeteils (6) im Getriebe (5) erfasst.

6. Verfahren nach Patentanspruch 1, wobei der Antrieb (2) ein Elektromotor ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sensorvorrichtung einen Sensor (18) zur Messung einer elektrischen Größe umfasst, mit der die Drehzahl des Elektromotors (2) bestimmt wird.

7. Verfahren nach Patentanspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der Sensorvorrichtung (18) gemessene elektrische Größe die Gegeninduktionsspannung der stromlosen Spule des Elektromotors ist.

8. Phasenverstellvorrichtung (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Phasenverstellvorrichtung (1) nach Patentanspruch 8 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Inkrementalsensor (19) ein Hall-Sensor ist.

10. Phasenverstellvorrichtung (1) nach Patentanspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hall-Sensor im als Elektromotor ausgebildeten Antrieb (2) integriert ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

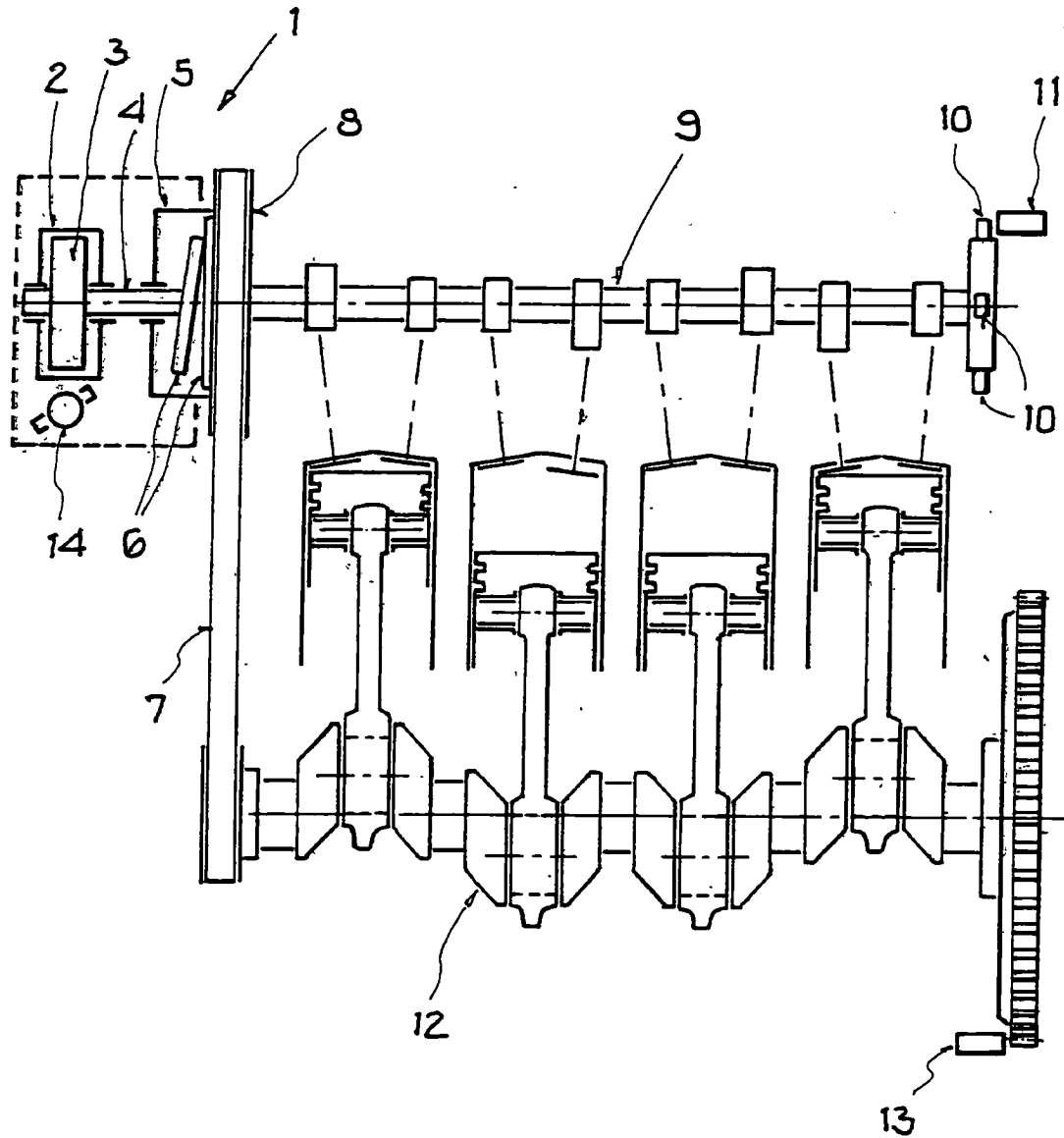


FIG.1

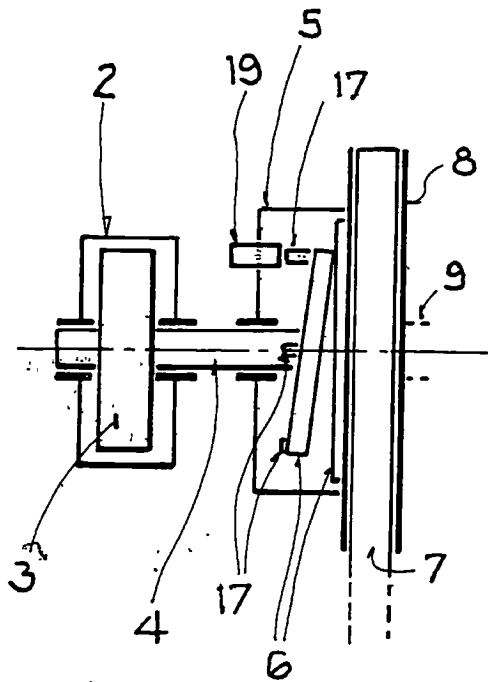
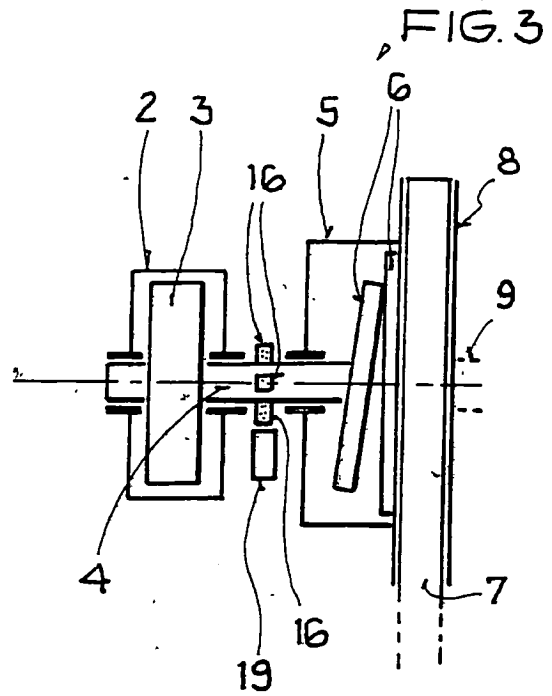
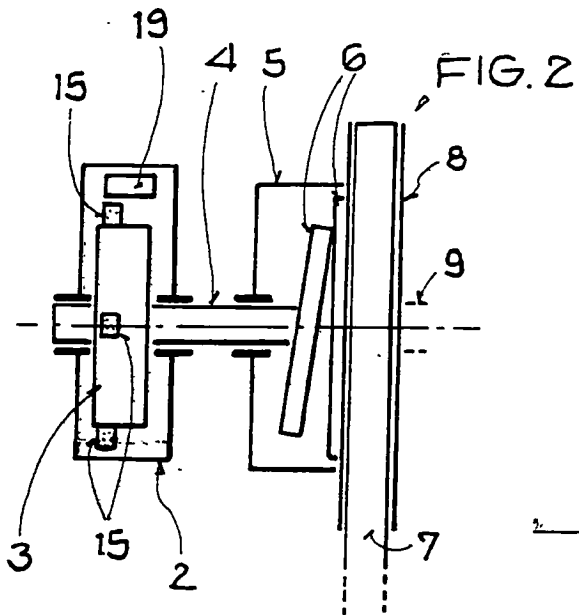


FIG. 4

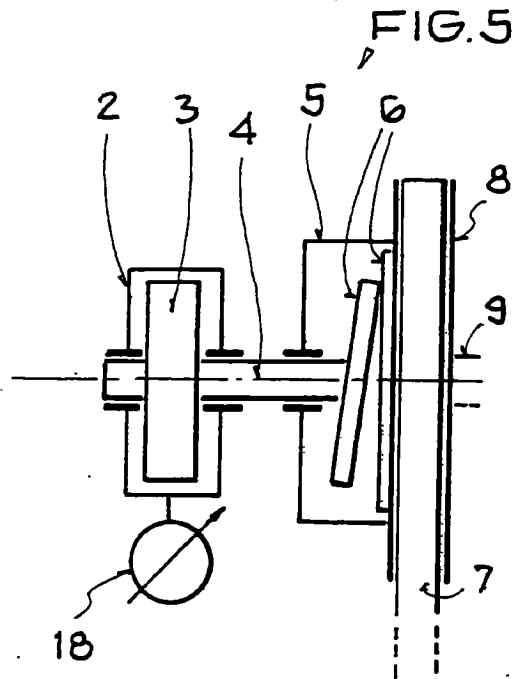


FIG. 5