



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 07 308 T2 2006.03.30**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 221 540 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 07 308.1**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 250 081.3**

(96) Europäischer Anmeldetag: **07.01.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **30.03.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01L 1/344 (2006.01)**

**F01L 1/34 (2006.01)**

**F16D 3/10 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**260309 P            08.01.2001    US**

**918629             31.07.2001    US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, IT**

(73) Patentinhaber:

**BorgWarner Inc., Auburn Hills, Mich., US**

(72) Erfinder:

**Smith, Frank, Cortland, New York 13045, US; Wing, Brame, Ithaca, New York 14850, US; Gardner, Marty, Dryden, US; Duffield, Michael C., Medina, US**

(74) Vertreter:

**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **Mehrmoden Steuerung für variable Nockenwellenstelleinrichtung**

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).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf eine Brennkraftmaschine, die ein Steuersystem zum Steuern des Betriebs eines Mechanismus für eine variable Nockenwellen-Zeitabstimmung (Variable Camshaft Timing VCT) des Typs besitzt, bei dem die Position einer Nockenwelle umfangsmäßig relativ zu der Position einer Kurbelwelle variiert wird. Genauer gesagt bezieht sich diese Erfindung auf Steuersysteme zum Betreiben von VCT-Vorrichtungen in Abhängigkeit eines Fluids unter kontinuierlichem Druck und eines Fluids unter einem Pulsieren, um wahlweise die Position der Nockenwelle vorzulegen, zu verzögern oder beizubehalten.

**[0002]** Es ist bekannt, dass die Funktionsweise einer Brennkraftmaschine unter Verwendung von zwei oben liegenden Nockenwellen verbessert werden kann, wobei eine die Einlassventile der verschiedenen Zylinder des Motors betätigt und die andere die Auslassventile betätigt. Typischerweise wird eine dieser Nockenwellen durch die Kurbelwelle des Motors angetrieben und zwar über ein Kettenrad und einen Kettenantrieb oder einen Riemenantrieb, und die andere der Nockenwellen wird durch die erste über ein zweites Kettenrad und einen Kettenantrieb oder einen zweiten Riemenantrieb angetrieben. Alternativ können beide Nockenwellen durch einen einzelnen, durch die Kurbelwelle angetriebenen Kettenantrieb oder einen Riemenantrieb angetrieben werden. Es ist auch bekannt, dass die Funktionsweise einer Brennkraftmaschine, die zwei oben liegende Nockenwellen, oder auch eine einzelne Nockenwelle, besitzt, durch Ändern der positionsmäßigen Beziehung einer Nockenwelle relativ zu der Kurbelwelle verbessert werden kann.

**[0003]** Es ist auch bekannt, dass die Motorleistung in einem Motor, der eine oder mehrere Nockenwelle(n) besitzt, durch Variieren der Nockenwellen-Zeitabstimmung, insbesondere im Hinblick auf eine Leerlaufqualität, eine Kraftstoffökonomie, auf verringerte Emissionen oder ein erhöhtes Drehmoment, verbessert werden kann. Zum Beispiel kann die Nockenwelle für ein verzögertes Schließen der Einlassventile unter einem Leerlauf zu Stabilitätszwecken und bei hoher Motorgeschwindigkeit für einen erhöhten Abtrieb "verzögert" werden. In ähnlicher Weise kann die Nockenwelle für ein vorzeitiges Schließen der Einlassventile während eines Betriebs im mittleren Bereich "vorverlegt" werden, um eine höhere, volumenmäßige Effektivität mit entsprechend höheren Drehmomentniveaus zu erreichen. In einem Motor mit zwei oben liegenden Nockenwellen wird eine Spätverstellung oder eine Frühverstellung der Nockenwelle durch Ändern der positionsmäßigen Beziehung einer der Nockenwellen vorgenommen, gewöhnlich der Nockenwelle, die die Einlassventile des Motors betätigt, relativ zu der anderen Nockenwelle und der

Kurbelwelle. Dementsprechend variiert eine Spätverstellung oder eine Frühverstellung der Nockenwelle die Zeitabstimmung des Motors im Hinblick auf den Betrieb der Einlassventile relativ zu den Auslassventilen oder, im Hinblick auf den Betrieb der Ventile, relativ zu der Position der Kurbelwelle.

**[0004]** Es ist eine Vielzahl von VCT-Anordnungen vorhanden, die Betätigungskomponenten benutzen, die Kolben-Zylinder-Vorrichtungen, Naben, Flügel mit einzelnen Nocken und Flügel mit gegenüberliegenden Nocken verwenden. Ähnlich sind dabei mindestens drei bestimmte Arten einer VCT-Betätigung in dem Stand der Technik vorhanden. Die erste Art wird hier als öldruckbetätigtes (Oil Pressure Actuated – OPA) VCT bezeichnet. Das OPA System umfasst ein VCT, das auf ein Fluid unter einem kontinuierlichen Druck, erzeugt durch eine Motorölpumpe, anspricht. Die zweite Art wird hier als ein über das Nockenwellendrehmoment betätigtes (Camshaft Torque Actuated – CTA) VCT bezeichnet. Das CTA System umfasst ein VCT, das auf Fluid unter Pulsieren, erzeugt durch Drehmomentimpulse in der Nockenwelle, anspricht. Die dritte Art wird hier als Multi-Mode-VCT bezeichnet. Das Multi-Mode-System umfasst ein VCT, das auf sowohl Fluid unter Druck als auch unter einem Pulsieren anspricht, um die Nockenwelle zu oszillieren.

**[0005]** Mit OPA-Vorrichtungen verwendet das VCT einen Fluidausgang einer Motorölpumpe, wobei die Betätigungsrate des VCT durch die verfügbare, hydraulische Leistung, zugeführt durch die Pumpe, begrenzt ist. Viele solcher VCT-Systeme setzen Hydrauliken ein, einschließlich einer Nabe, die mehrere, umfangsmäßig beabstandete Flügel besitzt, die innerhalb eines geschlossenen Gehäuses zusammenwirken, mit mehreren, umfangsmäßigen, gegenüberliegenden Wänden. Die Flügel und die Wände arbeiten so zusammen, um mehrere Fluidkammern zu definieren, und die Flügel unterteilen die Kammern in erste und zweite Abschnitte. Zum Beispiel lehrt das US-Patent Nr. 4,858,572 (Shirai et al.) die Verwendung eines solchen Systems zum Einstellen einer Winkelphasendifferenz zwischen einer Motorkurbelwelle und einer Motornockenwelle unter Verwendung eines Öldrucks von einer Pumpe. Shirai et al. offenbart Fluidkreise, die Absperrventile, ein Steuerventil und Federn und elektromagnetische Ventile haben. Fluid wird von dem ersten Abschnitt zu dem zweiten Abschnitt, oder vice versa, überführt, um dadurch die Flügel und die Nabe in Bezug auf das Gehäuse in einer Richtung oder der anderen zu oszillieren. Jede Verzweigung des Fluidströmungswegs läuft von einem Abschnitt zu dem anderen über einen Drainagefreiraum zwischen der Nabe und der Nockenwelle, zurück durch die Ölpumpe und dann durch das Steuerventil und ein Absperrventil. Das Absperrventil verhindert, dass Fluid von jedem Abschnitt zurück zu dem Steuerventil herausfließt.

**[0006]** Mit CTA Vorrichtungen verwendet das VCT die Energie von reaktiven Drehmomenten in der Nockenwelle, um das VCT hydraulisch über einen Absperrventil-Fluidkreis anzutreiben. Die Nockenwelle wird zyklisch Widerstandsdrehmomenten unterworfen, wenn die ansteigenden Profile der Nockenerhebungen die Ventile gegen die Wirkung der Ventilfe-  
 dern öffnen, und wird dann Antriebsdrehmomenten unterworfen, wenn die Ventilfe-  
 dern die Ventile schließen, um zu bewirken, dass sie entlang der sich absenkenden Profile der Nockenerhebungen folgen. Die alternierenden Widerstands- und Antriebsdrehmomente in der Nockenwelle gehen in ein leichtes Pulsieren in den Flügeln über. Dieses Pulsieren führt zu alternierenden Druckdifferenzialen über den Flügel, die alternierend das Fluid in der Frühverstellungs- und Spätverstellungs-Fluidkammer komprimieren. Um die Nockenwelle zu verzögern, wird ermöglicht, dass Fluid während des Pulsierens von der Frühverstellungskammer aus entweicht und zu der Spätverstellungskammer über eine Verzweigung eines Einwege-Fluidkreises fließt. Alternativ wird, um die Nockenwelle vorzustellen, Fluid ermöglicht, während des Pulsierens von der Spätverstellungskammer zu der Frühverstellungskammer über eine andere Verzweigung eines Einwege-Fluidkreises zu entweichen. Dementsprechend ändert das VCT die Phase durch Austauschen von Fluid von einer Fluidkammer zu der anderen unter Verwendung des Druckdifferenzials des Fluids in den Fluidkammern, um das Volumen einer Fluidkammer auf Kosten der anderen zu erhöhen.

**[0007]** Zum Beispiel lehrt das US-Patent 5,645,017 (Melchior) die Verwendung eines mittels Drehmomentimpuls betätigten VCT, um eine Phase einer Nockenwelle zu ändern. Das '017 Patent offenbart ein VCT vom Flügeltyp, das einen Flügel innerhalb eines Gehäuses besitzt, der gegenüberliegende, entgegengerichtete Kammern begrenzt, die durch zwei unidirektionale Kreise, die gegenüberliegende Strömungsrichtungen haben, miteinander verbunden sind. Ein Ventil kommuniziert mit den zwei unidirektionalen Kreisen, um so Fluid von einer entgegenwirkenden Kammer zu der anderen in Abhängigkeit von sich ändernden Druckdifferenzialen zwischen den entgegenwirkenden Kammern zu überführen, wobei die Druckdifferenziale nur von Drehmomentpuls in der Nockenwelle und dem Flügel resultieren.

**[0008]** In den Systemen, die vorstehend beschrieben sind, wird eine VCT-Betätigung in Abhängigkeit eines Drehmomentpulsierens in der Nockenwelle oder in Abhängigkeit eines Motoröldrucks von einer Motorölpumpe, allerdings nicht von beiden, vorgenommen. Dies stellt einen wesentlichen Nachteil dar.

**[0009]** Als Erstes sind Nachteile vorhanden, nur das mittels CTA angetriebene VCT zu verwenden. Die CTA-Vorrichtung besitzt ein wesentlich niedrigeres

Frequenzansprechverhalten als die OPA-Vorrichtung, sogar obwohl die potenzielle Betätigungsrate der CTA-Vorrichtung wesentlich höher als diejenige der OPA-Vorrichtung ist, und zwar auf Grund der größeren Menge an Energie in den Nockendrehmomenteingängen. Zum Beispiel arbeiten Reihen-Vierzylindermotoren typischerweise unter relativ hohen Geschwindigkeiten und erzeugen deshalb Drehmomentimpulse mit sehr hoher Frequenz, auf die CTA-Systeme nicht schnell genug ansprechen, um eine Betätigung des VCT zu bewirken. Demzufolge resultiert das relativ niedrige Frequenzansprechverhalten des CTA-Systems zu einem sehr starken Abfall in der CTA-Funktion bei den höheren Motorgeschwindigkeiten der Reihen-Vierzylindermotoren. Ähnlich zeigen Reihen-Sechszylindermotoren typischerweise Nockenwellendrehmomentimpulse mit niedriger Amplitude, die auch nicht ausreichend sind, um den VCT zu betätigen.

**[0010]** Im Gegensatz dazu haben die OPA-Systeme nahezu das entgegengesetzte Problem. Da die Betätigungsrate der OPA-Vorrichtung stark von einem Motoröldruck abhängt, arbeitet die Vorrichtung gut bei höheren Motorgeschwindigkeiten, wenn die Ölpumpe einen Überschuss eines Öldrucks erzeugt. Bei niedrigeren Motorgeschwindigkeiten, insbesondere dann, wenn der Motor warm läuft, leidet die Leistung, da die Ölpumpe einen relativ geringen Öldruck erzeugt.

**[0011]** Da die OPA-Vorrichtung gut bei hoher Geschwindigkeit arbeitet und das CTA gut bei niedrigeren Geschwindigkeiten arbeitet, wäre es vorteilhaft, beide Strategien und Anordnungen in eine Multi-Mode-VCT-Vorrichtung zu kombinieren und in der Lage zu sein, wahlweise zwischen den zwei unabhängig umzuschalten und/oder beide gleichzeitig zu verwenden. Zum Beispiel lehrt das US-Patent 5,657,725 (Butterfield et al.), das auf den Inhaber hier übertragen ist, die Verwendung eines Dual-Modus-VCT-Systems, um eine Phase einer Nockenwelle zu ändern. Das '725 Patent offenbart eine Dual-Modus-Vorrichtung, die auf Drehmomentimpulse und/oder einen Motorölpumpendruck für eine Betätigung anspricht. In dem '725 Patent ist eine VCT-Vorrichtung offenbart, die einen Flügel innerhalb eines Gehäuses besitzt, der gegenüberliegende Frühverstellungs- und Spätverstellungs-Kammern begrenzt, die über einen hydraulischen Kreis miteinander verbunden sind, der zwei Absperrventile und ein Steuer-ventil darin besitzt. Hierbei fließt Fluid von einer Kammer in die andere, über ein Absperrventil und dann über ein Steuerventil, und zwar in Abhängigkeit von ausreichend starken Drehmomentimpulsen in dem Flügel. Wenn keine ausreichend starken Impulse in dem Flügel vorhanden sind, fließt Fluid von der einen Kammer, nicht über das Absperrventil, sondern direkt über das Steuerventil zu einem Auslass. Gleichzeitig fließt das Aufbau-Fluid von der Motorölpumpe über

das Absperrventil sowohl direkt zu der anderen Kammer als auch indirekt zu der anderen Kammer, durch zyklisches Strömen, parallel durch das andere Absperrventil zurück durch das Steuerventil.

**[0012]** Während das '725 Patent eine wesentliche Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik offenbart, sind noch einige Nachteile vorhanden. Zum Beispiel ist das System nur ein solches mit zwei Positionen und ist nicht in der Lage, eine Position zwischen vollständig früh verstellten und vollständig spät verstellten Positionen beizubehalten. Zusätzlich verwendet das System einen relativ komplizierten Hydraulikkreis und ein Steuerventilsystem.

**[0013]** Die US-A-5367992, auf der der Oberbegriff des Anspruchs 1 basiert, offenbart eine variable Nockenwellen-Steuervorrichtung für einen Motor, die umfasst: ein Gehäuse mit einem Außenumfang zum Aufnehmen von Antriebskraft, einen Rotor zur Verbindung mit einer Nockenwelle, der sich coaxial in dem Gehäuse befindet, wobei das Gehäuse und der Rotor wenigstens einen Flügel aufweisen, der eine Vielzahl von Kammern trennt, wobei wenigstens eine Kammer eine Frühverstellungs-Kammer ist und eine andere Kammer eine Spätverstellungs-Kammer ist und der Flügel Drehung ausführen kann, um die relative Winkelposition des Gehäuses und des Rotors zu verschieben, ein Steuerkolbenventil, das einen Steuerkolben mit einer Vielzahl von Stegen umfasst, der verschiebbar in einer Bohrung in dem Rotor angebracht ist, wobei der Steuerkolben aus einer Frühverstellungs-Position über eine Halteposition an eine Spätverstellungs-Position verschoben werden kann, und das mit durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen verbunden ist, wobei sich in wenigstens einem der Kanäle ein Rückschlagventil befindet, so dass die Verschiebung der relativen Winkelposition des Gehäuses und des Rotors durch Nocken-Drehmoment betätigt wird.

**[0014]** Dementsprechend ist das, was benötigt wird, ein Multi-Mode-VCT-System, das in der Lage ist, eine Nockenwelle in Zwischenpositionen über den gesamten Geschwindigkeitsbereich eines Motors vorzustellen, spätzustellen und beizubehalten, und das relativ kostengünstige und nicht komplizierte Hydraulikkreise und Komponenten verwendet.

**[0015]** Dementsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine verbesserte variable Nockenwellen-Steuervorrichtung zum Ändern der Nockenwellen-Zeitabstimmung in einer Brennkraftmaschine zu schaffen.

**[0016]** Es ist eine andere Aufgabe, eine variable Nockenwellen-Steuervorrichtung für einen Multi-Mode zu schaffen, die in der Lage ist, in Abhängigkeit eines Fluids, das unter Druck steht, von einer Pumpe und von Fluid unter Pulsieren von alternierenden Nocken-

wellen-Drehmomenten, zu arbeiten.

**[0017]** Es ist eine noch andere Aufgabe, eine variable Nockenwellen-Steuervorrichtung für einen Multi-Mode zu schaffen, die in der Lage ist, eine Position irgendwo zwischen einer vollständig früh verstellten und einer vollständig spät verstellten Position über den gesamten Bereich einer Motorgeschwindigkeit beizubehalten, und die nicht notwendigerweise die Verwendung eines Steuerventils erfordert, sondern dies als eine Option aufweisen kann.

**[0018]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine variable Nockenwellen-Steuervorrichtung für einen Motor geschaffen, die umfasst: ein Gehäuse mit einem Außenumfang zum Aufnehmen von Antriebskraft, einen Rotor zur Verbindung mit einer Nockenwelle, der sich coaxial in dem Gehäuse befindet, wobei das Gehäuse und der Rotor wenigstens einen Flügel aufweisen, der eine Vielzahl von Kammern trennt, wobei wenigstens eine Kammer eine Frühverstellungs-Kammer ist und eine andere Kammer eine Spätverstellungs-Kammer ist und der Flügel Drehung ausführen kann, um die relative Winkelposition des Gehäuses und des Rotors zu verschieben, ein Steuerkolbenventil, das einen Steuerkolben mit einer Vielzahl von Stegen umfasst, der verschiebbar in einer Bohrung in dem Rotor angebracht ist, wobei der Steuerkolben aus einer Frühverstellungs-Position über eine Halteposition zu einer Spätverstellungs-Position verschoben werden kann, und das mit durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen verbunden ist, wobei sich in wenigstens einem der Kanäle ein Rückschlagventil befindet, so dass die Verschiebung der relativen Winkelposition des Gehäuses und des Rotors durch Nocken-Drehmoment betätigt wird, dadurch gekennzeichnet, dass: ein Ausstoßventil mit den durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen verbunden ist, wobei das Ausstoßventil einen Kolben, der radial in einem Ventilkanal in einer Nabe angeordnet ist, und eine Spannfeder umfasst, so dass, wenn sich das Ausstoßventil in der offenen Position befindet, die durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanäle in Fluidverbindung mit einer Wanne stehen und der Steuerungs-Öldruck Betätigung ausführt.

**[0019]** Der Ausdruck "Auslassventil" bzw. "Ausstoßventil", wie er vorstehend und nachfolgend verwendet wird, bezieht sich auf ein Ventil zum Ausstoßen oder Ablassen von Fluid von dem Steuerventil zu dem Sumpf.

**[0020]** Die vorliegende Erfindung umfasst eine variable Nockenwellen-Steuervorrichtung, die einen Impulsbetätigungskreis zum Oszillieren der variablen Nockenwellen-Steuervorrichtung auf ein Fluid, das unter einem Pulsieren steht, hin umfasst. Ein Druckbetätigungskreis ist zum Oszillieren der variablen Nockenwellen-Steuervorrichtung auf ein Fluid, das un-

ter Druck steht, hin vorhanden. Frühverstellungs- und Spätverstellungs-Ventile sind mit dem Impuls- und Druckbetätigungskreis für ein unabhängiges und gleichzeitiges Aktivieren der Impuls- und Druckbetätigungskreise vorhanden. Schließlich ist ein Ausstoßventil in einer Fluidverbindung mit den Impuls- und Druckbetätigungskreisen positioniert, wodurch die variable Nockenwellen-Steuervorrichtung unter Verwendung eines oder beider der Impulsbetätigungs- und Druckbetätigungskreise oszilliert werden kann, und kann in einer Position unter Verwendung von einem oder von beiden der Impulsbetätigungs- und Druckbetätigungskreise beibehalten werden.

**[0021]** Damit die Erfindung ausreichend verstanden wird, wird nun eine Ausführungsform davon, die anhand eines Beispiels angegeben wird, unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, in denen:

**[0022]** [Fig. 1](#) zeigt eine perspektivische Explosionsansicht einer VCT-Vorrichtung gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0023]** [Fig. 1A](#) zeigt eine Endansicht der Vorrichtung der [Fig. 1](#), in ihrem zusammengebauten Zustand;

**[0024]** [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Ansicht eines VCT-Steuersystems, das kein Teil der vorliegenden Erfindung ist, wobei das VCT eine Position beibehält;

**[0025]** [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Ansicht eines VCT-Steuersystems, das wiederum kein Teil der vorliegenden Erfindung ist, die ein alternatives Ventil darstellt, bei dem das VCT unter einer Nockendrehmomentbetätigung früh verstellt wird;

**[0026]** [Fig. 4](#) zeigt eine schematische Ansicht des VCT-Steuersystems der [Fig. 3](#), wobei das VCT unter einer Nockendrehmomentbetätigung spät verstellt wird;

**[0027]** [Fig. 5](#) zeigt eine schematische Ansicht eines VCT-Steuersystems, das kein Teil der vorliegenden Erfindung bildet, ein mittels Öldruck betätigtes Ausstoßventil darstellend, wobei das VCT unter einer Öldruckbetätigung früh verstellt wird;

**[0028]** [Fig. 6](#) zeigt eine schematische Ansicht eines VCT-Steuersystems, das kein Teil der vorliegenden Erfindung bildet, die ein elektrohydraulisch betätigtes Ausstoßventil darstellt, bei dem das VCT unter einer Öldruckbetätigung spät verstellt wird;

**[0029]** [Fig. 7](#) zeigt eine schematische Ansicht eines VCT-Steuersystems gemäß der vorliegenden Erfindung, wobei das VCT seine Position beibehält;

**[0030]** [Fig. 8](#) zeigt eine schematische Ansicht eines

anderen VCT-Steuersystems, das kein Teil der vorliegenden Erfindung bildet, das in einem CTA-Modus während einer Phasenverschiebung zu einer Frühverstellungsposition arbeitet;

**[0031]** [Fig. 9](#) zeigt eine Ansicht ähnlich zu [Fig. 8](#), während einer Phasenverschiebung zu einer Spätverstellungsposition;

**[0032]** [Fig. 10](#) zeigt eine Ansicht ähnlich zu den [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#), in der das VCT nicht so arbeitet, um eine Phase entweder zu einer Frühverstellungsposition oder zu einer Spätverstellungsposition zu verschieben;

**[0033]** [Fig. 11](#) zeigt eine schematische Ansicht der Ausführungsform eines VCT-Steuersystems der [Fig. 8–Fig. 10](#), in einem OPA-Modus, während einer Phasenverschiebung zu einer Frühverstellungsposition arbeitend;

**[0034]** [Fig. 12](#) zeigt eine Ansicht ähnlich zu [Fig. 11](#), während einer Phasenverschiebung zu einer Spätverstellungsposition; und

**[0035]** [Fig. 13](#) zeigt eine Ansicht ähnlich zu den [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#), wobei das VCT nicht so arbeitet, um eine Phase entweder zu einer Frühverstellungsposition oder zu einer Spätverstellungsposition zu verschieben.

**[0036]** Allgemein ist ein hydraulisches Steuersystem zum Variieren der Phase eines Drehelements relativ zu einem anderen Drehelement vorgesehen. Insbesondere schafft die vorliegende Erfindung ein variables Nockenwellen-Zeitsteuersystem (VCT) mit einem Multi-Mode, das durch, oder entsprechend zu, einem Motoröl, unter Druck von einer Pumpe gesetzt, und/oder von einem Motoröl unter Druckimpulsen, die als eine Folge des Drehmomentpulsierens vorhanden sind, das in einer sich drehenden Nockenwelle auftritt, angetrieben wird. Während die vorliegende Erfindung im Detail unter Bezugnahme auf Brennkraftmotoren beschrieben wird, ist das VCT-System auch gut in anderen Umgebungen geeignet, die hydraulische Steuervorrichtungen verwenden. Ähnlich ist das Fluid-Medium, das hier beschrieben ist, vorzugsweise Motoröl, allerdings kann irgendein anderes, hydraulisches Standard-Fluid verwendet werden. Dementsprechend ist die vorliegende Erfindung nicht nur auf Brennkraftmotoren eingeschränkt.

**[0037]** Unter Bezugnahme nun im Detail auf die Figuren ist in [Fig. 1](#) eine VCT-Vorrichtung **10** gemäß der bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt. Es ist vorgesehen, dass die VCT-Vorrichtung **10** unter Steuerung eines Motorsteuermoduls arbeitet, wie dies im Stand der Technik üblich ist. Die VCT-Vorrichtung **10** umfasst ein Ge-

häuse **12**, das Zahnradzähne **14**, umfangsmäßig angeordnet um dessen Umfang herum, besitzt. Das Gehäuse **12** umgibt eine Nabe **16**, um Fluidkammern **24** dazwischen zu definieren. Die Nabe **16** ist mechanisch mit einer Nockenwelle **26** verbunden, um zusammen damit drehbar zu sein, allerdings nicht in Bezug dazu zu oszillieren. Die Nabe **16** steht in einer Fluidverbindung mit der Nockenwelle **26** über Kanäle (nicht dargestellt), wie dies im Stand der Technik üblich ist. Die Nabe **16** umfasst umfangsmäßig beabstandete Erhebungen **18**, die sich radial nach außen erstrecken, um jede Fluidkammer **24** in Frühverstellungs- und Spätverstellungs-Kammern **24A** und **24R** zu unterteilen, wie dies in [Fig. 1A](#) dargestellt ist. Jede Erhebung **18** umfasst einen Schlitz **20** darin, um einen Flügel **22** aufzunehmen. Der Flügel **22** arbeitet mit der Innenseite des Gehäuses **12** zusammen, um die Frühverstellungs- und die Spätverstellungs-Kammern **24A** und **24R** so abzudichten, dass sie flüssigkeitsdicht voneinander getrennt sind.

**[0038]** Wie wiederum [Fig. 1](#) zeigt, wird die Anordnung, die die Nockenwelle **26** mit der Nabe **16** und dem Gehäuse **12** umfasst, dazu gebracht, sich durch Drehmoment, aufgebracht auf das Gehäuse **12** durch eine Endloskette (nicht dargestellt), zu drehen, so dass die Kettenradzähne **14** so eingreifen, dass eine Drehung auf die Endloskette durch eine sich drehende Nockenwelle (auch nicht dargestellt) aufgebracht wird. Die Verwendung eines Zahnsteuerriemens, um das Gehäuse **12** anzutreiben, ist auch vorgesehen. Eine Drehung wird wiederum von dem Gehäuse **12** auf die Nabe **16** über ein Fluid in den Fluidkammern **24A** und **24R** aufgebracht.

**[0039]** Die Nabe **16** kann umfangsmäßig in einer Position in Bezug auf das Gehäuse **12** spät verstellt oder früh verstellt werden. Deshalb dreht sich das Gehäuse **12** mit der Nockenwelle **26** und ist in Bezug auf die Nockenwelle **26** so oszillierbar, um die Phase der Nockenwelle **26** relativ zu der Kurbelwelle zu ändern. Die VCT-Hardware kann, im Gegensatz zu dem VCT **10**, als ein System von irgendeinem Aufbau sein, der ausreichend im Stand der Technik bekannt ist. Dementsprechend umfassen Beispiele von ausreichend bekannten VCT-Anordnungsaufbauten solche des gemeinsam übertragenen US-Patents 5,107,804 (Becker et al.) und des vorstehend angegebenen '725 Patents. Zusätzlich zu der VCT-Hardware ist eine Oszillations-Steueranordnung erforderlich, um die VCT-Vorrichtung **10** zu oszillieren und ist nachfolgend beschrieben.

**[0040]** Um das Hardware-Beispiel, dargestellt in [Fig. 1](#), zu ergänzen, stellt [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung der VCT-Vorrichtung **10** dar, die kein Teil der vorliegenden Erfindung darstellt. Es ist vorgesehen und ist ausreichend im Stand der Technik bekannt, dass die VCT-Steuersysteme Fluidkreise umfassen, die in die Hardware-Komponenten der

VCT-Vorrichtung **10** gebohrt oder in anderer Weise darin bearbeitet oder gebildet sind. Die exakte Stelle der Kanäle und Zwischenverbindungen eines solchen Fluidkreises sind nicht für die vorliegende Erfindung kritisch und sind deshalb nur schematisch dargestellt.

**[0041]** Strukturell kann das Steuersystem für die VCT-Vorrichtung **10** im Hinblick auf Kanäle, Ventile usw. beschrieben werden. Eine Fluiddruckquelle, wie beispielsweise eine Motorölpumpe **30**, ist einlaufseitig der Frühverstellungs- und Spätverstellungs-Kammern **24A** und **24R**, die durch die Ausbuchtung **18** getrennt sind, angeordnet und ist ausströmseitig damit verbunden. Die Motorölpumpe **30** umfasst eine Einlass-Seite **30I**, die mit einem Sumpf **32** des Motorölsystems in Verbindung steht, und umfasst eine gegenüberliegende Auslass-Seite **30O**, die Öl zu der Frühverstellungs- und Spätverstellungs-Kammer **24A** und **24R** zuführt. Der Sumpf **32** sammelt Öl von verschiedenen Teilen des Steuersystems, um die Kreise davon zu vervollständigen. Ein Ölzuführkanal **34** steht fluidmäßig mit der Auslass-Seite **30O** der Pumpe in Verbindung und verzweigt sich in einen Frühverstellungs-Verzweigungskanal **36** und einen Spätverstellungs-Verzweigungskanal **38**. Die Verzweigungskanäle **36** und **38** umfassen Zufuhrabsperrventile **40** und **42** jeweils, um zu ermöglichen, dass Öl in einer ausströmseitigen Richtung von der Pumpe **30** fließt, allerdings einen Ölfluss in einer einströmseitigen Richtung zurück zu der Pumpe **30** hin verhindert. Mit anderen Worten verhindern die Absperrventile **40** und **42** eine Gegenströmung zurück zu der Pumpe **30**.

**[0042]** Ausströmseitig jedes Absperrventils endet jeder Verzweigungskanal **36** und **38** in einem Frühverstellungs- oder Spätverstellungs-Ventil **44** oder **46**, jeweils. Vorzugsweise sind die Ventile **44** und **46** impulsbreitenmodulierte (PWM) Ventile, die eine Zuführöffnung **44S** oder **46S** in einer Fluidverbindung mit dem Ölzuführkanal **34** besitzen. Jedes der Ventile **44** und **46** umfasst auch eine Steueröffnung **44C** oder **46C** in einer Fluidverbindung mit einem Ende eines Frühverstellungs- oder Spätverstellungs-Kammer-Kanals **50** oder **52**. Ein gegenüberliegendes Ende des Kammer-Kanals **50** oder **52** steht fluidmäßig mit entweder der Frühverstellungs- oder der Spätverstellungs-Kammer **24A** und **24R** in Verbindung. Jedes Ventil **44** oder **46** umfasst schließlich eine Ausstoßöffnung **44E** oder **46E**, die mit der Steueröffnung **44C** oder **46C** in Verbindung setzbar ist, und in Fluidverbindung mit sowohl einem Impulskanal **54** oder **56** als auch einem Auslasskanal **64** oder **66** steht. Jeder Impulskanal **54** oder **56** umfasst ein Ende in Verbindung mit dem Ventil **44** oder **46** und ein gegenüberliegendes Ende in Verbindung mit entweder der Frühverstellungs- oder der Spätverstellungs-Kammer **24A** oder **24R** und mit einem der entsprechenden Kammerkanäle **50** und **52**. Jeder Im-

pulskanal **54** und **56** umfasst ein Impulsabsperrentil **58** und **60**, jeweils, unmittelbar einströmseitig zu der Verbindung mit dem Kammer-Kanal **50** oder **52**, um einen einströmseitigen Ölfluss durch den Impulskanal **54** oder **56** zu verhindern, oder, mit anderen Worten, eine Gegenströmung von der Kammer **24A** oder **24R** zu dem Ventil **44** oder **46** hin zu verhindern. Jeder Auslasskanal **64** und **66** umfasst ein Ende in Verbindung mit der Auslassöffnung **44E** oder **46E**, jeweils, des Ventils **44** oder **46**, und mit einem Ausstoßventil **80**, so dass das Auslassventil **80** jeden der Auslasskanäle **64** und **66** abschließt. Demzufolge umfasst das Auslassventil **80**, wie es in [Fig. 2](#) dargestellt ist, einen Kolben **82**, der radial innerhalb eines Radialventilkanals **84** innerhalb der Nabe **16** angeordnet ist.

**[0043]** Eine Feder **86** hält das Ventil **80** in einer geschlossenen Position des Ventils, so dass ein verbundener Ausstoßkanal **88** durch das Ventil **80** blockiert ist. Die Federkraft kann entsprechend einer Berechnung der Drehgeschwindigkeit des Motors ausgewählt werden, um den erwünschten Ventilöffnungszustand einzurichten, wie dies ausreichend bekannt ist. In der Ventilöffnungsposition stehen das Ausstoßventil **80** und der verbundene Ausstoßkanal **88** mit dem Sumpf **32** des Motors entweder über Durchgangswege oder durch Ablassen herunter durch Zwischenräume zwischen Motorkomponenten in Verbindung, was mit Anordnungen nach dem Stand der Technik konsistent ist. Die PWM-Ventile **44** und **46** und das Ausstoßventil **80** werden vorzugsweise durch eine zentrale Quelle, wie beispielsweise eine Motorsteuereinheit oder dergleichen, gesteuert, wie dies ausreichend im Stand der Technik bekannt ist.

**[0044]** Systematisch kann das VCT-Steuersystem im Hinblick auf Kreise, definiert durch den Aufbau, der vorstehend beschrieben ist, beschrieben werden. Das VCT-Steuersystem umfasst einen Impulsbetätigungskreis und einen Druckbetätigungskreis. Der Impulsbetätigungskreis ist weiterhin in einen Spätverstellungs-Impulspfad, einen Frühverstellungs-Impulspfad und einen Ölkreis unterteilt. Der Spätverstellungs-Impulspfad umfasst in einer Fluidverbindung, die Frühverstellungs-Kammer **24A**, den Frühverstellungs-Kammer-Kanal **50**, das Frühverstellungs-PWM-Ventil **44**, den Spätverstellungs-Impulskanal **56** und die Spätverstellungs-Kammer **24R**. Ähnlich umfasst der Frühverstellungs-Impulspfad, in Fluidverbindung, die Spätverstellungs-Kammer **24R**, den Spätverstellungs-Kammer-Kanal **52**, das Spätverstellungs-PWM-Ventil **46** und den Frühverstellungs-Impulskanal **54** und die Frühverstellungs-Kammer **24A**. Zusätzlich ist, da das System nicht perfekt gegen einen Ölverlust abgedichtet ist, der Ölkreis notwendig und ist durch den Ölzuführkanal **34**, das Ventil **44** oder **46**, den Kammer-Kanal **50** oder **52** und die Kammer **24A** oder **24R** definiert.

**[0045]** Ähnlich ist der Druckbetätigungskreis weiter in einen Druckzuführpfad und einen Druckausstoßpfad unterteilt. Der Druckzuführpfad umfasst, in einer Fluidverbindung den Ölzuführkanal **34**, ein Absperrventil **40** oder **42**, ein Ventil **44** oder **46**, den Kammer-Kanal **50** oder **52** und die Kammer **24A** oder **24R**. Der Druckausstoßpfad umfasst, in einer Fluidverbindung, die andere Kammer **24A** oder **24R**, den anderen Kammer-Kanal **50** oder **52**, das andere Ventil **44** oder **46**, den Ausstoßkanal **64** oder **66** und das Ausstoßventil **80**.

**[0046]** Im Betrieb oszilliert die VCT-Vorrichtung **10** oder behält eine Position irgendwo zwischen einer vollständig spät verstellten Position und einer vollständig früh verstellten Position bei. In der vollständig spät verstellten Position würde das Volumen der Frühverstellungs-Kammer **24A** ungefähr Null sein, während das Volumen der Spätverstellungs-Kammer **24R** bei einem Maximum sein würde. Das Umgekehrte gilt für die VCT-Vorrichtung **10** in der vollständig früh verstellten Position. Um irgendeine Position zwischen der vollständig früh verstellten und vollständig spät verstellten Position beizubehalten, arbeitet die VCT-Vorrichtung **10** der vorliegenden Erfindung unter einer Steuerung mit geschlossener Schleife. Mit anderen Worten kommuniziert, wie dies ausreichend bekannt ist, das VCT-System mit Positionsrückführsensoren, die die relative Position der Nockenwelle überwachen. Die Positionsrückführung wird durch das VCT-System beim weiteren Steuern der Phase der VCT-Vorrichtung **10** verwendet.

**[0047]** In [Fig. 2](#) ist die VCT-Vorrichtung **10** so dargestellt, dass sie eine Position auf dem halben Wege zwischen der vollständig früh verstellten und vollständig spät verstellten Position beibehält. Um dieses Ergebnis zu erreichen, wird der Druckbetätigungskreis aktiviert, um Öl zu sowohl der Frühverstellungs- als auch der Spätverstellungs-Kammer **24A** und **24R** gleichzeitig zuzuführen. Dementsprechend fließt Öl von der Pumpe **30** über den Ölzuführkanal **34** in jede Ölzuführungsverzweigung **36** und **38** hinein. Das Öl fährt fort, durch jedes Absperrventil **40** und **42** und in die Zuführöffnung **44S** oder **46S** jedes Ventils **44** oder **46** zu fließen. Jedes Ventil **44** oder **46** ist in einer die Ausstoßöffnung verschließenden Position positioniert, um Öl aus der Steueröffnung **44C** und **46C** heraus und durch den Kammer-Kanal **50** oder **52** in die jeweilige Kammer **24A** oder **24R** zu richten. Die Impulsabsperrentile **48** und **60** verbleiben gegen deren Sitze unter einem Fluiddruck von dem Kammer-Kanal **50** oder **52** verschlossen. Demzufolge erfährt jede Kammer **24A** oder **24R** denselben Fluiddruck von der Pumpe **30** über eine jeweilige Verzweigung des Steuersystems. Hierbei erreicht kein Fluiddruck von der Pumpe **30** die Ausstoßkanäle **64** oder **66**. Dementsprechend kann das Ausstoßventil **80** verschlossen bleiben, oder kann offen sein, da der Zustand des Ausstoßventils **80** keinen wesentlichen

Effekt in diesem Zustand des Steuersystems haben wird.

**[0048]** [Fig. 3](#) stellt das Steuersystem in einem frühverstellten Zustand unter einer Nockendrehmomentbetätigung dar. Eine Nockendrehmomentbetätigung arbeitet in Abhängigkeit von reaktiven Nockenwellendrehmomenten, wie dies zuvor in dem Abschnitt zum Hintergrund vorstehend beschrieben ist. Hierbei verbleibt das Frühverstellventil **44** in der den Auslass verschließenden Position, während das Spätverstellventil **46** zu einer Quelle verschließenden Position bewegt ist. Das Ausstoßventil **180** nimmt eine geschlossene Position an. Dementsprechend wirkt jeder Drehmomentimpuls der VCT-Vorrichtung **10** in der Frühverstellungsrichtung so, um augenblicklich das Öl in der Spätverstellungs-Kammer **24R** zu komprimieren. Diese Kompression verursacht, dass das Öl in der Spätverstellungs-Kammer **24R** davon in den Frühverstellungs-Impulspfad entweicht: über den Spätverstellungs-Kammer-Kanal **52** in die Steueröffnung **46C** des Frühverstellventils **46** hinein und aus der Ausstoßöffnung **46E** heraus, über den Frühverstellungs-Impulskanal **54**, hinter das Absperrventil **58** und in die Frühverstellungs-Kammer **24A** hinein. Das Absperrventil **60** verhindert, dass pulsierendes Öl das Frühverstellventil **44** umgeht. Ausgleichsöl fließt von der Pumpe **30** bis zu dem Frühverstellventil **44** und in die Frühverstellungs-Kammer **24A** hinein. Das Zufuhrabsperrventil **40** verhindert, dass Öl unter einem Pulsieren zurück zu der Pumpe **30** läuft.

**[0049]** Das Ausstoßventil **180** der [Fig. 3](#) wird durch einen Motoröldruck betätigt und umfasst einen federbelasteten Kolben **182**, der vorzugsweise axial innerhalb eines axialen Kanals **184** innerhalb der Nabe **16** angeordnet ist. Eine Feder **86** trägt das Ventil **180** in einer das Ventil schließenden Position, so dass ein kombinierter Ausstoßkanal **88** durch das Ventil **180** blockiert ist. Wie dargestellt ist, ist der Motoröldruck nicht ausreichend, um das Ventil **180** für einen OPA-Betrieb zu verschieben.

**[0050]** [Fig. 4](#) stellt das Spiegelbild der [Fig. 3](#) dar, wobei sich das Steuersystem in einem Spätverstellungs-Zustand unter einer Nockendrehmomentbetätigung befindet. Hierbei verbleibt das Spätverstellventil **46** in der den Auslass verschließenden Position, während das Frühverstellventil **44** zu einer die Quelle verschließenden Position bewegt ist. Dementsprechend wirkt jedes Drehmoment-Pulsieren der VCT-Vorrichtung **10** in die Spätverstellungs-Richtung, um augenblicklich Öl in jeder Frühverstellungs-Kammer **24A** zu komprimieren. Diese Kompression bewirkt, dass Öl in der Frühverstellungs-Kammer **24A** davon in den Spätverstellungs-Impulspfad über den Frühverstellungs-Kammer-Kanal **50** hinein, in die Steueröffnung **44C** des Ventils **46** und aus der Ausstoßöffnung **44E** des Ven-

tils **44** heraus, über den Spätverstellungs-Impulskanal **56**, hinter das Absperrventil **60** und in die Spätverstellungs-Kammer **24R** hinein, abfließt. Das Absperrventil **58** verhindert, dass pulsierendes Öl den Impulspfad umgeht. Ausgleichsöl fließt von der Pumpe **30** nach oben durch das Spätverstellventil **46** und in die Spätverstellungs-Kammer **24R** hinein. Das Zufuhrabsperrventil **42** verhindert, dass Öl, das sich unter einem Pulsieren befindet, zurück zu der Pumpe **30** entweicht. Das Ausstoßventil **180** der [Fig. 4](#) ist dasselbe wie dasjenige, das in [Fig. 3](#) dargestellt ist.

**[0051]** [Fig. 5](#) stellt das Steuersystem in einem Frühverstellungs-Zustand unter einer Öldruckbetätigung dar. Eine Öldruckbetätigung arbeitet in Abhängigkeit einer verfügbaren, hydraulischen Energie des Motors, wie dies zuvor in dem Abschnitt zum Hintergrund vorstehend beschrieben ist. Hierbei fließt Öl unter Druck von der Pumpe **30** durch den Druckbetätigungskreis. Genauer gesagt fließt Öl durch das Absperrventil **40**, in die Zuführöffnung **44S** des Ventils **44** hinein und aus der Steueröffnung **44C** davon heraus, über den Frühverstellungs-Kammer-Kanal **50** und in die Frühverstellungs-Kammer **24A** hinein. Gleichzeitig fließt Öl aus der Spätverstellungs-Kammer **24R**, über den Spätverstellungs-Impulskanal **52**, in die Steueröffnung **46C** des Ventils **46** hinein und aus der Ausstoßöffnung **46E** davon, durch den Ausstoßkanal **66**, durch das Ausstoßventil **180** heraus und in den Sumpf **32** hinein, um über die Pumpe **30** recycled zu werden.

**[0052]** Das Ausstoßventil **180** der [Fig. 5](#) ist dasselbe wie dasjenige der [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) und wird als eine Umschalteneinrichtung verwendet, um eine Öldruckbetätigung der VCT-Vorrichtung **10** hervorzurufen. Hierbei wird das Ausstoßventil **180** unter einem Fluiddruck von der Motorölpumpe **30** unter höheren Motor Geschwindigkeiten dann geöffnet, wenn das CTA seine Effektivität verliert. Das Ausstoßventil **180** öffnet sich, wenn ausreichender Motoröldruck auf das Ventil **180** einwirkt, um eine vorbestimmte Federkraft zu überwinden. Ein Ausstoßbetätigungskanal **190** setzt fluidmäßig eine Ausstoßventilkammer **192** mit dem Ölzuführkanal **34** in Verbindung. Dementsprechend fließt Öl konstant zu dem Ausstoßventil **180**, wirkt allerdings nur dahingehend, das Ventil **180** unter einen minimalen Öldruck in Korrelation zu einer vorbestimmten Motor Geschwindigkeit zu öffnen, die ausreichend ist, um den minimalen Öldruck zu erzeugen. Deshalb wird die Federkraft entsprechend einer Berechnung des Öldrucks des Motors, wie er gegen die Federkraft ausbalanciert ist, ausgewählt, um den erwünschten Ventilöffnungszustand einzurichten. Wie dargestellt ist, stehen in der Ventilöffnungsposition das Ausstoßventil **180** und ein kombinierter Ausstoßkanal **188** mit dem Sumpf **32** des Motors entweder über Durchgangswege oder durch Ablassen und über Bauteile des Motors, entsprechend den Design-Anordnungen, die ausreichend im Stand der



Technik bekannt sind, in Verbindung.

[0053] **Fig. 6** stellt das Spiegelbild der **Fig. 5** dar, wobei sich das Steuersystem in einem Spätverstellungszustand unter einer Öldruckbetätigung befindet. Öl fließt unter Druck von der Pumpe **30** über den Druckbetätigungskreis. Öl fließt über das Absperrventil **42**, in die Zuführöffnung **46S** des Spätverstellungs-Ventils **46** aus der Steueröffnung **46C** davon heraus, über den Spätverstellungs-Kammer-Kanal **52** und in die Spätverstellungs-Kammer **24R** hinein. Gleichzeitig fließt Öl aus der Frühverstellungs-Kammer **24A** heraus, über den Frühverstellungs-Kammer-Kanal **50** in die Steueröffnung **44C** des Frühverstellungs-Ventils **44** hinein und aus der Ausstoßöffnung **44E** davon heraus, durch den Ausstoßkanal **64**, durch das Ausstoßventil **180** und in den Sumpf **32** hinein, um recycelt zu werden.

[0054] **Fig. 6** stellt auch das Ausstoßventil **180** alternativ durch einen Motoröldruck, gesteuert durch ein Solenoid-Ventil **194**, dar. Hierbei wird das Ausstoßventil **180** ähnlich zu dem Ausstoßventil **180** der **Fig. 5** betätigt, mit der Ausnahme, dass das Solenoid-Ventil **194** eine Betätigung steuert. Dementsprechend kann eine viel schwächere Federkraft ausgewählt werden, so dass sich das Ausstoßventil **180** unter relativ niedriger Motorgeschwindigkeit und Öldruck öffnen wird, allerdings nur dann, wenn das Solenoid-Ventil **194** offen ist. Dies wird einen viel breiteren Bereich einer Motorgeschwindigkeit zulassen, über den sich das Ausstoßventil **180** öffnen kann. Wiederum ist eine Anordnung der Hardware, wie beispielsweise des Solenoidventils **194**, nicht für die vorliegende Erfindung kritisch und wird entsprechend den Techniken, die bereits im Stand der Technik bekannt sind, vorgenommen.

[0055] **Fig. 7** stellt eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar, die eine rein mechanische Ventilbetätigungsanordnung anstelle der elektromechanischen Ventilanordnung der **Fig. 2** bis **Fig. 6** verwendet. Eine VCT-Vorrichtung **110** ist so dargestellt, dass sie eine Position auf halbem Wege zwischen der vollständig früh verstellten und der vollständig spät verstellten Position beibehält. Um dieses Ergebnis zu erreichen, wird der Druckbetätigungskreis so aktiviert, um Öl sowohl zu der Frühverstellungs- als auch der Spätverstellungs-Kammer **124A** und **124R** gleichzeitig zuzuführen. Dementsprechend fließt Öl von einer Pumpe **130** durch einen Ölzuführkanal **134** in eine Ölzuführverzweigung **136** hinein. Das Öl läuft durch ein Absperrventil **140** weiter und in eine Zuführöffnung **145S** eines Steuerventils **145** hinein.

[0056] Das Steuerventil **145** ist in einer geschlossenen Position der Ausstoßöffnung positioniert, um Öl durch Impulskanäle **154** und **156** in die jeweiligen Kammern **124A** und **124R** hineinzurichten. Die Impulsabsperrentile **158** und **160** öffnen sich unter ei-

nem Fluidruck von der Ölzuführverzweigung **136**. Demzufolge erfährt jede Kammer **124A** oder **124R** denselben Fluidruck von der Pumpe **130** über jede jeweilige Verzweigung des Steuersystems. Hierbei erreicht kein Fluidruck von der Pumpe **130** einen Ausstoßkanal **165**, da ein Ausstoßabsperrentil **170** eine Strömung in den Ausstoßkanal **165** hinein blockiert, und das Steuerventil **145** blockiert eine Strömung von den Kammer-Kanälen **150** und **152**.

[0057] Um zu einem CTA-Modus weiterzugehen, verschiebt sich das Steuerventil **145** nach links, um einen Spätverstellungs-Kammer-Kanal **152** zu dem Ausstoßkanal **165** hin zu öffnen, der durch ein Ausstoßventil **180** nahe einer Spätverstellungs-Ausstoßöffnung **145R** blockiert ist. Dementsprechend läuft ein Ölpulsieren von der Spätverstellungs-Kammer **124R** an dem Spätverstellungs-Absperrventil **160** leer, fließt durch den Spätverstellungs-Kammer-Kanal **152** um das Steuerventil **145** auf der rechten Seite herum, läuft gegen das Steuerventil **145** in dem Frühverstellungs-Kammer-Kanal **150** auf der linken Seite, fließt durch das Ausstoß-Absperrventil **170** um das Steuerventil **145** herum in den Frühverstellungs-Impulskanal **154** hinein, hinter das Frühverstellungs-Absperrventil **158** und in die Frühverstellungs-Kammer **124A** hinein. Hierbei kann das Öl der Quelle alleine ausreichend oder kann nicht ausreichend sein, um eine Phase der VCT-Vorrichtung **110** zu ändern, und deshalb wird das Öl, das sich unter einem Pulsieren befindet, dazu verwendet, eine Phase der VCT-Vorrichtung **110** zu ändern. Um zu einem OPA-Modus früh zu verstellen, verschiebt sich das Steuerventil nach links, um den Spätverstellungs-Kammer-Kanal **152** zu dem Ausstoßkanal **165** hin zu öffnen, der zu einem Sumpf **132** offen sein würde.

[0058] Um in einem CTA-Modus spät zu verstellen, verschiebt sich das Steuerventil **145** nach rechts, um einen Frühverstellungs-Kammer-Kanal **150** zu dem Ausstoßkanal **165** hin zu öffnen, der durch das Ausstoßventil **180** nahe einer Frühverstellungs-Ausstoßöffnung **145A** blockiert ist. Dementsprechend läuft ein Ölpulsieren von der Frühverstellungs-Kammer **124A** zu dem Frühverstellungs-Absperrventil **158**, fließt durch den Frühverstellungs-Kammer-Kanal **150** um das Steuerventil **145** auf der linken Seite herum, läuft gegen das Steuerventil **145** in dem Spätverstellungs-Kammer-Kanal **152** auf der rechten Seite, fließt durch das Ausstoßabsperrentil **170** um das Steuerventil **145** herum in den Spätverstellungs-Impulskanal **156** hinter das Spätverstellungs-Absperrventil **160** und in die Spätverstellungs-Kammer **124R** hinein. Um in einem OPA-Modus spät zu verstellen, verschiebt sich das Steuerventil nach rechts, um den Frühverstellungs-Kammer-Kanal **150** zu dem Ausstoßkanal **165** hin zu öffnen, der zu dem Sumpf **132** hin offen sein würde. Die Verschiebung des Steuerventils **145** nach links oder nach rechts von der Posi-

tion in [Fig. 7](#) aus kann kontrolliert in irgendeiner geeigneten Art und Weise betätigt werden, zum Beispiel über einen Solenoid mit variabler Kraft (nicht dargestellt).

**[0059]** Die [Fig. 8–Fig. 13](#) stellen ein alternatives System dar, das kein Teil der vorliegenden Erfindung bildet, indem die Änderung von einem CTA-Modus ([Fig. 8–Fig. 10](#)) zu einem OPA-Modus ([Fig. 11–Fig. 13](#)) auf eine Position eines zentrifugal betätigten und deshalb sich radial erstreckenden Steuerventils **288** anspricht. Das Ventil **288** bewegt sich innerhalb eines Ventilkörpers **280** hin und her, der dahingehend angesehen werden kann, dass er sich radial innerhalb einer sich drehenden Nockenwelle **226** erstreckt.

**[0060]** Unter niedrigen Drehgeschwindigkeiten der Nockenwelle **226** wird das Ventil **288** radial nach innen vorgespannt, nach links in den [Fig. 8–Fig. 13](#), und zwar durch eine Feder **286**, und in der Position des Ventils **288** in den [Fig. 8–Fig. 10](#) wird Öl nicht in der Lage sein, durch das Ventil **288** zu einer Ausstoßleitung **232** zu fließen, die zu einem Motorölsumpf führt. In dieser Position des Ventils **288** wird Öl entweder von einer Spätverstellungs-Kammer **224R** einer Fluidkammer **224** in einem Gehäuse **212** zu einer Frühverstellungs-Kammer **224A** der Kammer **224** ([Fig. 8](#)) fließen oder Öl wird von der Frühverstellungs-Kammer **224A** zu der Spätverstellungs-Kammer **224R** ([Fig. 9](#)) fließen, oder kein Öl wird zwischen der Frühverstellungs-Kammer **224A** und der Spätverstellungs-Kammer **224R** fließen ([Fig. 10](#)) und zwar in Abhängigkeit von der Position des Spulenelements **290**, das innerhalb eines Ventilkörpers **292** hin und her gleitet. In dieser Hinsicht besitzt das Spulenelement **290** beabstandete Zungen bzw. Vorsprünge **290A**, **290B**, die so angepasst sind, um eine Strömung in die Kammern **224A**, **224R** über Leitungen **254**, **256**, jeweils, hinein und heraus zu blockieren ([Fig. 10](#)) oder um eine Strömung aus der Kammer **224R** heraus in die Kammer **224A** ([Fig. 8](#)) über den Ventilkörper **232** zu ermöglichen, oder um eine Strömung aus der Kammer **224A** heraus in die Kammer **224R** ([Fig. 9](#)) über den Ventilkörper **292** zu ermöglichen, und zwar in Abhängigkeit von der axialen Position der Spule **290** innerhalb des Ventilkörpers **292**. In dieser Hinsicht ist die Spule **290** elastisch zu der Position in [Fig. 8](#) hin vorgespannt, eine deren Endpositionen, und zwar durch eine Feder **294**, die innerhalb der Nockenwelle **226** positioniert ist, wobei die Feder **294** auf ein Ende der Spule **290** einwirkt. Die Spule **290** wird auch zu den Positionen der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) durch einen Solenoid **296** mit variabler Kraft gedrückt, der auf ein gegenüberliegendes Ende der Spule **290** einwirkt, wobei der Solenoid **296** in seinem Betrieb durch eine elektronische Motorsteuereinheit **298**, in einer bekannten Art und Weise, gesteuert wird.

**[0061]** Eine Kontrolle eines Ölflusses in die Kammern **224A**, **224R** in einem OPA-Modus der Ausführungsform der [Fig. 8–Fig. 13](#) hinein oder heraus ist in den [Fig. 11](#), [Fig. 12](#) dargestellt, wobei die Strömung aus der Kammer **224R** heraus und in die Kammer **224A** hinein in [Fig. 11](#) erfolgt, oder dort wird keine Strömung in irgendeine der Kammern **224A** oder **224R** hinein oder von dort heraus vorliegen, und zwar in [Fig. 13](#), mit Ausnahme einer gewissen Leckage von nachlaufendem Öl über die Spule **290**, und zwar in Abhängigkeit von der axialen Position der Spule **290** innerhalb des Ventilkörpers.

**[0062]** In [Fig. 11](#) ist der Vorsprung **290B** so positioniert, um eine Strömung aus der Kammer **224R** heraus über die Leitung **256** und den Ventilkörper **292** zu ermöglichen, allerdings führt diese Strömung nun in die Auslassleitung **232** hinein, und zwar aufgrund der Position des Ventils **280** innerhalb des Ventilkörpers **280**. Zu derselben Zeit wird Motoröl in die Kammer **224A** von einer Quelle **230** über eine Leitung **234**, den Ventilkörper **292** und die Leitung **254** fließen, wobei der Vorsprung **290A** so positioniert ist, um die Leitung **254** zu einem Einlauf zu öffnen. In der Position der Spule **290** in [Fig. 12](#) wird Öl von der Quelle **230** über die Leitung **234**, den Ventilkörper **292** und die Leitung **256** in die Kammer **224R** hineinfließen; gleichzeitig wird Öl aus der Kammer **224A** heraus über die Leitung **254**, den Ventilkörper **292** und den Ventilkörper **280** in die Ausstoßleitung **232** hineinfließen.

**[0063]** In [Fig. 12](#) ist der Vorsprung **290B** so positioniert, um eine Strömung von der Quelle **230** über den Ventilkörper und die Leitung **256** in die Kammer **224R** hinein zu ermöglichen, und der Vorsprung **290A** ist so positioniert, um eine Strömung aus der Kammer **224A** heraus über die Leitung **254**, den Ventilkörper **292** und den Ventilkörper **288** in die Ausstoßleitung **232**, eine Leitung **266** mit Verzweigungen **266A**, **266B**, die sich zwischen dem Ventilkörper **288** und dem Ventilkörper **292** erstrecken, um eine Strömung entweder von der Kammer **224R** zu dem Ventilkörper **288** über die Verzweigungsleitung **266B** und die Leitung **266** ([Fig. 11](#)) zu ermöglichen, oder von der Kammer **224A** zu dem Ventilkörper **288** über die Verzweigungsleitung **266A** und die Leitung **266** ([Fig. 12](#)) zu ermöglichen, zu erreichen. In jedem Fall ist der Vorsprung **290A** so positioniert, um einen Ölfluss durch den Ventilkörper **292** in die Verzweigungsleitung **266A** in dem Betriebszustand der [Fig. 11](#) zu blockieren, und der Vorsprung **290B** befindet sich in einer Position, um einen Ölfluss von dem Ventilkörper **292** in die Verzweigungsleitung **266B** in dem Betriebszustand der [Fig. 12](#) zu blockieren.

**[0064]** Eine Bewegung der Spule **290** in dem Ventilkörper **292** in dem OPA-Betriebsmodus der [Fig. 11–Fig. 13](#) hin und her ist dieselbe wie in dem Betrieb des CTA-Modus der [Fig. 8–Fig. 10](#), nämlich

unter einer variablen Kraft, die auf ein Ende der Spule **290** durch den Solenoid **296** mit variabler Kraft aufgebracht wird, die einer Kraft entgegengesetzt wird, die auf ein gegenüberliegendes Ende der Spule **290** durch die Feder **294** aufgebracht wird. In ähnlicher Weise wird die Kraft, aufgebracht auf die Spule **290**, über den Solenoid **296**, durch die Motorölsteuereinheit **298** gesteuert.

**[0065]** In dem Betriebszustand der [Fig. 13](#) wird kein Ölfluss in die Kammer **224R** hinein oder von dort heraus vorliegen, da der Vorsprung **290B** der Spule **290** so positioniert ist, um eine Strömung durch die Leitung **256** zu blockieren. In ähnlicher Weise wird, in diesem Betriebszustand, kein Öl in die Kammer **224A** hinein oder herausfließen, da der Vorsprung **290A** der Spule **290** so positioniert ist, um eine Strömung durch die Leitung **254** zu blockieren. In jedem Fall sollte verständlich werden, dass der Solenoid **296** mit einer bestimmten Schwankung in den Zuständen der [Fig. 10](#) oder der [Fig. 13](#) der Ausführungsform der [Fig. 8–Fig. 13](#) betrieben werden kann, um eine gewisse, kleine Strömung von nachlaufendem Öl in die Kammern **224A**, **224R** hineinzulassen, um irgendeinen Ölverlust durch Leckage davon zu ersetzen.

**[0066]** Aus dem Vorstehenden kann ersichtlich werden, dass ein wesentlicher Vorteil der vorliegenden Erfindung derjenige ist, dass die Nockenwelle in Bezug auf eine Motorkurbelwelle zuverlässig über den gesamten Geschwindigkeitsbereich irgendeines Motors früh verstellt oder spät verstellt werden kann, ungeachtet irgendeines Fehlens einer ausreichenden Ölpumpenkapazität oder ohne ein ausreichendes Pulsieren in der Nockenwelle.

**[0067]** Ein zusätzlicher Vorteil ist derjenige, dass das VCT der vorliegenden Erfindung kostengünstige Modifikationen in Bezug auf die Steuersysteme in der bereits bekannten VCT-Hardware, die Ölkanäle dort hindurch besitzt, einsetzt.

### Patentansprüche

1. Variable Nockenwellen-Steuerungsvorrichtung für einen Motor, die umfasst:  
ein Gehäuse (**12**) mit einem Außenumfang zum Aufnehmen von Antriebskraft, einen Rotor (**16**) zur Verbindung mit einer Nockenwelle (**26**), der sich koaxial in dem Gehäuse (**12**) befindet, wobei das Gehäuse (**12**) und der Rotor (**16**) wenigstens einen Flügel (**22**) aufweisen, der eine Vielzahl von Kammern (**124A**) trennt, wobei wenigstens eine Kammer eine Frühverstellungskammer ist und eine andere Kammer (**124B**) eine Spätverstellungskammer ist und der Flügel (**22**) Drehung ausführen kann, um die relative Winkelposition des Gehäuses (**12**) und des Rotors (**16**) zu verschieben, ein Steuerkolbenventil (**145**), das einen Steuerkolben mit einer Vielzahl von Stegen umfasst, der verschiebbar in einer Bohrung in dem

Rotor angebracht ist, wobei der Steuerkolben aus einer Frühverstellungs-Position über eine Halteposition an eine Spätverstellungs-Position verschoben werden kann, und das mit durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen (**154**, **155**) verbunden ist, wobei sich in wenigstens einem der Kanäle (**154**; **156**) ein Rückschlagventil (**158**, **160**) befindet, so dass die Verschiebung der relativen Winkelposition des Gehäuses (**12**) und des Rotors (**16**) durch Nocken-Drehmoment betätigt wird,

**dadurch gekennzeichnet**, dass:

ein Ausstoßventil (**180**) mit den durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen (**154**, **156**) verbunden ist, wobei das Ausstoßventil einen Kolben (**182**), der radial in einem Ventilkanal (**184**) in einer Nabe (**16**) angeordnet ist, und eine Spannfeder umfasst, so dass, wenn sich das Ausstoßventil (**180**) in der offenen Position befindet, die durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanäle in Fluidverbindung mit einer Wanne (**132**) stehen und der Steuerungs-Öldruck Betätigung ausführt.

2. Steuerung nach Anspruch 1, wobei das Ausstoßventil zentrifugal betrieben wird.

3. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die Position des Steuerkolbenventils von einem Solenoid mit veränderlicher Kraft gesteuert wird.

4. Steuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Verschieben des Steuerkolbens an eine Frühverstellungs-Position Fluidstrom aus der Spätverstellungskammer (**124R**) und dem durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanal (**156**) über den Steuerkolben und in einen anderen durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanal (**154**) zu der Frühverstellungskammer (**124A**) ermöglicht.

5. Steuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Bewegen des Kolbens (**122**) des Ausstoßventils (**180**) in die offene Position Fluidverbindung mit den durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen (**154**, **156**) und der Wanne (**134**) ermöglicht, wenn Fluid von einer Quelle allein nicht ausreicht, um die relative Winkelposition des Gehäuses (**12**) und des Rotors (**16**) zu verschieben.

6. Steuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Verschieben des Steuerkolbens an eine Spätverstellungs-Position Fluidstrom aus der Frühverstellungskammer (**124A**) und dem durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanal (**154**) über den Steuerkolben und in einen anderen durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanal (**156**) zu der Spätverstellungskammer (**124R**) ermöglicht.

7. Steuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei Bewegen des Kolbens des Ausstoßventils in die offene Position Fluidverbindung mit den durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanälen

und der Wanne ermöglicht, wenn Fluid von einer Quelle allein nicht ausreicht, um die relative Winkelposition des Gehäuses und des Rotors zu verschieben.

8. Steuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Position des Ausstoßventils (**130**) durch ein pulsbreitenmoduliertes Solenoid gesteuert wird.

9. Steuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die des Weiteren einen Kanal (**136**) zum Zuführen von Zusatzfluid von einer Quelle zu dem durch Nocken-Drehmoment betätigten Kanal (**154**, **156**) umfasst.

10. Steuerung nach Anspruch 9, wobei der Kanal (**136**) ein Rückschlagventil (**140**) enthält.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

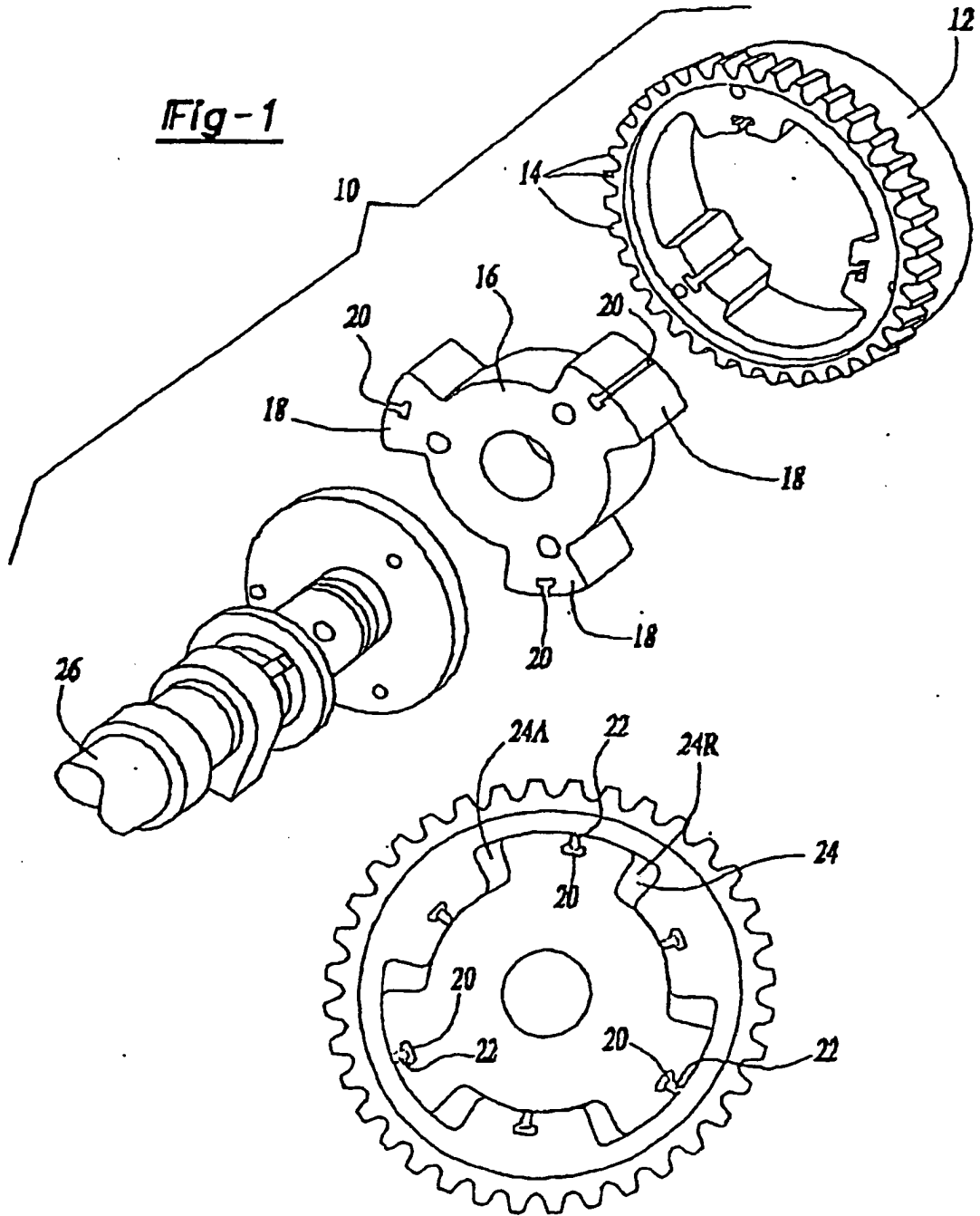


Fig-1

Fig-1A

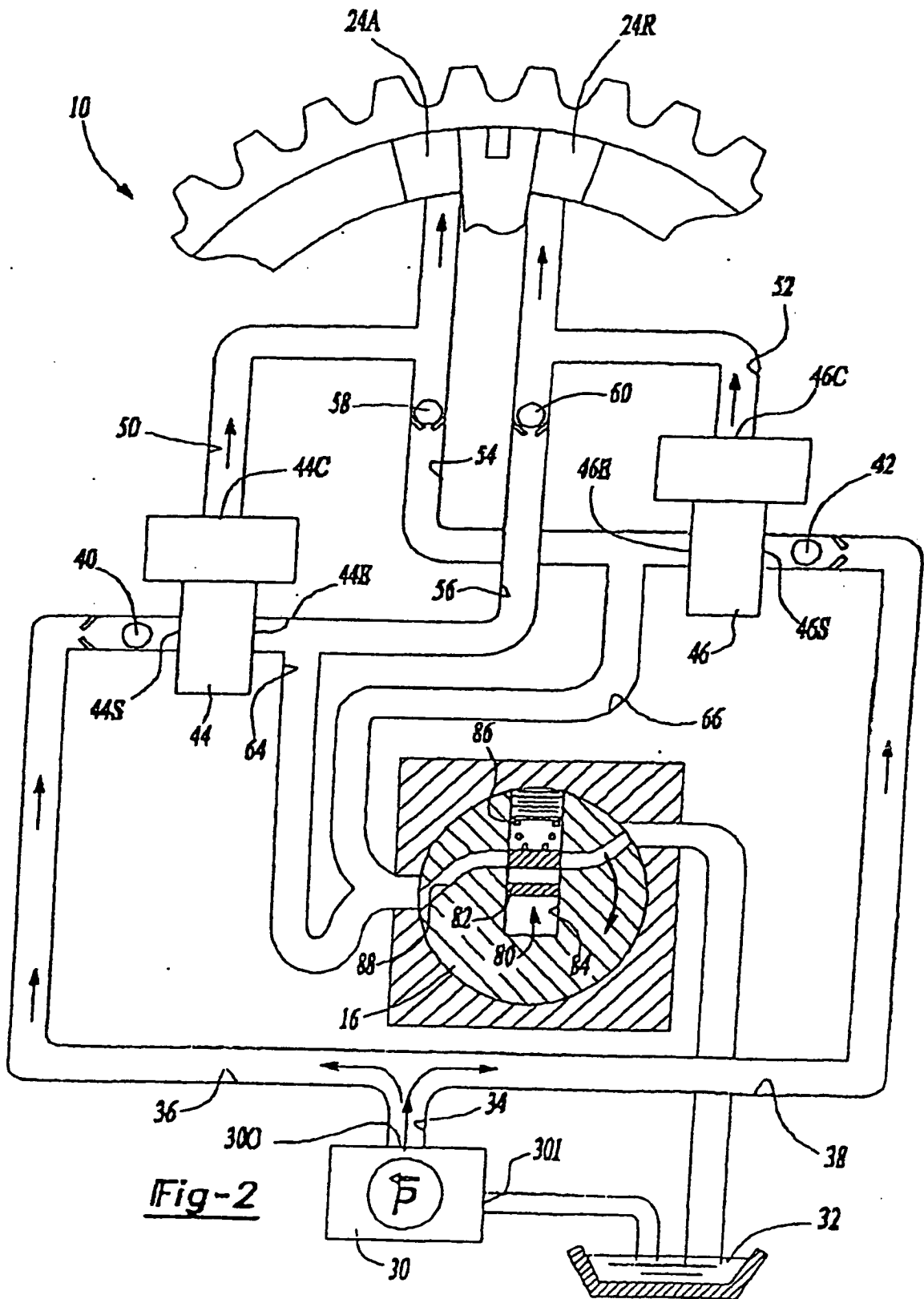
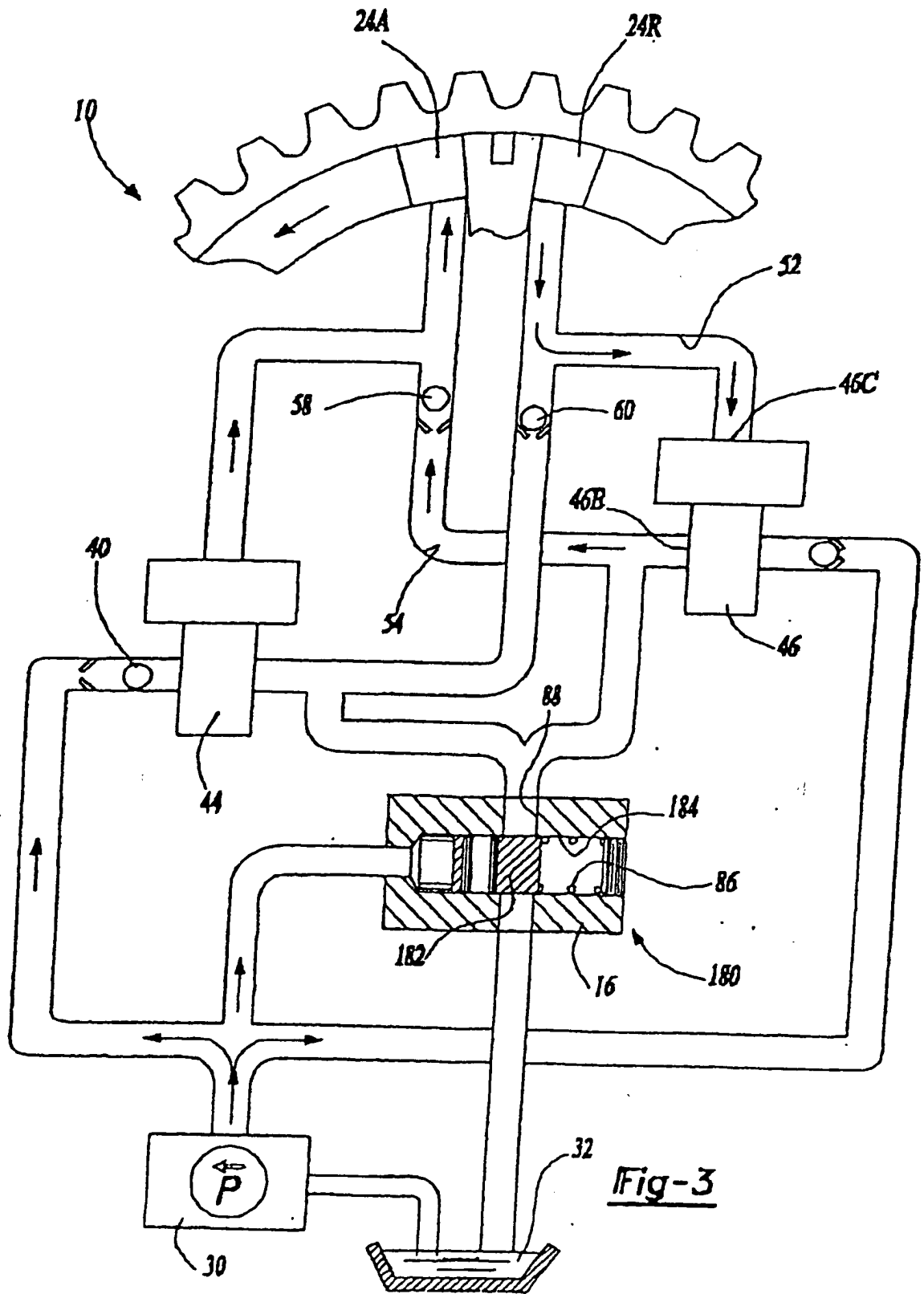
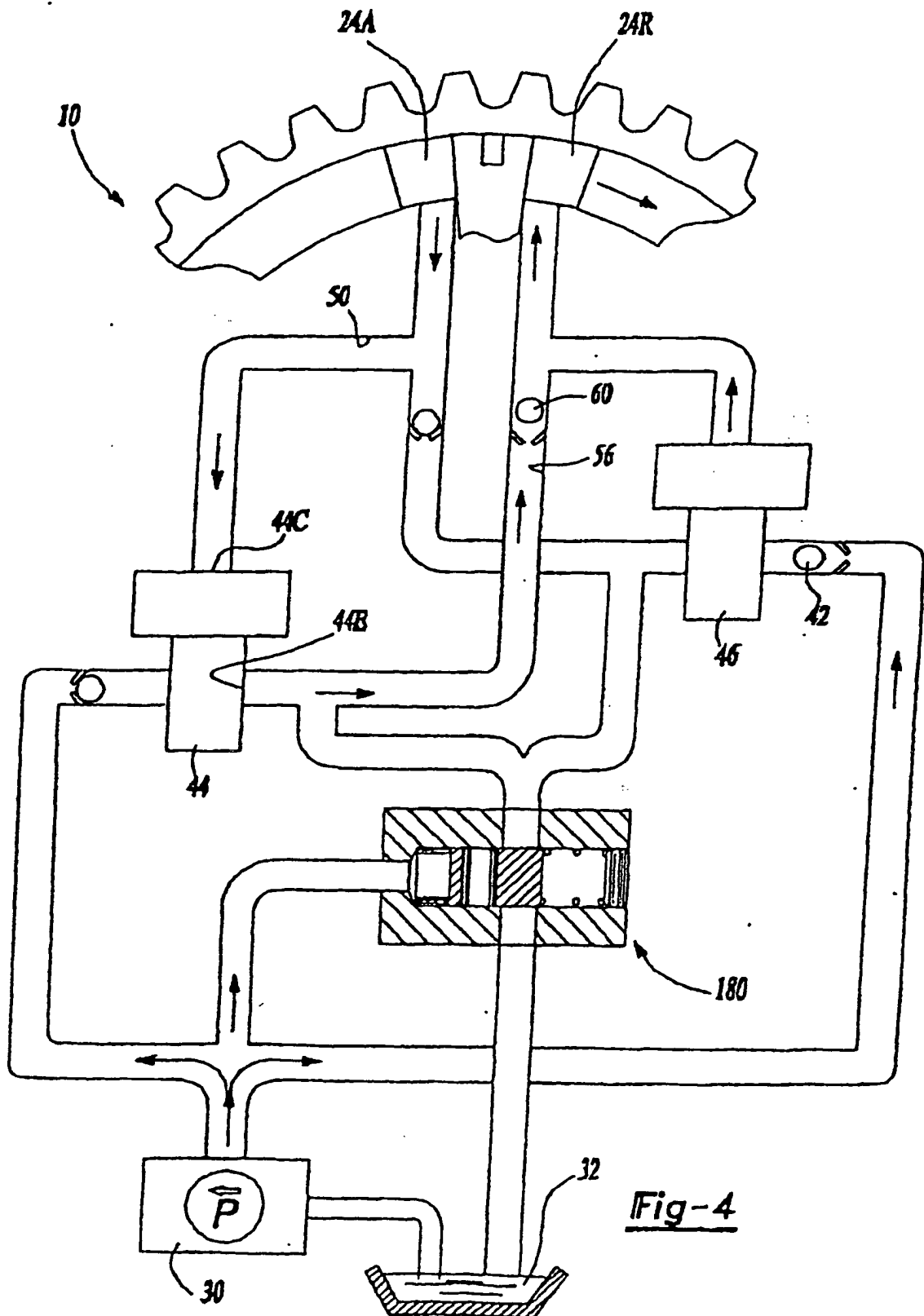


Fig-2



**Fig-3**



**Fig-4**



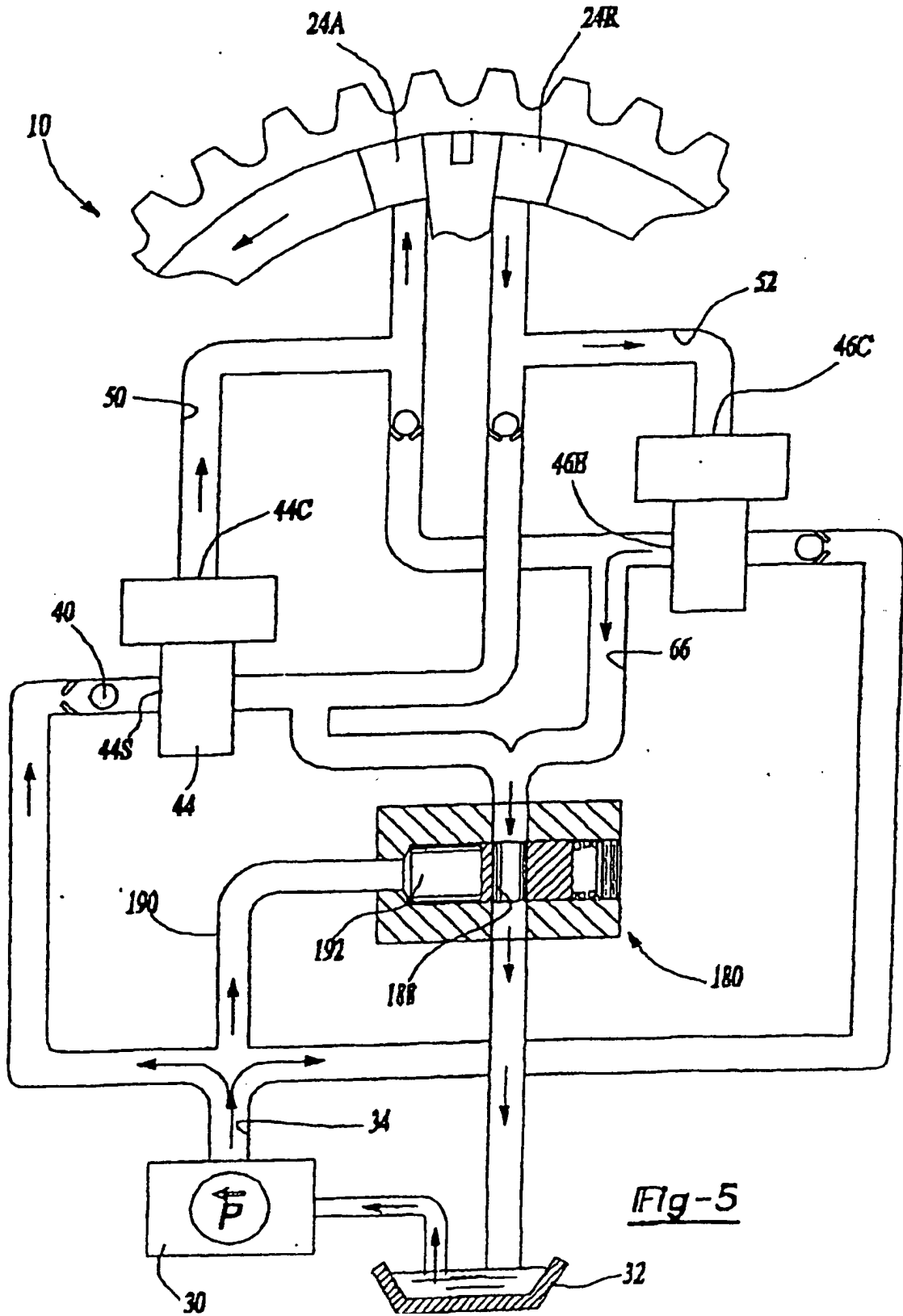


Fig-5

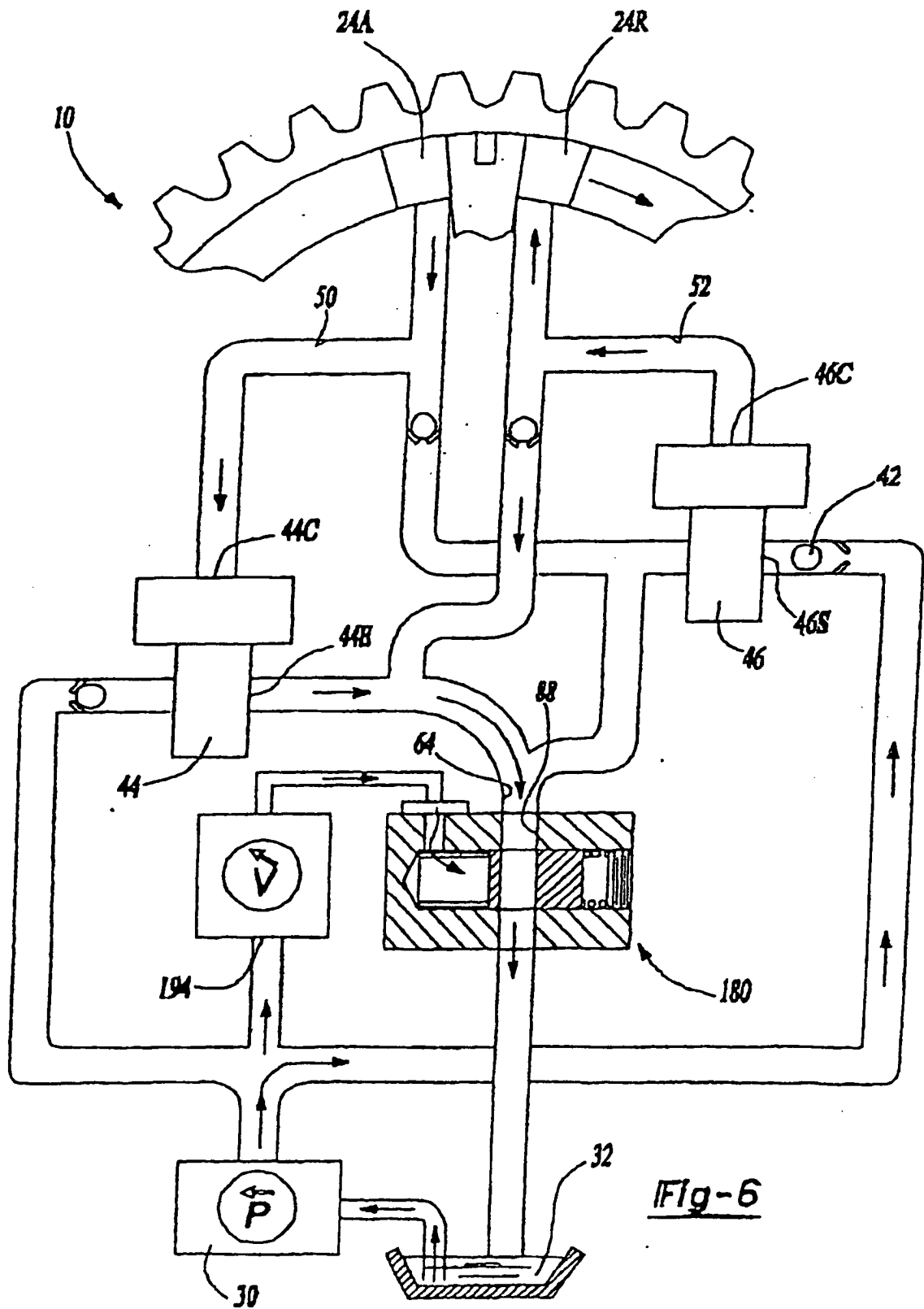
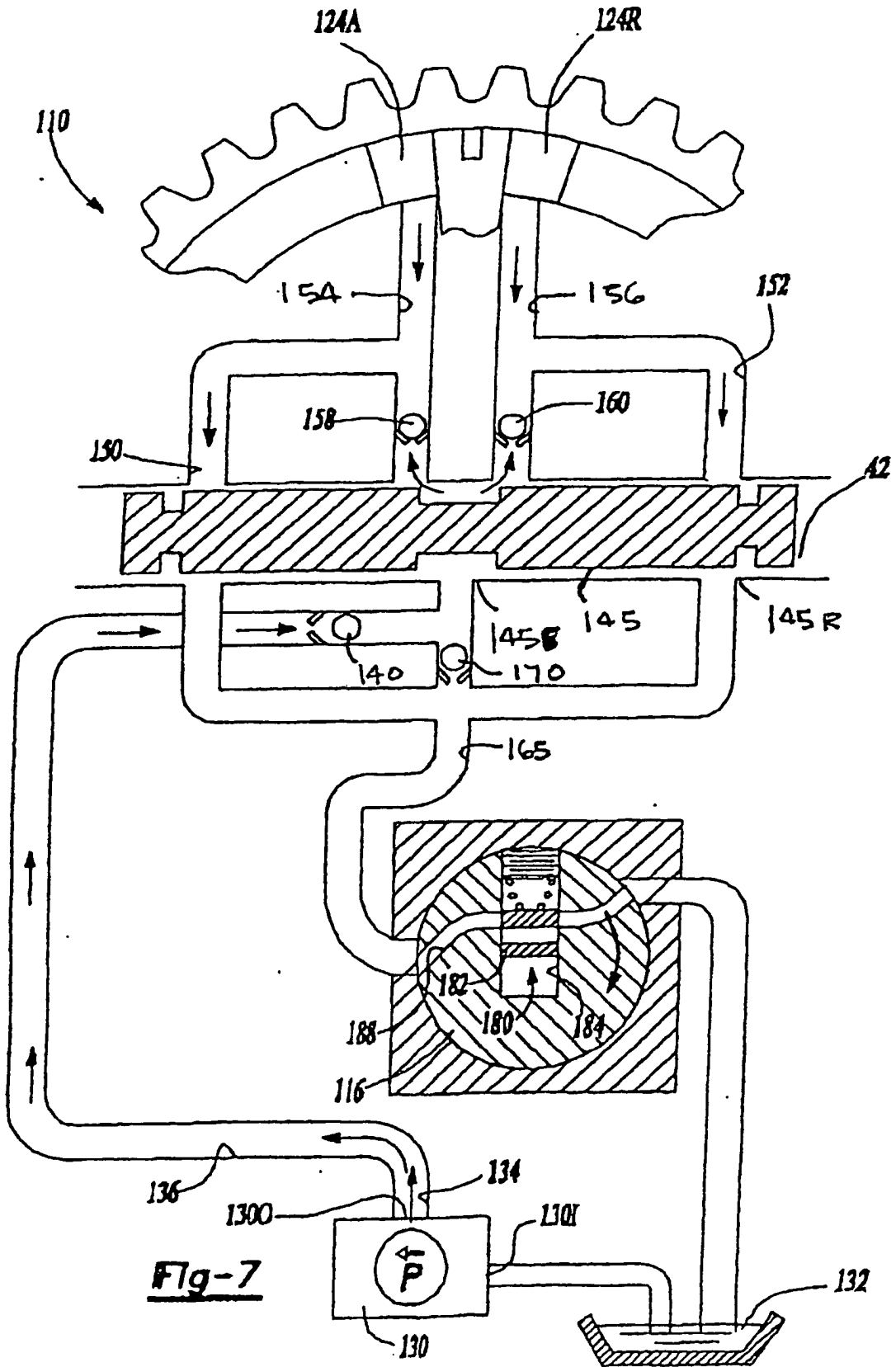


Fig-6



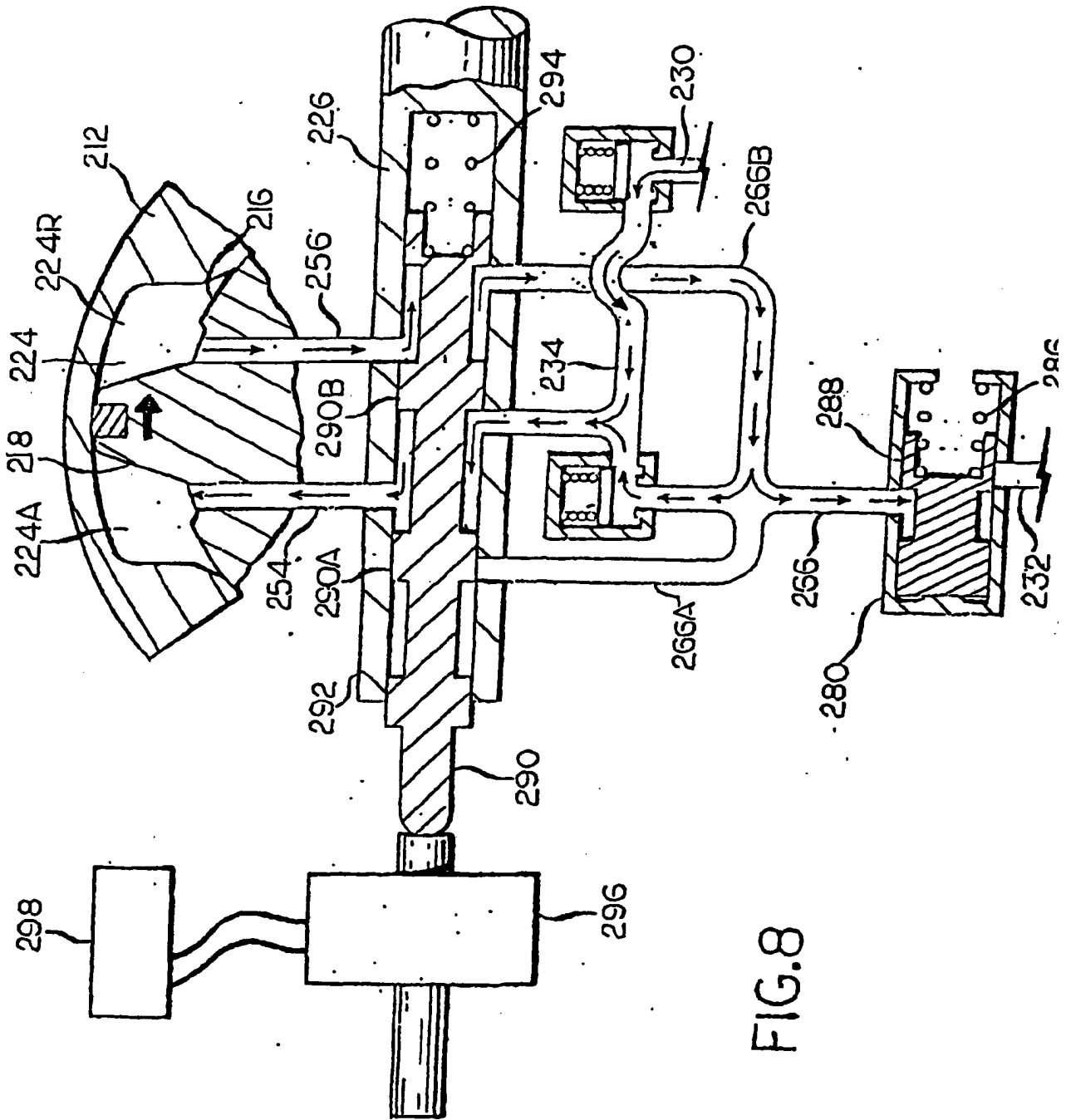


FIG. 8

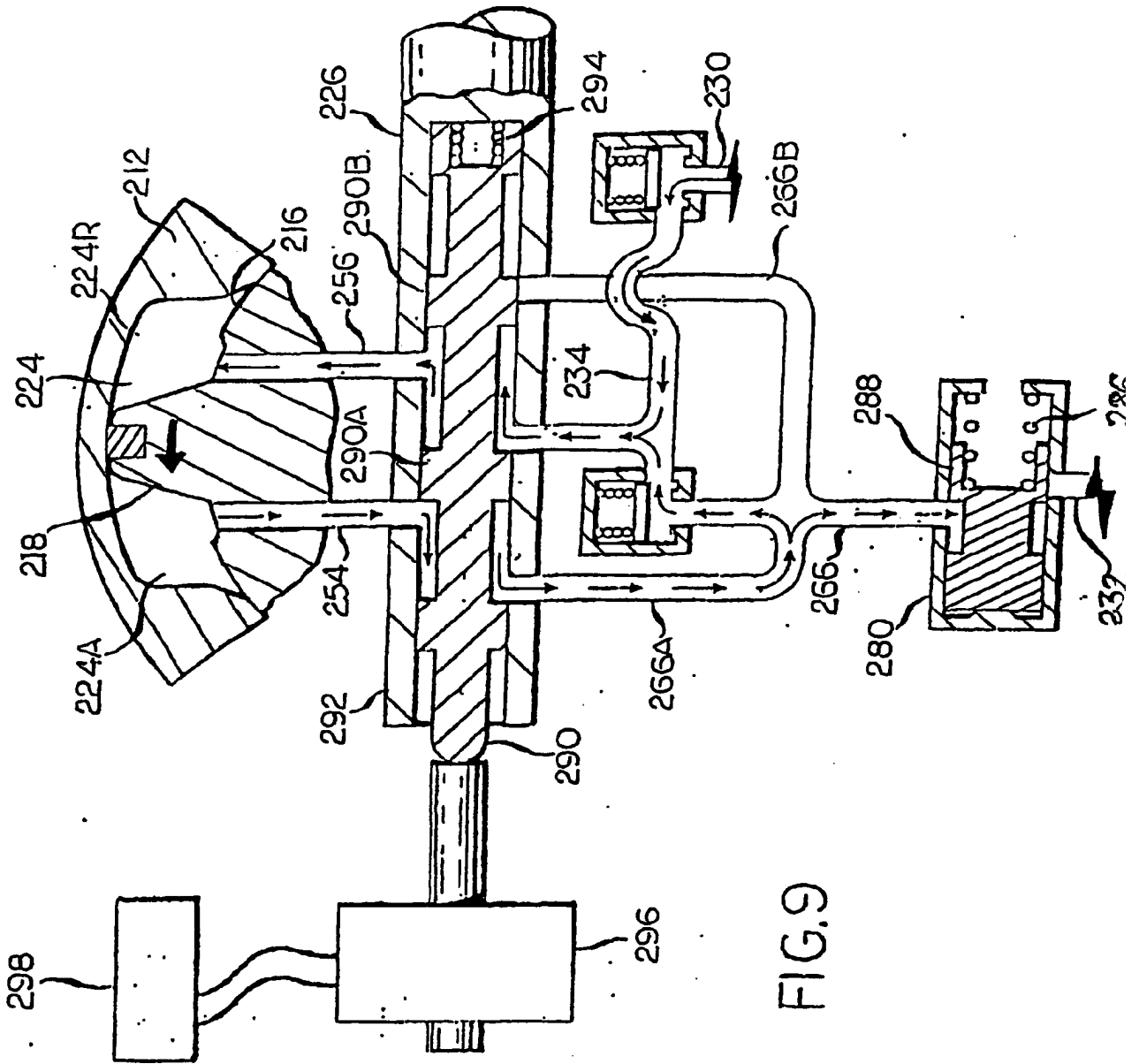


FIG. 9

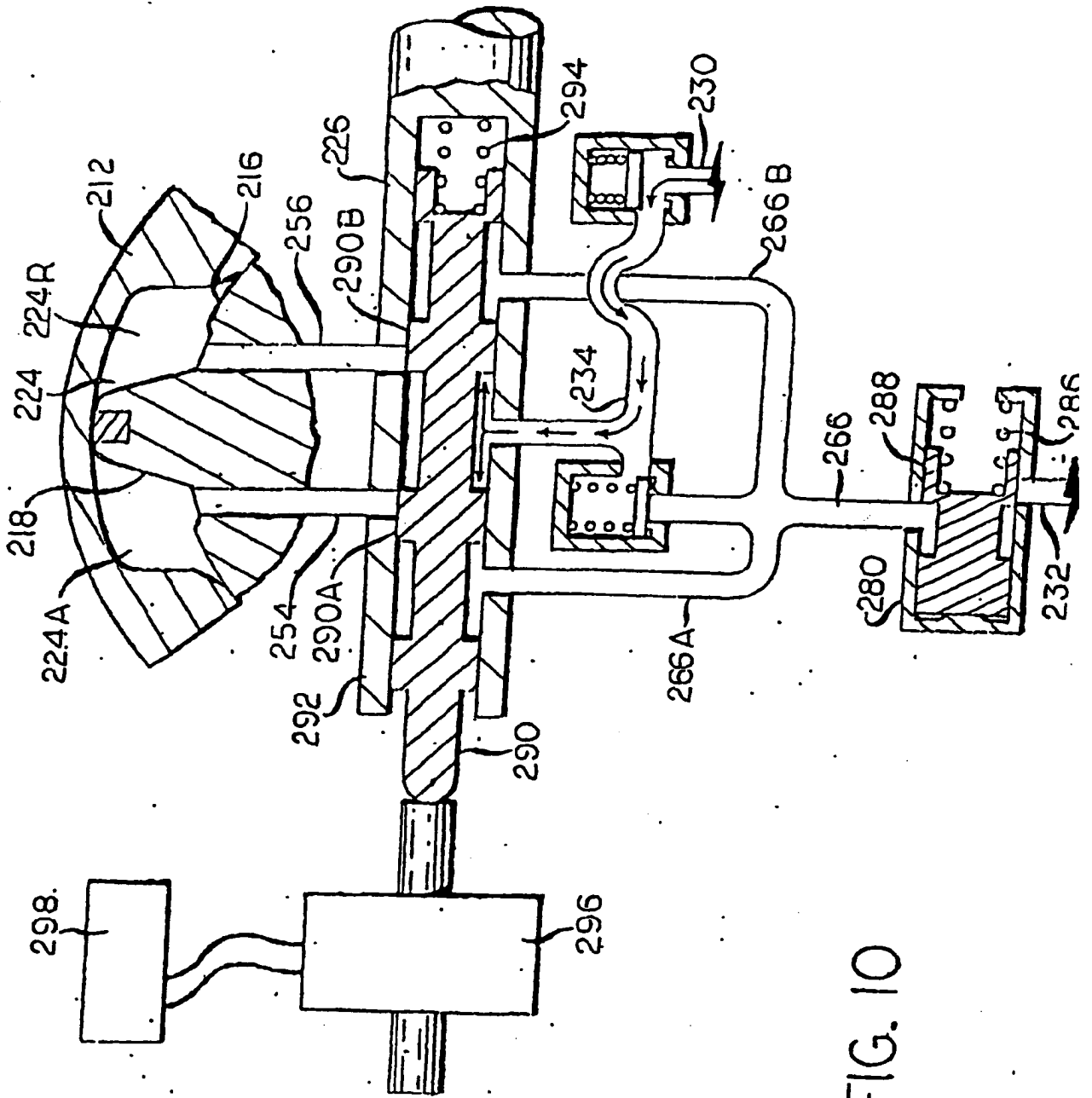


FIG. 10

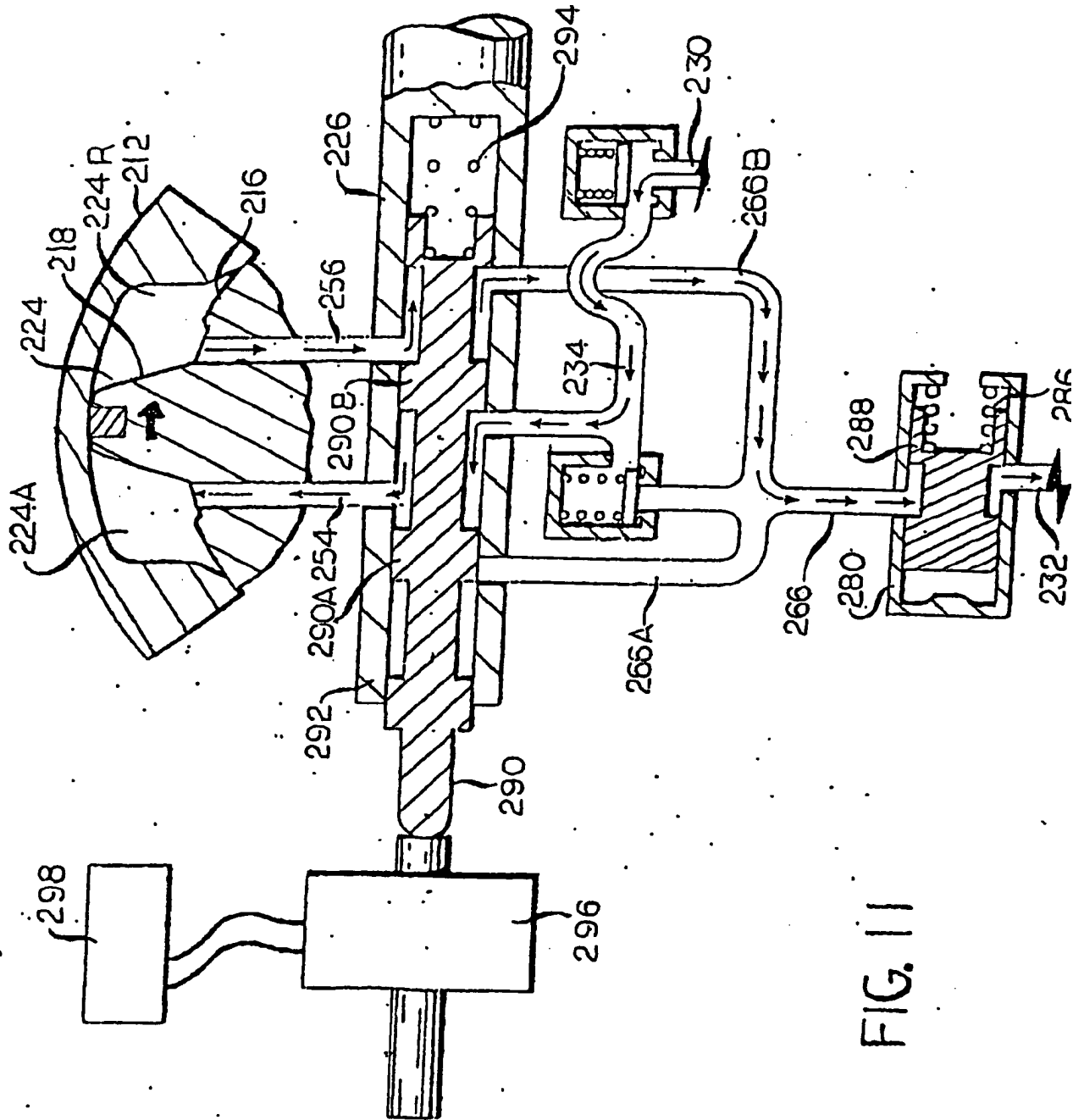


FIG. 11

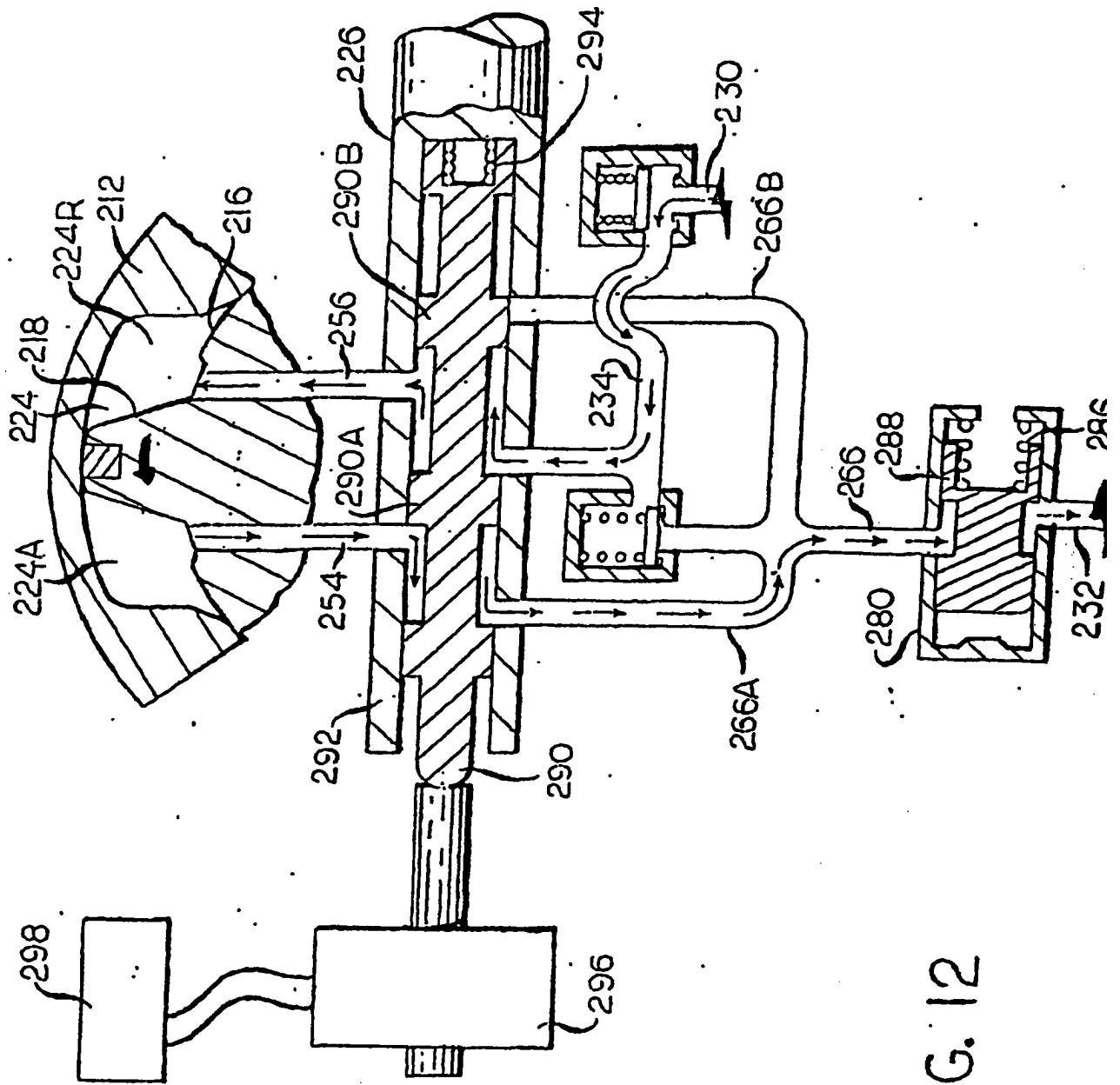


FIG. 12



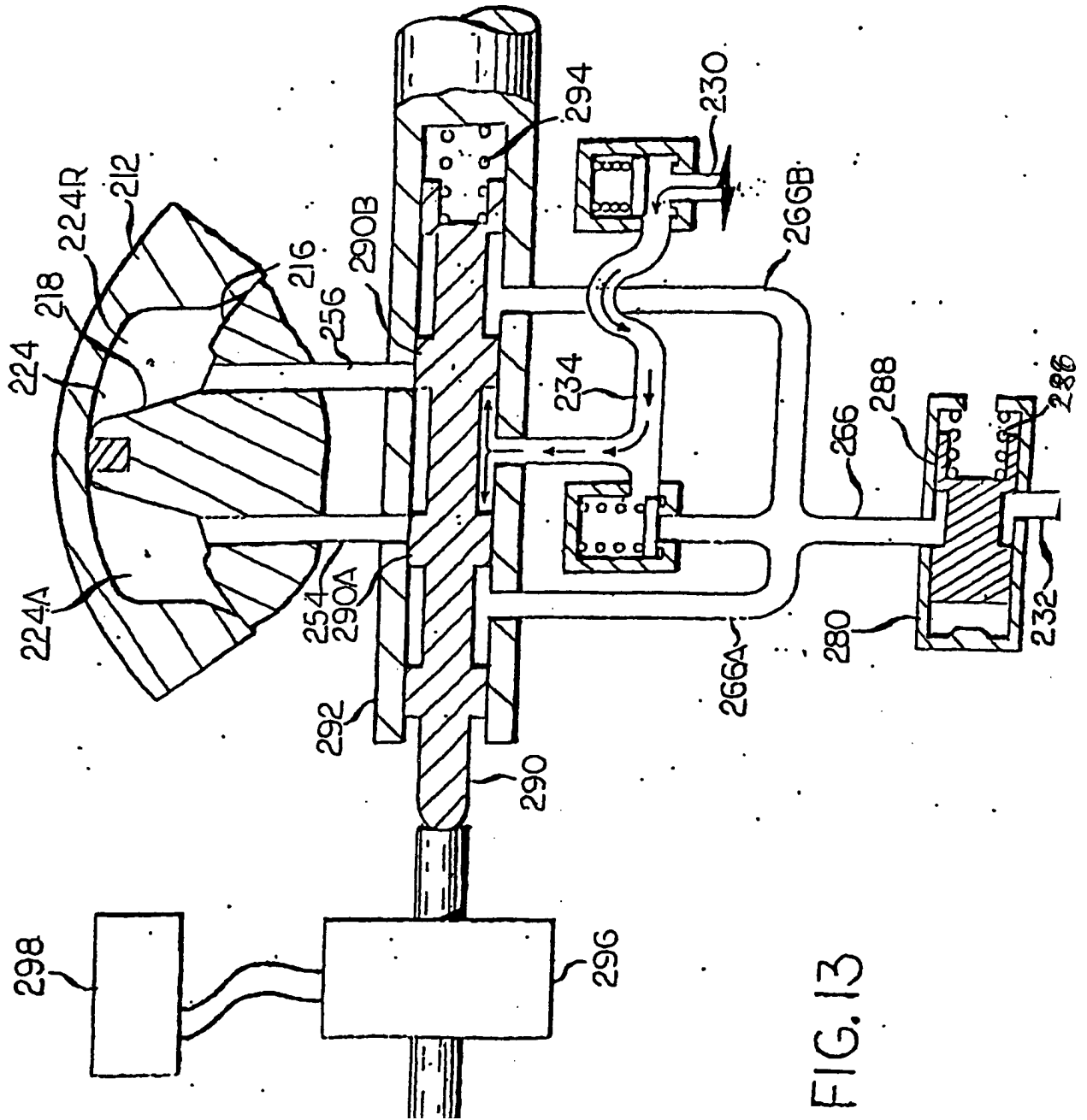


FIG. 13