



(10) **DE 10 2008 041 876 B4** 2019.05.29

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 041 876.5**  
(22) Anmeldetag: **08.09.2008**  
(43) Offenlegungstag: **09.04.2009**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **29.05.2019**

(51) Int Cl.: **F02M 26/48 (2016.01)**  
**F02D 21/08 (2006.01)**  
**F16K 31/04 (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).

(30) Unionspriorität:  
**2007-243259 20.09.2007 JP**

(73) Patentinhaber:  
**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP**

(74) Vertreter:  
**TBK, 80336 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Sasaki, Kazushi, Kariya-shi, Aichi-ken, JP;**  
**Shimane, Osamu, Kariya-shi, Aichi-ken, JP**

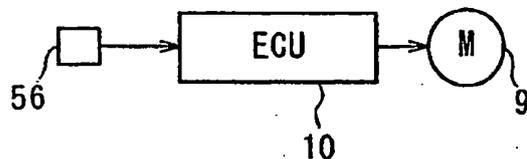
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 07 160	A1
DE	196 07 538	A1
DE	10 2007 011 651	A1
US	7 234 444	B2
US	4 641 624	A
JP	2005- 233 063	A
JP	2003- 314 337	A

(54) Bezeichnung: **Ventilöffnungs- und Schliessteuergerät**

(57) Hauptanspruch: Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät mit einer Fluidsteuerungsventilvorrichtung (110), die Folgendes aufweist:  
ein Gehäuse (4), das einen Fluiddurchgang (6) ausbildet, der mit einer Brennkammer einer Brennkraftmaschine verbunden ist; und  
ein Ventil (1), das in dem Fluiddurchgang (6) öffenbar und schließbar aufgenommen ist;  
einem Stellglied (120), das Folgendes aufweist:  
einen Elektromotor (9), der eine Antriebskraft erzeugt, um das Ventil (1) in eine Ventilöffnungsrichtung oder eine Ventilschließrichtung anzutreiben; und  
eine Vielzahl von Zahnrädern (41 bis 43), die die Antriebskraft des Elektromotors (9) zu dem Ventil (1) übertragen;  
einer ersten Ventildrängereinrichtung (31) zum Drängen des Ventils (1) in die Ventilschließrichtung;  
einer zweiten Ventildrängereinrichtung (32) zum Drängen des Ventils (1) in die Ventilöffnungsrichtung;  
einer Ventilpositionserfassungseinrichtung (130) zum Erfassen einer derzeitigen Position des Ventils (1); und  
einer Steuerungseinheit (10), die eine elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (9) zugeführt wird, derart variabel steuert, dass eine Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (13) erfasst wird, mit einem Steuerungswert des Ventils (1) übereinstimmt, wobei

die Steuerungseinheit (10) die elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (9) zugeführt wird, derart variabel steuert, dass das Ventil (1) eine Öffnungs- und Schließbewegung innerhalb eines vorbestimmten Ventilöffnungsgradbereiches ...



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät, das ein Ventil antreibt.

**[0002]** Um schädliche Komponenten (z. B. Stickstoffoxide, die auch als NO<sub>x</sub> bezeichnet werden) zu reduzieren, die in dem Abgas beinhaltet sind, das von jeder Brennkammer der Brennkraftmaschine (z. B. einer Dieselmachine) ausgestoßen wird, ist ein Abgasrückführungsgerät, das eine Abgasrückführungsleitung und ein AGR - Steuerungsventil hat, vorgeschlagen (siehe z. B. JP 2005-233063 A) Die Abgasrückführungsleitung führt einen Teil des Abgases, das von jeder Brennkammer der Brennkraftmaschine ausgestoßen wird, in ein Einlasssystem der Brennkraftmaschine zurück. Das AGR - Steuerungsventil steuert eine Rückführungsmenge des AGR - Gases (eine AGR - Menge) variabel, das in der Abgasrückführungsleitung strömt.

**[0003]** Wie in **Fig. 6** gezeigt ist, hat das AGR - Steuerungsventil, das in dem Abgasrückführungsgerät eingebaut ist, ein Gehäuse **101**, eine Düse **103**, ein Klappenventil **105**, eine Ventilwelle **106** und ein Stellglied. Das Gehäuse **101** bildet einen Abschnitt der Abgasrückführungsleitung aus. Die Düse **103** ist in einem zylindrischen Abschnitt **102** des Gehäuses **101** befestigt und ist durch diesen gestützt. Das Klappenventil **105** ist in einem Inneren (einem Abgasdurchgang **104**) der Düse **103** derart aufgenommen, dass das Klappenventil **105** darin geöffnet und geschlossen werden kann. Die Ventilwelle **106** stützt das Klappenventil **105**. Das Stellglied treibt das Klappenventil **105** durch die Ventilwelle **106** an, um die Ventilöffnungsbewegung und die Ventilschließbewegung des Klappenventils **105** auszuführen.

**[0004]** Eine einzelne Spiralfeder, in der eine erste Feder **111** und eine zweite Feder **112** gemeinsam integriert sind, ist als eine Ventildrängeinrichtung des AGR - Steuerungsventils vorgesehen. Die erste Feder **111** bringt eine Federlast auf das Klappenventil **105** in der Ventilschließrichtung auf und die zweite Feder **112** bringt eine Federlast auf das Klappenventil **105** in der Ventilöffnungsrichtung auf. Ein Endabschnitt der ersten Feder **111** und der andere Endabschnitt der zweiten Feder **112** sind jeweils in entgegengesetzte Richtungen gewickelt.

**[0005]** Das Stellglied hat einen Elektromotor (der als eine Antriebsquelle dient) **107** und einen Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus. Der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus reduziert die Drehzahl einer Motorwelle **109** in zwei Schritten und erhöht dadurch die Antriebskraft (das Drehmoment) des Motors **107**, um die Ventilwelle **106** des Klappenventils **105** anzutreiben. Der Drehzahlreduktionsgetrie-

bemechanismus hat ein erstes bis drittes Zahnrad **121** bis **123**.

**[0006]** Das erste Zahnrad **121** ist ein Motorzahnrad, das an der Motorwelle **109** des Motors **107** fixiert ist und um eine Achse der Motorwelle **109** gedreht wird. Das zweite Zahnrad **122** ist ein Zwischendrehzahlreduktionszahnrad, das um eine Achse einer Zahnradwelle **124** gedreht wird, die fest in das Gehäuse **101** pressgepasst ist. Das zweite Zahnrad **122** hat ein Zahnrad mit großem Durchmesser und ein Zahnrad mit kleinem Durchmesser, die einstückig ausgebildet sind. Das Zahnrad mit großem Durchmesser ist mit dem ersten Zahnrad **121** in Eingriff und das Zahnrad mit kleinem Durchmesser ist mit dem dritten Zahnrad **123** in Eingriff. Das dritte Zahnrad **123** ist ein Ventilzahnrad, das an der Ventilwelle **106** des Klappenventils **105** fixiert ist und um eine Achse der Ventilwelle **106** gedreht wird. Im Allgemeinen ist ein vorbestimmter Abstand (Spiel) zwischen gegenüberliegenden Zahnflächen von benachbarten Zahnradern erforderlich, um eine gleichmäßige Bewegung der Zahnräder zu ermöglichen.

**[0007]** Das Abgas, das von jeder Brennkammer der Brennkraftmaschine ausgestoßen wird, beinhaltet feine Partikelfremdstoffe (Abgasfeinpartikel, Feinstaub) wie z. B. Verbrennungsrückstände oder Kohlenstoffpartikel. Somit kann es möglich sein, dass eine Ablagerung (eine Anhaftung oder ein Sediment) der Partikelfremdstoffe, die in dem Abgas beinhaltet sind, in dem Inneren des AGR - Steuerungsventils während des Betriebs der Brennkraftmaschine anhaftet oder sich darin ansammelt.

**[0008]** In dem Fall, in dem die Ablagerung um das Ventil des AGR - Steuerungsventils anhaftet oder sich ablagert, wenn eine Viskosität der Ablagerung während eines Abfalls der Temperatur der Ablagerung nach einem Maschinenstopp relativ hoch ist, kann möglicherweise ein Ventilhängenbleiben (ein Hängenbleiben des Ventils, das durch die Viskoseablagerung verursacht wird) aufgrund der Verfestigung der Ablagerung auftreten.

**[0009]** In dem Fall des AGR - Steuerungsventils, das in JP 2005-233063 A (entspricht US 7 234 444 B2) offenbart ist, wird das Klappenventil **105** durch die Antriebskraft des Motors **107** zum Ausführen der Öffnungs- und Schließbewegung des Klappenventils **105** zumindest einmal über die vollständig geschlossene Ventilposition angetrieben und dann in der Ventilstoppposition gestoppt, nachdem die vollständig geschlossene Ventilposition passiert wurde, um das Hängenbleiben des Klappenventils **105** zu verhindern, das durch die Ansammlung und Verfestigung der Ablagerung verursacht wird. In diesem Fall wird die Ablagerung, die um das Ventil **105** anhaftet oder sich um dieses angesammelt hat, von einer Durchgangswandfläche der Düse **103** um die

vollständig geschlossene Ventilposition herum abgeschabt.

**[0010]** Außerdem ist auch ein AGR - Steuerungsventil bekannt, in dem das Klappenventil **105** angetrieben wird, um die Öffnungs- und Schließbewegung des Klappenventils **105** zumindest einmal innerhalb eines vorbestimmten Bereichs auszuführen, der sich von einer Lage vor der vollständig geschlossenen Ventilposition und einer Lage nach der vollständig geschlossenen Ventilposition erstreckt, und dann das Klappenventil **105** in der vollständig geschlossenen Ventilposition gestoppt wird, so dass die Ablagerung, die an der Durchgangswandfläche des Gehäuses **101** anhaftet oder sich an dieser angesammelt hat, abgeschabt wird (siehe z. B. JP 2003-314377 A).

**[0011]** Bei den AGR - Steuerungsventilen, die in JP 2005-233063 A (entspricht US 7 234 444 B2) und JP 2003-314377 A offenbart sind, wird ein relativ lautes Stoßgeräusch (Kollisionsgeräusch) aufgrund einer Kollision zwischen den Zahnflächen der benachbarten Zahnräder erzeugt, wenn das Klappenventil **105** zwischen den zwei Sollpositionen bei dem Ablagerungsabschabbetrieb über die Neutralposition hin- und herbewegt wird, in der die Federlast der ersten Feder **111** und die Federlast der zweiten Feder **112** miteinander im Gleichgewicht sind. Dies entsteht aufgrund der Umkehr der Richtung des Spiels zwischen den Zahnflächen des ersten und des zweiten Zahnrads **121**, **122** und der Umkehr der Richtung des Spiels zwischen den Zahnflächen des zweiten und des dritten Zahnrads **122**, **123** zu dem Zeitpunkt, in dem die Neutralposition passiert wird.

**[0012]** Da dieses Stoßgeräusch der Körperschall ist, kann das Stoßgeräusch durch Reduzieren der Ventilbewegungsgeschwindigkeit während dessen Bewegung möglicherweise reduziert werden. Wenn die Ventilbewegungsgeschwindigkeit reduziert wird, verlängert sich nachteilig die Zeitdauer, die für die Ablagerungsabschabarbeit erforderlich ist. Dadurch verlängert sich die Zeit zwischen dem Abschalten des Zündschalters und dem Abschalten eines Hauptrelais einer Maschinensteuerungseinheit (ECU). Dadurch erhöht sich nachteilig ein Risiko im Hinblick auf eine Fahrzeugeinbruchssicherheit in einem Fahrzeug, das ein Einbruchsicherheitssystem hat.

**[0013]** Bei der Ablagerungsabschabarbeit, wenn die Bewegung des Klappenventils **105** derart festgelegt ist, dass sich das Klappenventil **105** nicht über die Neutralposition bewegt, wird das Stoßgeräusch nicht erzeugt, das durch die Kollision zwischen den Zahnflächen der Zahnräder verursacht wird. Jedoch weicht in einem derartigen Fall die Ventilstoppposition zu der Zeit des Stoppens der Energiezufuhr zu dem Motor **107** von der vollständig geschlossenen Ventilposition ab. Daher ist das Klappenventil **105** in dem offenen Zustand angeordnet. Dadurch wird zu

dem Zeitpunkt einer Störung des AGR - Steuerungsventils, d. h. zu dem Zeitpunkt einer Störung des Motors **107**, das AGR - Gas immer in das Einlasssystem der Brennkraftmaschine rückgeführt. Somit kann möglicherweise die AGR - Menge relativ zu der Einlassluftmenge außerordentlich hoch sein. Wenn die AGR - Menge relativ zu der Einlassluftmenge außerordentlich hoch ist, kann eine Fehlzündung der Brennkraftmaschine auftreten. Dies kann zu einem Abwürgen der Maschine führen und dadurch kann das Fahrzeug nicht angetrieben werden.

**[0014]** DE 10 2007 011 651 A1 zeigt ein Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät mit einer Fluidsteuerungsventilvorrichtung, die Folgendes aufweist: ein Gehäuse, das einen Fluiddurchgang ausbildet, der mit einer Brennkammer einer Brennkraftmaschine verbunden ist; und ein Ventil, das in dem Fluiddurchgang offenbar und schließbar aufgenommen ist; einem Stellglied, das Folgendes aufweist: einen Elektromotor, der eine Antriebskraft erzeugt, um das Ventil in eine Ventilöffnungsrichtung oder eine Ventilschließrichtung anzutreiben; und eine Vielzahl von Zahnrädern, die die Antriebskraft des Elektromotors zu dem Ventil übertragen; einer ersten Ventildrängereinrichtung zum Drängen des Ventils in die Ventilschließrichtung; einer zweiten Ventildrängereinrichtung zum Drängen des Ventils in die Ventilöffnungsrichtung; einer Ventilpositionserfassungseinrichtung zum Erfassen einer derzeitigen Position des Ventils; und einer Steuerungseinheit, die eine elektrische Energie, die zu dem Elektromotor zugeführt wird, derart variabel steuert, dass eine Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung erfasst wird, mit einem Steuerungssollwert des Ventils übereinstimmt.

**[0015]** Weitere Ventilöffnungs- und Schließsteuergeräte gemäß dem Stand der Technik sind in US 4 641 624 A, DE 196 07 538 A1 und DE 101 07 160 A1 offenbart.

**[0016]** Die vorliegende Erfindung ist in Anbetracht der vorstehenden Nachteile bereitgestellt. Somit ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät vorzusehen, das eine Entstehung eines Stoßgeräusches einschränken kann, das durch eine Kollision zwischen den Zahnflächen von benachbarten Zahnrädern zu dem Zeitpunkt eines Ausführens einer Ablagerungsabschabarbeit auftritt.

**[0017]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch ein Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst.

**[0018]** Vorteilhafte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen dargelegt.

**[0019]** Erfindungsgemäß ist ein Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät bereitgestellt, das eine Fluidsteuerungsventilvorrichtung, ein Stellglied, eine erste Ventildrängeinrichtung, eine zweite Ventildrängeinrichtung, eine Ventilpositionserfassungseinrichtung und eine Steuerungseinheit hat. Die Fluidsteuerungsventilvorrichtung hat ein Gehäuse und ein Ventil. Das Gehäuse bildet einen Fluiddurchgang aus, der mit einer Brennkammer einer Brennkraftmaschine verbunden ist. Das Ventil ist in dem Fluiddurchgang in einer öffenbaren und schließbaren Weise aufgenommen. Das Stellglied hat einen Elektromotor und eine Vielzahl von Zahnrädern. Der Elektromotor erzeugt eine Antriebskraft, um das Ventil in eine Ventilöffnungsrichtung oder eine Ventilschließrichtung anzutreiben. Die Vielzahl von Zahnrädern übertragen die Antriebskraft des Elektromotors zu dem Ventil. Die erste Ventildrängeinrichtung dient zum Drängen des Ventils in der Ventilschließrichtung. Die zweite Ventildrängeinrichtung dient zum Drängen des Ventils in der Ventilöffnungsrichtung. Die Ventilpositionserfassungseinrichtung dient zum Erfassen einer derzeitigen Position des Ventils. Die Steuerungseinheit steuert eine elektrische Energie variabel, die zu dem Elektromotor derart zugeführt wird, dass eine Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung erfasst wird, mit einem Steuerungssollwert des Ventils übereinstimmt. Die Steuerungseinheit steuert die elektrische Energie, die zu dem Elektromotor zugeführt wird, derart variabel, dass das Ventil eine Öffnungs- und Schließbewegung innerhalb eines vorbestimmten Ventilöffnungsgradsbereichs über eine Neutralposition zwischen einer ersten Zwischenposition und einer zweiten Zwischenposition wiederholt. Die Neutralposition ist in oder benachbart zu einer vollständig geschlossenen Position angeordnet, in der das Ventil vollständig geschlossen ist, um den Fluiddurchgang zu schließen. Eine Drängkraft der ersten Ventildrängeinrichtung ist mit einer Drängkraft der zweiten Ventildrängeinrichtung in der Neutralposition im Gleichgewicht. Die erste Zwischenposition ist von der Neutralposition in der Ventilöffnungsrichtung versetzt. Die zweite Zwischenposition ist von der Neutralposition in der Ventilschließrichtung versetzt. Wenn die Steuerungseinheit die elektrische Energie variabel steuert, die zu dem Elektromotor zugeführt wird, um die Ventilöffnungs- und Schließbewegung des Ventils zu wiederholen, legt die Steuerungseinheit zunächst eine Position von der Neutralposition und einer Position benachbart zu der Neutralposition als den Steuerungssollwert fest, bis die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungsvorrichtung erfasst wird, unmittelbar vor der einen Position von der Neutralposition und der Position benachbart zu der Neutralposition angeordnet ist. Die Steuerungseinheit verändert danach den Steuerungssollwert auf die erste Zwischenposition oder die zweite Zwischenposition, wenn die Steuerungseinheit bestimmt, dass die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungsvorrichtung erfasst wird, die eine Po-

sition von der Neutralposition und der Position benachbart zu der Neutralposition erreicht.

**[0020]** Die Erfindung kann gemeinsam mit ihren Merkmalen und Vorteilen am besten aus der nachstehenden Beschreibung, den angefügten Ansprüchen und den beigelegten Zeichnungen verstanden werden.

**Fig. 1A** ist ein Blockschaubild, das ein AGR - Steuergerät einer Brennkraftmaschine gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt;

**Fig. 1B** ist eine Schnittansicht, die ein Abgasrückführungssteuerungsventil (AGR) gemäß dem Ausführungsbeispiel zeigt;

**Fig. 2** ist ein Schaubild, das eine Lastrichtung einer Feder in einer vollständig geöffneten Ventilposition eines Klappenventils gemäß dem Ausführungsbeispiel zeigt;

**Fig. 3** ist ein Schaubild, das eine Lastrichtung der Feder in einer vollständig geschlossenen Ventilposition des Klappenventils gemäß dem Ausführungsbeispiel zeigt;

**Fig. 4** ist ein Schaubild, das einen neutralen Zustand der Feder in einem Federgleichgewichtspunkt gemäß dem Ausführungsbeispiel zeigt;

**Fig. 5** ist ein Zeitdiagramm, das eine Veränderung eines Sollöffnungsgrads des Klappenventils und eines tatsächlichen Öffnungsgrads des Klappenventils zu dem Zeitpunkt eines Ausführens der Ablagerungsabschubarbeit gemäß dem Ausführungsbeispiel zeigt;

**Fig. 6** ist eine Schnittansicht eines Abgasrückführungssteuerventils (AGR) gemäß dem Stand der Technik; und

**Fig. 7** ist ein Zeitdiagramm, das eine Veränderung eines Sollöffnungsgrads des Klappenventils und eines tatsächlichen Öffnungsgrads eines Klappenventils zu dem Zeitpunkt eines Ausführens der Ablagerungsabschubarbeit gemäß dem Stand der Technik zeigt.

**[0021]** Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist nachstehend in Bezug auf **Fig. 1A** bis **Fig. 5** beschrieben.

**[0022]** Ein Steuerungssystem einer Brennkraftmaschine (nachstehend einfach als eine Maschine bezeichnet), die in einem Maschinenraum eines Fahrzeugs gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eingebaut ist, wird als ein AGR - Steuerungssystem (Abgasrückführungssteuerungssystem) der Maschine verwendet, das eine Rückführungsmenge (auch als eine AGR - Menge oder als ein AGR - Verhältnis bezeichnet) eines Abgases (AGR - Gas) steuert, das auf der Grundlage eines Betriebszustands der Ma-

schine von einem Abgassystem der Maschine zu einem Einlasssystem rückgeführt wird.

**[0023]** Das AGR - Steuerungssystem (ein Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät) der Maschine gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel hat eine Einlassleitung, eine Abgasleitung, eine Abgasrückführungsleitung, ein Abgasrückführungssteuerungsventil **110** (auch als ein Abgassteuerungsventil, ein AGR - Steuerungsventil und nachstehend als ein AGRV bezeichnet) und eine Ventilöffnungs- und Schließsteuerungsvorrichtung. Die Einlassleitung und die Abgasleitung sind mit einer Brennkammer jedes Zylinders der Maschine verbunden. Die Abgasrückführungsleitung führt einen Teil des Abgases, das von der Brennkammer jedes Zylinders ausgestoßen wird, von dem Abgassystem (der Abgasleitung) zu dem Einlasssystem (der Einlassleitung) zurück. Das AGRV **110** steuert die Rückführungsmenge des AGR - Gases, das in der Abgasrückführungsleitung strömt. Die Ventilöffnungs- und Schließsteuerungsvorrichtung steuert ein Öffnen und Schließen eines Ventilelements **1** (oder vereinfacht als ein Ventil bezeichnet und nachstehend als ein Klappenventil bezeichnet).

**[0024]** Die Maschine ist eine Dieselmachine mit Direktkraftstoffeinspritzung, in der ein Kraftstoff direkt in die Brennkammer jedes Zylinders eingespritzt wird. Außerdem kann die Maschine eine Dieselmachine mit einer Aufladung sein (eine Maschine mit einem Turbolader oder vereinfacht als eine Turboladermaschine bezeichnet).

**[0025]** Das Abgasrückführungsgerät des vorliegenden Ausführungsbeispiels hat die Abgasrückführungsleitung und das vorstehend beschriebene AGRV **110**. Die Abgasrückführungsleitung verbindet einen Zweigabschnitt der Abgasleitung und einen Zusammenlaufabschnitt der Einlassleitung. Das AGRV **110** ist in der Abgasrückführungsleitung angeordnet. In dem Inneren der Abgasrückführungsleitung verbindet ein Abgasrückführungsdurchgang einen Abgasdurchgang in der Abgasleitung und einen Einlassdurchgang, der in der Einlassleitung ausgebildet ist. Die Abgasrückführungsleitung bildet einen Fluiddurchgang aus, der mit der Brennkammer jedes Zylinders der Maschine verbunden ist.

**[0026]** Das AGRV **110** dient als eine Fluidsteuerungsventilvorrichtung der vorliegenden Erfindung und hat das Klappenventil **1** (AGR - Steuerungsventil), einen Dichtungsring **3**, ein Gehäuse **4** und eine Düse **5**. Das Klappenventil **1** steuert die Rückführungsmenge des AGR - Gases. Der Dichtungsring **3** ist in einer Dichtungsringnut (einer ringförmigen Nut) befestigt, die in einer Außenumfangsfläche des Klappenventils **1** ausgebildet ist. Das Gehäuse **4** bildet einen Teil des Abgasrückführungsdurchgangs aus. Die

Düse **5** ist in einem zylindrischen Abschnitt des Gehäuses **4** befestigt.

**[0027]** Das AGRV **110** bildet ein Fluidströmungsmengensteuerungsventil aus, das eine Abgasströmungsquerschnittsfläche des Abgasrückführungsdurchgangs (des Fluiddurchgangs) **6** verändert, der in dem Inneren des Gehäuses **4** und der Düse **5** ausgebildet ist, um die AGR - Menge variabel zu steuern, die in die Einlassluft gemischt wird (das AGR - Verhältnis relativ zu der frischen Einlassluftmenge).

**[0028]** Außerdem dichtet das AGRV **110** zwischen dem Klappenventil **1** und dem Gehäuse **4** unter Verwendung einer radial nach außen gerichteten Kraft des Dichtungsringes **3** hermetisch ab, der in der Dichtungsringnut des Klappenventils **1** aufgenommen ist. Das Gehäuse **4** hat die Düse **5**, die das Klappenventil **1** derart aufnimmt, dass eine Öffnungs- und Schließbewegung des Klappenventils **1** ermöglicht wird (d. h. in einer offenbaren und schließbaren Weise).

**[0029]** Die Ventilöffnungs- und Schließsteuerungsvorrichtung hat eine Feder **7** (eine Ventildrängeinrichtung), eine Ventilantriebsvorrichtung (eine Ventilantriebseinrichtung) und eine Maschinensteuerungseinheit **10** (auch als eine Motorsteuerungseinrichtung oder Motorsteuerungseinheit bezeichnet und nachstehend als eine ECU bezeichnet). Die Feder **7** drängt das Klappenventil **1** in Richtung einer vollständig geschlossenen Position. Die Ventilantriebvorrichtung hat einen Elektromotor **9** als eine Antriebsquelle und treibt das Klappenventil **1** in einer Ventilschließrichtung und einer Ventilöffnungsrichtung an. Die ECU **10** steuert einen Ventilöffnungsgrad (eine Ventilposition, einen AGRV - Öffnungsgrad) des Klappenventils **1** durch Verändern der elektrischen Energie, die zu dem Motor **9** zugeführt wird.

**[0030]** Das AGRV **110** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist in der Abgasrückführungsleitung des Abgasrückführungsgeräts angeordnet. Alternativ kann das AGRV **110** in dem Zweigabschnitt angeordnet sein, in dem sich die Abgasrückführungsleitung von der Abgasleitung abzweigt. Alternativ kann das AGRV **110** in dem Zusammenlaufabschnitt angeordnet sein, bei dem die Abgasrückführungsleitung mit der Einlassleitung zusammenläuft.

**[0031]** Ein Getriebegehäuse **14** ist einstückig an einem Außenwandabschnitt des Gehäuses **4** ausgebildet. Eine Motorwelle **11**, eine Zwischenwelle **12** und eine Ventilwelle **13** sind parallel zueinander in dem Getriebegehäuse **14** angeordnet. Die Motorwelle **11** ist eine Welle des Motors **9**. Die Zwischenwelle **12** ist eine Zwischendrehzahlreduzierungsgetriebewelle, die sich in der axialen Richtung erstreckt. Die Ventilwelle **13** ist eine Welle des Klappenventils **1**.

**[0032]** Das Klappenventil **1** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist aus einem wärmebeständigen Material (z. B. aus rostfreiem Stahl) hergestellt und ist als eine im Allgemeinen kreisförmige Platte ausgebildet. Das Klappenventil **1** ist in dem Abgasrückführungsdurchgang **6** des Gehäuses **4** und der Düse **5** in einer öffenbaren und schließbaren Weise aufgenommen. Das Klappenventil **1** hat die Ventilwelle **13**, die einen Drehmittelpunkt des Klappenventils **1** bildet. Das Klappenventil **1** ist ein drehbares Ventil einer Klappenbauart (Klappenbauartventil), das sich relativ zu dem Gehäuse **4** dreht, um den Abgasrückführungsdurchgang **6** zu öffnen und zu schließen. Außerdem ist das Klappenventil **1** ein Ventil einer Taumelscheibenart und ist an einem axialen Ende der Ventilwelle **13** in einem Zustand fixiert, in dem das Klappenventil **1** um einen vorbestimmten Winkel relativ zu der Mittelachse der Ventilwelle **13** geneigt ist, die durch die Antriebskraft (nachstehend das Antriebsdrehmoment) des Motors **9** gedreht wird.

**[0033]** Das Klappenventil **1** ist innerhalb eines vorbestimmten Ventilsteuerungsbereichs drehbar, der durch einen ersten und einen zweiten Anschlag begrenzt ist, auf der Grundlage eines Steuerungssignals, das von der ECU **10** während der Maschinenbetriebszeitdauer erhalten wird. Wenn der AGRV - Öffnungsgrad des Klappenventils **1** innerhalb des Ventilsteuerungsbereichs verändert wird, wird die Öffnungsfläche des Abgasrückführungsdurchgangs **6** (die Abgasströmungsquerschnittsfläche) verändert, um die AGR - Menge (die Fluidströmungsmenge) des AGR - Gases zu verändern, das in die Einlassluft gemischt wird, die in dem Einlassluftdurchgang strömt.

**[0034]** Außerdem hat das Klappenventil **1** einen Ventilaußendurchmesserabschnitt, der einen Außendurchmesser hat, der kleiner als ein Innendurchmesser der zylindrischen Düse **5** ist, die in dem Gehäuse **4** befestigt ist. Die ringförmige Dichtungsringnut ist durchgehend in der Umfangsrichtung in einer Außenumfangsfläche **15** (einer radial äußeren Endumfangsfläche) des Ventilaußendurchmesserabschnitts des Klappenventils **1** ausgebildet. Das heißt, die Dichtungsringnut erstreckt sich am Umfang rund um die radial äußere Endumfangsfläche **15** des Klappenventils **1**. Der einzelne Dichtungsring **3** ist in dem Inneren der Dichtungsringnut befestigt.

**[0035]** Der Dichtungsring **3** ist in einer C-Form ausgebildet und hat einen vorbestimmten Abstand (nicht gezeigt) zwischen zwei am Umfang gegenüberliegenden Enden des Dichtungsring **3**, um eine Ausdehnung und eine Kontraktion des Dichtungsring **3** zu ermöglichen, die durch eine Differenz des Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Gehäuse **4** und dem Dichtungsring **3** verursacht werden. Die radial äußere Endumfangsfläche des Dichtungsring **3** wird als eine Dichtgleitfläche verwendet (nachstehend als eine Gleitfläche bezeichnet), die eine

Durchgangswandfläche des Gehäuses **4** (eine Innenumfangsfläche der Düse **5**) innerhalb eines vorbestimmten Drehwinkelbereichs, der um die vollständig geschlossene Ventilposition angeordnet ist, zu der Zeit der Ventilschließbewegung des Klappenventils **1** gleitbar berührt. Zwei axial gegenüberliegende Kanten der Gleitfläche des Dichtungsring **3** können abgeschrägt oder abgerundet sein, um eine gleichmäßige Öffnungs- und Schließbewegung des Klappenventils **1** zu ermöglichen.

**[0036]** Außerdem ist eine radial innenliegende Seite des Dichtungsring **3** mit einem radial inneren Endabschnitt versehen, der in die Dichtungsringnut des Klappenventils **1** in einer beweglichen Weise in der radialen Richtung, der axialen Richtung und der Umfangsrichtung befestigt ist. Ferner ist eine radial äußere Seite des Dichtungsring **3** mit einem radial äußeren Endabschnitt versehen, der von der radial äußeren Endumfangsfläche **15** des Klappenventils **1** in der radialen Richtung des Klappenventils **1** nach außen vorsteht. Das heißt, in dem Zustand, in dem der radial äußere Endabschnitt des Dichtungsring **3** von der radial äußeren Endumfangsfläche **15** des Klappenventils **1** radial nach außen vorsteht, wird der radial innere Endabschnitt des Dichtungsring **3** in der Dichtungsringnut in der beweglichen Weise in der radialen Richtung, der axialen Richtung und der Umfangsrichtung gehalten.

**[0037]** Das Gehäuse **4** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist aus einer Aluminiumlegierung hergestellt und ist in einer vorbestimmten Form durch Druckguss hergestellt. Das Gehäuse **4** ist eine Vorrichtung (ein Ventilgehäuse), die das Klappenventil **1** in dem Inneren des Abgasrückführungsdurchgangs **6** drehbar (offenbar und schließbar) in der Drehrichtung von der vollständig geschlossenen Ventilposition zu der vollständig geöffneten Ventilposition hält. Das Gehäuse **4** ist in der Abgasrückführungsleitung (oder der Abgasleitung oder der Einlassleitung) mit einem Fixierungselement wie z. B. einer Schraube (nicht gezeigt) fixiert.

**[0038]** Außerdem hat das Gehäuse **4** einen Ventillagerabschnitt **20**, der drehbar und gleitbar die Ventilwelle **13** durch Wellenlagerkomponenten wie z. B. eine Buchse **17**, eine Öldichtung **18** und ein Kugellager **19** stützt.

**[0039]** Ein Wellenaufnahmeloch **21** ist in dem Ventillagerabschnitt **20** ausgebildet, um sich in der axialen Richtung der Ventilwelle **13** zu erstrecken. Ein Verbindungsloch **22** ist an der Düsenseite des Wellenaufnahmelochs **21** ausgebildet. Das Verbindungsloch **22** ist vorgesehen, um Fremdstoffe (z. B. Verbrennungsrückstände oder Kohlenstoffpartikel), die in dem Abgas beinhalten sind, das in das Wellenaufnahmeloch **21** eintritt, in Richtung des Inneren des Abgasrückführungsdurchgangs, der an der stromab-

wärtigen Seite des Klappenventils **1** in der AGR - Gasströmungsrichtung angeordnet ist, unter Verwendung von z. B. einem Einlassleitungsunterdruck rückzuführen.

**[0040]** Das Gehäuse **4** hat weiter einen zylindrischen Düseneingriffsabschnitt (einen zylindrischen Abschnitt) **23**, in dem die Düse **5** befestigt ist. Ferner ist das Gehäuse **4** mit einer Kühlmittleitung **25** verbunden, die ein Maschinenkühlmittel in einem Kühlmittelführungsdurchgang **24** leitet, der z. B. um die vollständig geschlossene Ventilposition oder um den Ventilwellenlagerabschnitt **20** oder den Düseneingriffsabschnitt **23** ausgebildet ist. Das Gehäuse **4** bildet eine Getriebeaufnahmekammer **26** (eine Motoraufnahmekammer), die den Motor **9** und einen Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus aufnimmt, zwischen einer Sensorabdeckung **8** und dem Getriebegehäuse **14** aus.

**[0041]** Die Düse **5** ist ein zylindrischer Abschnitt, der einen Abschnitt der Abgasrückführungsleitung ausbildet und das Klappenventil **1** öffnbar und schließbar aufnimmt. Die Düse **5** ist aus einem wärmebeständigen Material (z. B. aus rostfreiem Stahl) hergestellt und ist in einer zylindrischen Leitungsform ausgebildet. Die Düse **5** ist in dem Innenumfangsteil des Düseneingriffsabschnitts **23** des Gehäuses **4** durch z. B. eine Presspassung befestigt. Der Abgasrückführungsdurchgang **6** ist in dem Inneren der Düse **5** ausgebildet. Eine Dichtungsringfläche (auch als eine Kontaktfläche bezeichnet und nachstehend als eine Sitzfläche bezeichnet) ist in der Innenumfangsfläche der Düse **5** insbesondere in der Innenumfangsfläche (der Durchgangswandfläche des Gehäuses **4**) um die vollständig geschlossene Ventilposition der Düse **5** ausgebildet. Die Sitzfläche ist zu dem Zeitpunkt der Schließbewegung des Klappenventils **1** fest mit der Gleitfläche des Dichtungsringes **3** eingreifbar. Die Düse **5** hat ein Wellenaufnahmeloch **29**, durch das die Welle **13** aufgenommen ist.

**[0042]** Die Feder **7** hat eine Rückstellfeder **31** und eine Vorgabefeder **32**. Die Rückstellfeder **31** bringt eine Drängkraft (eine Federlast) auf, um das Klappenventil **1** in die Ventilschließrichtung relativ zu einem letzten Zahnrad (einem nachstehend beschriebenen dritten Zahnrad) zu drängen, das von dem ersten bis dritten Zahnrad des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus am nächsten zu dem Klappenventil **1** angeordnet ist. Die Vorgabefeder **32** bringt eine Drängkraft (eine Federlast) auf, um das Klappenventil **1** in die Ventilöffnungsrichtung relativ zu dem dritten Zahnrad zu drängen.

**[0043]** Die Feder **7** ist zwischen einer ersten Vertiefung **33** und einer zweiten Vertiefung **34** aufgenommen, die ringförmig sind und an dem Außenwandabschnitt des Gehäuses **4** (dem Getriebegehäuse **14**) und einem ringförmigen Teil des dritten Zahnrads vor-

gesehen sind. Ein Endabschnitt (ein linker Endabschnitt in der Zeichnung) der Rückstellfeder **31** und der andere Endabschnitt (ein rechter Endabschnitt in der Zeichnung) der Vorgabefeder **32** sind in entgegengesetzte Richtungen gewickelt, und der andere Endabschnitt (ein rechter Endabschnitt in der Zeichnung) der Rückstellfeder **31** und der eine Endabschnitt (ein linker Endabschnitt in der Zeichnung) der Vorgabefeder **32** sind gemeinsam gekoppelt, so dass die einzelne Spiralfeder als die Feder **7** ausgebildet ist.

**[0044]** Ein U-förmiger Haken **36** ist in einer Verbindung zwischen dem anderen Endabschnitt der Rückstellfeder **31** und dem einen Endabschnitt der Vorgabefeder **32** vorgesehen. Zu dem Zeitpunkt des Stoppens der Maschine oder zu dem Zeitpunkt des Stoppens der elektrischen Energiezufuhr zu dem Motor **9** ist der U-förmige Haken **36** durch einen blockförmigen Zwischenanschlag **35** gehalten, der einstückig in dem Getriebegehäuse **14** des Gehäuses **4** ausgebildet ist. Der U-förmige Haken **36** ist durch Biegen der Verbindung zwischen der Rückstellfeder **31** und der Vorgabefeder **32** in eine umgekehrte U-Form ausgebildet. Der eine Endabschnitt der Rückstellfeder **31** ist mit der ersten Vertiefung **33** des Gehäuses **4** in Eingriff und dient als eine erste Ventildrängeinrichtung (eine erste Feder), die das Klappenventil **1** von der vollständig geöffneten Ventilposition zu der vollständig geschlossenen Ventilposition (in die Ventilschließrichtung) hin drängt. Der andere Endabschnitt der Vorgabefeder **32** ist mit der zweiten Vertiefung **34** des dritten Zahnrads in Eingriff und dient als eine zweite Ventildrängeinrichtung (eine zweite Feder), die das Klappenventil **1** von der Position, die jenseits der vollständig geschlossenen Ventilposition ist, in Richtung der vollständig geschlossenen Ventilposition (in die Ventilöffnungsrichtung) drängt.

**[0045]** Die Ventilantriebsvorrichtung, die das Klappenventil **1** antreibt, um die Ventilöffnungsbewegung oder die Ventilschließbewegung auszuführen, ist ein elektrisches Stellglied **120**, das den Motor **9** und den Antriebskraftübertragungsmechanismus (den Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel) hat. Der Motor **9** erzeugt das Antriebsdrehmoment, während er die elektrische Energie erhält. Der Antriebskraftübertragungsmechanismus überträgt die Drehbewegung der Motorwelle (Ausgabewelle) **11** des Motors **9** zu der Ventilwelle **13**.

**[0046]** Der Motor **9** erzeugt das Antriebsdrehmoment, um das Klappenventil **1** in die Ventilöffnungsrichtung oder die Ventilschließrichtung anzutreiben. Der Motor **9** ist in dem Getriebegehäuse **14** sicher gehalten, das einstückig an dem Außenwandabschnitt des Gehäuses **4** ausgebildet ist. Ein Gleichstrommotor (DC-Motor) wie z. B. ein bürstenloser DC-Motor oder ein DC-Bürstenmotor wird als der Motor **9** ver-

wendet. Alternativ kann ein Wechselstrommotor (AC-Motor) wie z. B. ein Dreiphasen-Induktionsmotor als der Motor **9** verwendet werden.

**[0047]** Der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus hat das erste bis dritte Zahnrad **41** bis **43**, die verwendet werden, um die Drehzahl in zwei Stufen in einem vorbestimmten Drehzahlreduktionsverhältnis zu reduzieren. Der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus bildet den Antriebskraftübertragungsmechanismus aus, der das Motorausgabewellendrehmoment (das Antriebsdrehmoment) des Motors **9** über die Ventilwelle **13** zu dem Klappenventil **1** überträgt. Das erste bis dritte Zahnrad **41** bis **43** sind in dem Getriebegehäuse **14** drehbar aufgenommen.

**[0048]** Das erste Zahnrad **41**, das die eine Komponente der Komponenten des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus ist, ist ein Motorzahnrad (ein erster drehbarer Körper), das an einer Außenumfangsfläche der Motorwelle **11** fixiert ist. Das erste Zahnrad **41** ist an einem motorseitigen Ende (einem energiequellenseitigen Ende) in einem Antriebskraftübertragungsweg des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus vorgesehen. Das erste Zahnrad **41** ist aus einem metallischen Material oder einem Kunststoffmaterial hergestellt und ist als ein zylindrischer Körper ausgebildet. Das erste Zahnrad **41** hat einen zylindrischen Abschnitt, der die Außenumfangsfläche der Motorwelle **11** am Umfang umgibt. Der zylindrische Abschnitt des ersten Zahnrads **41** ist an der Außenumfangsfläche der Motorwelle **11** durch eine Presspassung fixiert. Eine Vielzahl von nach außen vorstehenden Zähnen **44** ist an einer Außenumfangsfläche des zylindrischen Abschnitts des ersten Zahnrads **41** derart ausgebildet, dass die Zähne **44** nacheinander im Allgemeinen in gleichen Abständen entlang der gesamten Außenumfangsfläche des zylindrischen Abschnitts des ersten Zahnrads **41** angeordnet sind und mit dem zweiten Zahnrad **42** in Eingriff sind.

**[0049]** Das zweite Zahnrad **42**, das die eine Komponente der Komponenten des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus ist, ist ein Zwischendrehzahlreduktionszahnrad (ein zweiter drehbarer Körper), der mit den Zähnen **44** in Eingriff ist, die entlang der Außenumfangsfläche des ersten Zahnrads **41** ausgebildet sind. Das zweite Zahnrad **42** ist zwischen dem ersten Zahnrad **41** und dem dritten Zahnrad **43** in dem Antriebskraftübertragungsweg des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus angeordnet. Das zweite Zahnrad **42** ist aus einem Kunststoffmaterial hergestellt und ist als ein zylindrischer Körper ausgebildet. Das zweite Zahnrad **42** hat einen zylindrischen Abschnitt, der eine Außenumfangsfläche der Zwischenwelle **12** am Umfang umgibt, die parallel zu der Motorwelle **11** des Motors **9** und der Ventilwelle **13** angeordnet ist.

**[0050]** Der zylindrische Abschnitt des zweiten Zahnrads **42** ist drehbar an einer Außenumfangsfläche der Zwischenwelle **12** derart befestigt, dass der zylindrische Abschnitt des zweiten Zahnrads **42** relativ zu der Zwischenwelle **12** drehbar ist. Der zylindrische Abschnitt des zweiten Zahnrads **42** hat einen ringförmigen Teil und einen zylindrischen Teil. Der ringförmige Teil bildet einen Teil mit maximalem Außendurchmesser des zweiten Zahnrads **42** aus, und der zylindrische Teil hat einen Außendurchmesser, der kleiner als der des ringförmigen Teils ist. Eine Vielzahl von nach außen vorstehenden Zähnen (ein Zahnrad mit großem Durchmesser) **45** ist in einer Außenumfangsfläche des ringförmigen Teils des zweiten Zahnrads **42** derart ausgebildet, dass die Zähne im Allgemeinen in gleichen Abständen entlang der gesamten Außenumfangsfläche des ringförmigen Teils des zweiten Zahnrads **42** nacheinander angeordnet sind und mit den Zähnen **44** des ersten Zahnrads **41** in Eingriff sind. Außerdem ist eine Vielzahl von nach außen vorstehenden Zähnen (ein Zahnrad mit kleinem Durchmesser) **46** in einer Außenumfangsfläche des zylindrischen Teils des zweiten Zahnrads **42** derart ausgebildet, dass die Zähne **46** im Allgemeinen in gleichen Abständen entlang der gesamten Außenumfangsfläche des zylindrischen Teils des zweiten Zahnrads **42** nacheinander angeordnet sind und mit einer Vielzahl von nach außen vorstehenden Zähnen in Eingriff sind, die in einer Außenumfangsfläche des dritten Zahnrads **43** ausgebildet sind.

**[0051]** Das dritte Zahnrad **43**, das die eine Komponente der Komponenten des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus ist, ist ein Ventilzahnrad (ein dritter drehbarer Körper), das mit dem Zahnrad **46** mit kleinem Durchmesser in Eingriff ist, das in der Außenumfangsfläche des zweiten Zahnrads **42** ausgebildet ist. Das dritte Zahnrad **43** ist an einem ventilseitigen Ende (einem Ende an der Seite des beweglichen Körpers) in dem Antriebskraftübertragungsweg des Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus vorgesehen. Das dritte Zahnrad **43** ist aus einem Kunststoffmaterial hergestellt und ist als ein zylindrischer Körper ausgebildet. Das dritte Zahnrad **43** hat einen zylindrischen Abschnitt, der am Umfang die Außenumfangsfläche der Ventilwelle **13** umgibt.

**[0052]** Eine Ventilzahnradplatte **47** ist in dem zylindrischen Abschnitt des dritten Zahnrads **43** eingesetzt. Der zylindrische Abschnitt des dritten Zahnrads **43** hat einen ringförmigen Teil, der den Teil mit maximalem Außendurchmesser des dritten Zahnrads **43** ausbildet. Eine Vielzahl von nach außen vorstehenden Zähnen **49** ist in einer Außenumfangsfläche des ringförmigen Teils des dritten Zahnrads **43** derart ausgebildet, dass die Zähne **45** im Allgemeinen in gleichen Abständen entlang einem Umfangsabschnitt (einem Bogenabschnitt oder einem teilweise gebogenen Abschnitt) an der Außenumfangsfläche

des ringförmigen Teils des dritten Zahnrads **43** nacheinander angeordnet sind und mit dem Zahnrad **46** mit kleinem Durchmesser des zweiten Zahnrads **42** in Eingriff sind.

**[0053]** Ein Öffnungshebel (nicht gezeigt), der mit der Feder **7** in Eingriff ist, ist an dem dritten Zahnrad **43** vorgesehen. Ein Befestigungsabschnitt, an dem der andere Endabschnitt der Vorgabefeder **32** befestigt ist, und ein Eingriffsabschnitt, der mit dem U-förmigen Haken **36** der Feder **7** lösbar in Eingriff ist, sind in dem Öffnungshebel vorgesehen.

**[0054]** Ein Anschlagabschnitt **51** an der vollständig geschlossenen Seite ist in der Außenumfangsfläche des dritten Zahnrads **43** vorgesehen. Der Anschlagabschnitt **51** an der vollständig geschlossenen Seite ist mechanisch mit einem blockförmigen Anschlag an der vollständig geschlossenen Seite (einem ersten Anschlag) **53** in Eingriff, der einstückig an dem Getriebegehäuse **14** ausgebildet ist, wenn das Klappenventil **1** in die Ventilschließrichtung über die vollständig geschlossene Ventilposition gedreht wird. Der Anschlag **53** an der vollständig geschlossenen Seite wird als ein erster Begrenzungsabschnitt verwendet, der einen Drehbereich des Klappenventils **1**, der Ventilwelle **13** und des dritten Zahnrads **43** in der Ventilschließrichtung begrenzt. Wenn der Anschlagabschnitt **51** an der vollständig geschlossenen Seite des dritten Zahnrads **43** an dem Anschlag **53** der vollständig geschlossenen Seite anliegt, wird eine weitere Drehung der beweglichen Bauteile wie z. B. des Klappenventils **1** in der Ventilschließrichtung verhindert.

**[0055]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird ein maximaler Öffnungsgrad an der vollständig geschlossenen Seite, der durch den Anschlag **53** an der vollständig geschlossenen Seite begrenzt ist, als ein Öffnungsgrad festgelegt, der um einen geringen Grad (z. B. im Allgemeinen  $\theta = -17$  Grad) von der vollständig geschlossenen Ventilposition ein wenig geöffnet ist, in der der Öffnungsgrad  $\theta = 0$  Grad beträgt.

**[0056]** Außerdem ist ein Anschlagabschnitt **52** an der vollständig geöffneten Seite in der Außenumfangsfläche des dritten Zahnrads **43** vorgesehen. Der Anschlagabschnitt **52** an der vollständig geöffneten Seite ist mechanisch mit einem blockförmigen Anschlag an der vollständig geöffneten Seite (einem zweiten Anschlag) **54** in Eingriff, der an dem Getriebegehäuse **14** ausgebildet ist, wenn das Klappenventil **1** in die Ventilöffnungsrichtung über die vollständig geöffnete Ventilposition gedreht wird. Der Anschlag **54** an der vollständig geöffneten Seite wird als ein zweiter Begrenzungsabschnitt verwendet, der einen Drehbereich des Klappenventils **1**, der Ventilwelle **13** und des dritten Zahnrads **14** in der Ventilöffnungsrichtung begrenzt. Wenn der Anschlagabschnitt **52** der vollständig geöffneten Seite des dritten Zahnrads

**43** an dem Anschlag **54** an der vollständig geöffneten Seite anliegt, wird eine weitere Drehung der beweglichen Bauteile wie z. B. des Klappenventils **1** in die Ventilöffnungsrichtung verhindert.

**[0057]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist ein maximaler Öffnungsgrad an der vollständig geöffneten Seite (der vollständig geöffneten Ventilposition), der durch den Anschlag **54** an der vollständig geöffneten Seite begrenzt ist, als ein Öffnungsgrad festgelegt, der um ein vorbestimmtes Ausmaß (z. B. im Allgemeinen  $\theta = +60$  bis  $90$  Grad, bevorzugt ist  $\theta = +70$  Grad) von der vollständig geöffneten Ventilposition ein wenig geöffnet ist, in der der Öffnungsgrad  $\theta = 0$  Grad beträgt.

**[0058]** Die Motorwelle **11** ist in dem Getriebegehäuse **14** drehbar aufgenommen. Die Motorwelle **11** erstreckt sich geradlinig in der axialen Richtung. Ein axialer Endabschnitt der Zwischenwelle **12** ist in einer Eingriffsvertiefung pressgepasst, die in dem Getriebegehäuse **14** vorgesehen ist. Die Zwischenwelle **12** erstreckt sich geradlinig in der axialen Richtung. Die Ventilwelle **13** ist aus einem wärmebeständigen Material (z. B. aus rostfreiem Stahl) hergestellt und ist drehbar oder gleitbar in dem Wellenaufnahmeloch **21** aufgenommen, das in dem Ventilwellenlagerabschnitt **20** des Gehäuses **4** vorgesehen ist. Die Ventilwelle **13** hat einen kreisförmigen Querschnitt und ist als ein zylindrisches Metallbauteil ausgebildet, das sich geradlinig von ihrem einen Ende zu ihrem anderen Ende erstreckt.

**[0059]** Die eine axiale Endseite der Ventilwelle **13** tritt durch das Wellenaufnahmeloch **21** des Gehäuses **4** und das Wellenaufnahmeloch **29** der Düse **5** hindurch und steht in das Innere des Abgasrückführungsdurchgangs **6** vor (ist in diesem angeordnet). Ein Ventileinbauabschnitt (ein wellenseitiger Eingriffsabschnitt), an dem das Klappenventil **4** durch ein Schweißmittel gesichert ist, ist in dem einen axialen Endabschnitt (dem ventileseitigen Endabschnitt) der Ventilwelle **13** vorgesehen. Ein Stauchfixierungsabschnitt ist einstückig in dem anderen axialen Endabschnitt (der Endabschnitt, der zu der Ventileseite gegenüberliegend ist) der Ventilwelle **13** ausgebildet. Die Ventilzahnradplatte **47**, die in das dritte Zahnrad **43** eingesetzt ist, ist an dem Stauchfixierungsabschnitt durch ein Fixierungsmittel wie z. B. Stauchen fixiert.

**[0060]** Die Energiebeaufschlagung des Stellglieds **120** insbesondere des Motors **9** wird durch die ECU **10** gesteuert. Die ECU **10** hat einen Mikrorechner einer bekannten Bauart, der eine CPU, eine Speichervorrichtung (einen Speicher wie z. B. ein ROM, ein RAM), einen Eingabeschaltkreis (eine Eingabevorrichtung) und einen Ausgabeschaltkreis (eine Ausgabevorrichtung) aufweist. Die CPU führt Steuerungsprozesse und Berechnungsprozesse aus. Die

Speichervorrichtung speichert Steuerungsprogramme, Steuerungslogiken und verschiedene Arten von Daten.

**[0061]** Außerdem hat die ECU **10** eine IG - Signalerfassungsvorrichtung, die ein EIN-Signal (IG - EIN-Signal) und ein AUS-Signal (IG - AUS-Signal) eines Zündschalters (nicht gezeigt) erfasst. Wenn das EIN-Signal (IG - EIN-Signal) des Zündschalters mit der IG - Signalerfassungsvorrichtung erfasst wird, schaltet die ECU **10** ein Hauptrelais (nicht gezeigt) ein, das eine ECU - Energiezufuhrleitung verbindet und unterbricht, die zwischen der ECU **10** und einer Batterie (einer elektrischen Energiequelle im Fahrzeug) verbindet.

**[0062]** Wenn der Zündschalter eingeschaltet wird (IG - EIN), wird das Hauptrelais eingeschaltet, und dadurch führt die ECU **10** einen Regelungsbetrieb des Antriebsdrehmoments des Motors **9** d. h. einen Regelungsbetrieb der elektrischen Energie aus, die zu dem Motor **9** zugeführt wird. In diesem Regelungsbetrieb steuert die ECU **10** die elektrische Energie, die zu dem Motor **9** zugeführt wird, derart, dass ein tatsächlicher Öffnungsgrad (auch als ein tatsächlicher Ventilöffnungsgrad, ein tatsächlicher AGR - Öffnungsgrad, ein AGRV - Öffnungsgrad bezeichnet), der mit einem Ventilöffnungsgradsensor (einem AGR - Mengensensor) **130** erfasst wird, der nachstehend beschrieben ist, im Allgemeinen mit einem Sollöffnungsgrad (auch als ein Sollventilöffnungsgrad, ein AGR - Sollöffnungsgrad bezeichnet), der ein Steuerungssollwert ist, der in Erwiderung auf eine Veränderung des Betriebszustands der Maschine festgelegt wird, auf der Grundlage des entsprechenden Steuerungsprogramms oder der entsprechenden Steuerungslogik übereinstimmt, die in dem Speicher gespeichert ist.

**[0063]** Außerdem wird, wenn der Zündschalter ausgeschaltet wird (IG - AUS), das Hauptrelais ausgeschaltet und dadurch beendet die ECU **10** zwangsweise den vorstehenden Steuerungsbetrieb des AGR - Ventils, der auf der Grundlage des Steuerungsprogramms oder der Steuerungslogik ausgeführt wird, die in dem Speicher gespeichert ist.

**[0064]** Es ist anzumerken, dass die ECU **10** konstruiert ist, um den Leerlaufsteuerungsbetrieb der Maschine oder den AGRV - Öffnungs- und Schließsteuerungsbetrieb (eine Ablagerungsabschabarbeit) nach dem Ausschalten des Zündschalters durch eine Verzögerung des Ausschaltens des Hauptrelais bis zu einer Erfüllung einer vorbestimmten Bedingung (bis zu einem Verstreichen einer vorbestimmten Zeitdauer oder bis zu dem Ende der Ablagerungsabschabarbeit) beizubehalten, selbst wenn ein Maschinenschlüssel (oder ein Maschinenschalter) von einer IG - Position zu einer ACC - Position oder einer AUS - Position gedreht wird, um den Zündschalter (IG - AUS)

zum Zweck des Beendens des Betriebs der Maschine auszuschalten.

**[0065]** Sensorsignale von verschiedenen Sensoren wie z. B. einem Kurbelwinkelsensor, einem Beschleunigeröffnungsgradsensor, einem Luftmengenmesser und einem Kühltemperatursensor werden zu dem Mikrorechner der ECU **10** nach einer A/D - Umwandlung durch einen A/D - Umwandler zugeführt. Die ECU **10** dient als eine Drehzahlerfassungseinrichtung zum Erfassen einer Maschinendrehzahl durch Erfassen einer Intervallzeit von NE - Impulssignalen, die von dem Kurbelwinkelsensor ausgegeben werden.

**[0066]** Der AGR - Mengensensor **130** ist mit dem Mikrorechner verbunden. Der AGR - Mengensensor **130** wandelt den Öffnungsgrad des Klappenventils **1** des AGRV **110** (den AGRV - Öffnungsgrad) in das entsprechende elektrische Signal um, um die Menge des AGR - Gases anzuzeigen, das in die Einlassluftmenge gemischt wird, die in der Einlassleitung strömt, d. h., um die AGR - Menge des AGR - Gases anzuzeigen, das in die Einlassleitung zugeführt wird.

**[0067]** Der AGR - Mengensensor **130** ist eine berührungslose Drehwinkelerfassungsvorrichtung (eine Ventilpositionserfassungseinrichtung, eine Ventilöffnungsgraderfassungseinrichtung) die einen Drehwinkel (die derzeitige Position, den AGRV - Öffnungsgrad) des Klappenventils **1** erfasst. Der AGR - Mengensensor **130** hat getrennte Permanentmagneten, ein Joch (mit getrennten Jochsegmenten) **55** und einen Hall - IC **56**. Die Magneten sind an einer Innenumfangsfläche des dritten Zahnrad **43** fixiert. Das Joch **55** wird durch die Magneten magnetisiert. Der Hall - IC **56** ist an der Seite der Sensorabdeckung angeordnet. Der Hall - IC **56** gibt ein Ausgabesignal (ein Spannungssignal) aus, das zu einer Dichte eines magnetischen Flusses korrespondiert, der über den Hall - IC **56** strömt. An Stelle des Hall - IC **56** können ein Hall - Element (Elemente) allein oder ein magnetempfindliches Element (Elemente) als das berührungslose Magneterfassungselement (-elemente) verwendet werden.

**[0068]** Die ECU **10** speichert die Position des Klappenventils **1**, das in **Fig. 2** gezeigt ist, in der das Klappenventil **1** vollständig geöffnet ist, um den vollständig geöffneten Öffnungsgrad zu umfassen, als die vollständig geöffnete Ventilposition in dem Speicher. Die vollständig geöffnete Ventilposition ist eine Ventilposition, in der der Spalt (die AGR - Gasleckagemenge) zwischen der radial äußeren Endumfangsfläche **15** des Klappenventils **1** und der Sitzfläche der Düse **5** maximal ist, und in der der AGRV - Öffnungsgrad festgelegt ist, um die AGR - Menge des AGR - Gases zu maximieren, das in dem Abgasrückführungsdurchgang **6** strömt.

**[0069]** Außerdem speichert die ECU **10** die Position des Klappenventils **1**, das in **Fig. 3** gezeigt ist, in der das Klappenventil **1** vollständig geschlossen ist, um den vollständig geschlossenen Öffnungsgrad zu umfassen, als die vollständig geschlossene Ventilposition in dem Speicher. Die vollständig geschlossene Ventilposition ist eine Ventilposition, in der der Spalt (die AGR - Gasleckagemenge) zwischen der radial äußeren Endumfangsfläche **15** des Klappenventils **1** und der Sitzfläche der Düse **5** minimal ist und in der der AGRV - Öffnungsgrad festgelegt ist, um die AGR - Menge des AGR - Gases zu minimieren, das in dem Abgasrückführungsdurchgang **6** strömt.

**[0070]** Die ECU **10** speichert eine Ventilstoppposition, in der das Klappenventil **1** durch die Drängkraft der Feder **7** zu der Zeit des Stoppens der Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Motor **9** gedrängt wird, als eine vollständig geschlossene Stelle ( $\theta = 0$  Grad), die bei dem Steuerungsbetrieb verwendet wird, in dem Speicher des Mikrorechners.

**[0071]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel, wie in **Fig. 4** gezeigt ist, ist eine Neutralposition (ein Federgleichgewichtspunkt), in der die Drängkraft (die Federlast) der Rückholfeder **31** mit der Drängkraft (der Federlast) der Vorgabefeder **32** im Gleichgewicht ist, benachbart zu der vollständig geschlossenen Ventilposition festgelegt (die Ventilposition, die durch ein geringfügiges Drehen des Klappenventils **1** von der vollständig geschlossenen Ventilposition in die Ventilöffnungsrichtung erreicht wird). Somit speichert die ECU **10** den Federgleichgewichtspunkt als eine vollständig geschlossene Stelle ( $\theta = 0$  Grad), die bei dem Steuerungsbetrieb verwendet wird, in dem Speicher des Mikrorechners.

**[0072]** Die Rückholfeder **31** dient als eine erste Ventildrängeinrichtung zum Aufbringen der Federlast auf das dritte Zahnrad **43**, das einstückig an der Ventiwelle **13** angebracht ist, die mit dem Klappenventil **1** gesichert ist, von zumindest einer ersten Zwischenposition in einer Richtung zum Rückstellen des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin (in die Ventilschließrichtung). Die Vorgabefeder **32** dient als eine zweite Ventildrängeinrichtung zum Aufbringen der Federlast auf das dritte Zahnrad **43** von zumindest einer zweiten Zwischenposition in einer Richtung zum Rückstellen des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin (in die Ventilöffnungsrichtung).

**[0073]** Die erste Zwischenposition ist eine Ventilposition (zum Erreichen eines Zwischenöffnungsgrads), die durch Drehen des Klappenventils **1** von dem Federgleichgewichtspunkt in die Ventilöffnungsrichtung erreicht wird. Die zweite Zwischenposition ist eine Ventilposition (zum Erreichen eines Zwischenöffnungsgrads), die durch Drehen des Klappenventils **1** von dem Federgleichgewichtspunkt in der Ventil-

schließrichtung mit einem geringen Ausmaß erreicht wird. Die ECU **10** speichert die erste Zwischenposition als den maximalen Ventilöffnungsgrad an der offenen Seite ( $\theta = +30$  Grad) in dem Speicher. Ferner speichert die ECU **10** die zweite Zwischenposition als den maximalen Ventilöffnungsgrad an der geschlossenen Seite ( $\theta = -30$  Grad) in dem Speicher.

**[0074]** Die ECU **10** des vorliegenden Ausführungsbeispiels verwendet den Federgleichgewichtspunkt, die erste Zwischenposition und die zweite Zwischenposition als die Sollöffnungsgrade, die die Steuerungssollwerte des Klappenventils **1** sind, zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit.

**[0075]** Bei der Drehbewegung des Klappenventils **1** von dem Federgleichgewichtspunkt in die Ventilöffnungsrichtung bewegt sich der U-förmige Haken **36** der Feder **7** von dem Zwischenanschlag **35** weg in die Ventilöffnungsrichtung, wie in **Fig. 2** gezeigt ist. Somit wird die Drängkraft (die Federlast) der Vorgabefeder **32** nicht auf das dritte Zahnrad **43** aufgebracht und wird die Drängkraft (die Federlast) der Rückstellfeder **31** auf das dritte Zahnrad **43** aufgebracht.

**[0076]** Bei der Drehbewegung des Klappenventils **1** von dem Federgleichgewichtspunkt in die Ventilschließrichtung wird der U-förmige Haken **36** der Feder **7** gegen den Zwischenanschlag **35** gedrängt, wie in **Fig. 3** gezeigt ist. Somit wird die Drängkraft (die Federlast) der Rückstellfeder **31** nicht auf das dritte Zahnrad **43** aufgebracht und wird die Drängkraft (die Federlast) der Vorgabefeder **32** auf das dritte Zahnrad **43** aufgebracht.

**[0077]** Daher wird bei dem AGRV **110** des vorliegenden Ausführungsbeispiels der Federgleichgewichtspunkt, bei dem die Federlast der Rückstellfeder **31** mit der Federlast der Vorgabefeder **32** im Gleichgewicht ist, als der Drehpunkt des Klappenventils **1** festgelegt. Dann wird die Lastrichtung der Feder **7** während der Bewegung des Klappenventils **1** in der Ventilöffnungsrichtung (während der Zeit des Richtens des Antriebsdrehmoments des Motors **9** zu der vollständig geöffneten Seite) von der Lastrichtung der Feder **7** während der Bewegung des Klappenventils **1** in der Ventilschließrichtung (während der Zeit des Richtens des Antriebsdrehmoments des Motors **9** zu der vollständig geschlossenen Seite) in dem Federgleichgewichtspunkt umgekehrt.

**[0078]** In dem AGRV **110** des vorliegenden Ausführungsbeispiels ist der C-förmige Dichtungsring **3**, der die Dichtungsfunktion gegen die Dichtfläche der Düse **5** unter Anwendung der radial nach außen gerichteten Spannung des C-förmigen Dichtungsringes **3** aufbringt, in der Dichtungsringnut des Klappenventils **1** befestigt.

**[0079]** Bei dieser Bauart des AGRV **110** wird ein stationärer Bereich (ein nicht erfassbarer Bereich einer AGR - Gasleckagemenge), in dem sich die AGR - Gasleckagemenge nicht verändert, um die vollständig geschlossene Ventilposition (z. B. im Allgemeinen  $\pm 2,5$  bis  $5,5$  Grad oder  $\pm 3,0$  bis  $5,0$  Grad oder  $\pm 3,5$  Grad vor und nach der vollständig geschlossenen Position) aufgrund der radial nach außen gerichteten Spannung des Dichtungsring **3** erzeugt. Dies entsteht aus dem nachstehenden Grund. Nämlich kann, da der Dichtungsring **3** aufgrund der radial nach außen gerichteten Spannung des Dichtungsring **3** radial nach außen ausdehnbar ist, der Dichtungsring **3** den engen Kontakt relativ zu der Dichtfläche der Düse **5** aufrechterhalten, selbst wenn die Ventilposition des Klappenventils **1** von der vollständig geschlossenen Ventilposition ( $\Theta = 0$  Grad) verlagert wird, bis er einen Zeitpunkt einer radial verschiebbaren Grenze (einer radial ausdehnbaren Grenze) des Dichtungsring **3** erreicht.

**[0080]** Wenn der Zündschalter ausgeschaltet ist (IG - AUS), steuert die ECU **10** des vorliegenden Ausführungsbeispiels die Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Motor **9** derart variabel, dass das Klappenventil **1** des AGRV **110** innerhalb eines vorbestimmten AGRV - Öffnungsgradsbereichs (eines Ventilöffnungsgradsbereichs, der den nicht erfassbaren Bereich einer AGR - Gasleckagemenge umfasst) verschiedene Öffnungs- und Schließbewegungen (z. B. fünfmal) wiederholt, während es die Neutralposition (den Federgleichgewichtspunkt) passiert, die rund um die vollständig geschlossene Ventilposition festgelegt ist.

**[0081]** Insbesondere wird die Ablagerungsabschabarbeit durchgeführt, wenn die Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Motor **9** derart variabel gesteuert wird, dass die Öffnungs- und Schließbewegung des Klappenventils **1** fünfmal innerhalb des vorbestimmten AGRV - Öffnungsgradsbereichs (des Ventilöffnungsgradsbereichs) zwischen der ersten Zwischenposition und der zweiten Zwischenposition wiederholt wird.

**[0082]** Die Zeitdauer oder die Anzahl der Male zum Ausführen der Öffnungs- und Schließbewegungen der Ablagerungsabschabarbeit) des Klappenventils **1** des AGRV **110** innerhalb des vorbestimmten AGRV - Öffnungsgradsbereichs ist gemäß einer kumulativen Maschinenbetriebsdauer und/oder eines kumulativen Werts einer Partikelmenge (PM-Menge) bestimmt, die in dem Abgas beinhaltet ist. Die Anzahl der Ablagerungsabschabarbeit kann auf eins festgelegt werden, falls es gewünscht ist.

**[0083]** Die Ablagerungsabschabarbeit, die durch das AGR - Steuerungssystem (das Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät) der Brennkraftmaschine gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ange-

wandt wird, ist nachstehend mit Bezug auf **Fig. 1** bis **Fig. 5** beschrieben. **Fig. 5** ist ein Zeitdiagramm, das eine Veränderung des Sollöffnungsgrads (des AGR - Sollöffnungsgrads), der der Steuerungssollwert ist, und eine Veränderung des tatsächlichen Öffnungsgrads (der tatsächliche AGR - Öffnungsgrad, der AGRV - Öffnungsgrad) zeigt.

**[0084]** Wenn der Zündschalter ausgeschaltet ist (IG - AUS), führt die ECU **10** die Ablagerungsabschabarbeit aus. Dann erfasst die ECU **10** den AGRV - Öffnungsgrad (den tatsächlichen Öffnungsgrad), der auf der Grundlage des Ausgabesignals des AGR - Mengensensors **130** (des Hall - IC **56**) berechnet (erfasst) wird. Nachstehend ist es aus Erläuterungsgründen angenommen, dass der derzeitige AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) des Klappenventils **1** in der Ventilposition ist (z. B. der ersten Zwischenposition), die an der Ventilöffnungsseite des Federgleichgewichtspunkts in der Ventilöffnungsrichtung angeordnet ist.

**[0085]** In diesem Fall legt, wenn das Klappenventil **1** von insbesondere der ersten Zwischenposition über den Federgleichgewichtspunkt zu der zweiten Zwischenposition hin zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit angetrieben wird, die ECU **10** den Federgleichgewichtspunkt (die Neutralposition, den neutralen Öffnungsgrad) als den AGR - Sollöffnungsgrad (den Sollöffnungsgrad) fest, der der Steuerungssollwert ist, bis ein Punkt (eine Lage) unmittelbar vor dem Federgleichgewichtspunkt erreicht wird. Das heißt, der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, wird von dem vorherigen Sollöffnungsgrad vor der Ausführung der Ablagerungsabschabarbeit zu dem Federgleichgewichtspunkt ( $\square = 0$  Grad) verändert.

**[0086]** Somit wird die elektrische Energie, die zu dem Motor **9** zugeführt wird, derart eingestellt, dass der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) mit dem Federgleichgewichtspunkt ( $\square = 0$  Grad) übereinstimmt. Zu diesem Zeitpunkt wird in einem Anfangszustand der Ventilschließbewegung von der ersten Zwischenposition zu dem Federgleichgewichtspunkt ein Beschleunigungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegung des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin progressiv zu beschleunigen.

**[0087]** Dann wird in einem Zwischenstadium der Ventilschließbewegung von der ersten Zwischenposition zu dem Federgleichgewichtspunkt ein Steuerungsbetrieb mit konstanter Geschwindigkeit ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** bei der konstanten Geschwindigkeit aufrechtzuerhalten.

**[0088]** Zu der Zeit kurz bevor dem Erreichen des AGRV - Öffnungsgrads (des tatsächlichen Öffnungs-

grads) des Federgleichgewichtspunkts wird ein Verzögerungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin progressiv zu verzögern.

**[0089]** Danach verändert, wie in dem Zeitdiagramm von **Fig. 5** angezeigt ist, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, den Federgleichgewichtspunkt erreicht, die ECU **10** den AGR - Sollöffnungsgrad (den Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, auf die zweite Zwischenposition. Das heißt, der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, wird von dem Federgleichgewichtspunkt auf die zweite Zwischenposition ( $\square = -10$  Grad) verändert.

**[0090]** Somit wird die elektrische Energie, die zu dem Motor **9** zugeführt wird, derart eingestellt, dass der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) mit der zweiten Zwischenposition ( $\square = -10$  Grad) übereinstimmt. Zu diesem Zeitpunkt wird in einem Anfangszustand der Ventilschließbewegung von dem Federgleichgewichtspunkt zu der zweiten Zwischenposition ein Beschleunigungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu der zweiten Zwischenposition hin progressiv zu beschleunigen.

**[0091]** Dann wird in einem Zwischenstadium der Ventilschließbewegung von dem Federgleichgewichtspunkt zu der zweiten Zwischenposition ein Steuerungsbetrieb mit konstanter Geschwindigkeit ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** bei der konstanten Geschwindigkeit aufrechtzuhalten.

**[0092]** Dann wird zu der Zeit, kurz bevor der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) die zweite Zwischenposition erreicht, ein Verzögerungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu der zweiten Zwischenposition hin progressiv zu verzögern.

**[0093]** Danach verändert, wie in dem Zeitdiagramm von **Fig. 5** angezeigt ist, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, die zweite Zwischenposition erreicht, die ECU **10** den AGR - Sollöffnungsgrad (den Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, auf den Federgleichgewichtspunkt. Das heißt, der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad) der der Steuerungssollwert ist, wird von der zweiten Zwischenposition auf den Federgleichgewichtspunkt ( $\square = 0$  Grad) verändert.

**[0094]** In diesem Stadium steuert die ECU **10** das Antriebsdrehmoment des Motors **9**, das heißt die elektrische Energie (z. B. den Motorstrom) die zu

dem Motor **9** zugeführt wird, derart variabel, dass die Bewegungsrichtung des Klappenventils **1** des AGRV **110** umgekehrt wird, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) die zweite Zwischenposition erreicht, infolge dass der Federgleichgewichtspunkt passiert wurde. Insbesondere wird die Drehrichtung der Motorwelle **11** des Motors **9** umgekehrt.

**[0095]** Somit wird die elektrische Energie, die zu dem Motor **9** zugeführt wird, derart eingestellt, dass der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) mit dem Federgleichgewichtspunkt ( $\square = 0$  Grad) übereinstimmt. Zu dieser Zeit wird in einem Anfangszustand der Ventilöffnungsbewegung von der zweiten Zwischenposition zu dem Federgleichgewichtspunkt ein Beschleunigungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin progressiv zu beschleunigen.

**[0096]** Dann wird in einem Zwischenstadium der Ventilöffnungsbewegung von der zweiten Zwischenposition zu dem Federgleichgewichtspunkt ein Steuerungsbetrieb mit konstanter Geschwindigkeit ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** mit der konstanten Geschwindigkeit aufrechtzuerhalten.

**[0097]** Dann wird zu der Zeit, kurz bevor der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) den Federgleichgewichtspunkt erreicht, ein Verzögerungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin progressiv zu verzögern.

**[0098]** Danach verändert, wie in dem Zeitdiagramm von **Fig. 5** gezeigt ist, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, den Federgleichgewichtspunkt erreicht, die ECU **10** den AGR - Sollöffnungsgrad (den Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, auf die erste Zwischenposition. Das heißt, der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, wird von dem Federgleichgewichtspunkt auf die erste Zwischenposition ( $\square = +30$  Grad) verändert.

**[0099]** Somit wird die elektrische Energie, die zu dem Motor **9** zugeführt wird, derart eingestellt, dass der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) mit der ersten Zwischenposition ( $\square = +30$  Grad) übereinstimmt. Zu dieser Zeit wird in einem Anfangszustand der Ventilöffnungsbewegung von dem Federgleichgewichtspunkt zu der ersten Zwischenposition ein Beschleunigungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu der ersten Zwischenposition hin progressiv zu beschleunigen.

**[0100]** Dann wird in einem Zwischenstadium der Ventilöffnungsbewegung von dem Federgleichgewichtspunkt zu der ersten Zwischenposition ein Steuerungsbetrieb mit konstanter Geschwindigkeit ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** mit der konstanten Geschwindigkeit aufrechtzuhalten.

**[0101]** Dann wird zu der Zeit, kurz bevor der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) die erste Zwischenposition erreicht, ein Verzögerungssteuerungsbetrieb ausgeführt, um die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu der ersten Zwischenposition hin progressiv zu verzögern.

**[0102]** Danach verändert, wie in dem Zeitdiagramm von **Fig. 5** angezeigt ist, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, die erste Zwischenposition erreicht, die ECU **10** den AGR - Sollöffnungsgrad (den Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, auf dem Federgleichgewichtspunkt. Das heißt, der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad), der der Steuerungssollwert ist, wird von der ersten Zwischenposition auf den Federgleichgewichtspunkt ( $\alpha = 0$  Grad) verändert.

**[0103]** In diesem Stadium steuert die ECU **10** das Antriebsdrehmoment des Motors **9**, das heißt, die elektrische Energie (z. B. der Motorstrom), die zu dem Motor **9** zugeführt wird, derart variabel, dass die Bewegungsrichtung des Klappenventils **1** des AGRV **110** umgekehrt wird, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad) die erste Zwischenposition erreicht, infolge dass der Federgleichgewichtspunkt passiert wurde. Insbesondere wird die Drehrichtung der Motorwelle **11** des Motors **9** umgekehrt. Jeder der vorstehenden Steuerungsbetriebe wird durch variables Steuern der elektrischen Energie (z. B. des Motorstroms, der Motorspannung) ausgeführt, die zu dem Elektromotor **9** zugeführt wird.

**[0104]** Der AGRV - Öffnungs- und Schließsteuerungsbetrieb (die Ablagerungsabschabarbeit) nach dem Ausschalten der Zündung wird innerhalb des vorbestimmten AGRV - Öffnungsgradsbereichs von der ersten Zwischenposition über den Federgleichgewichtspunkt zu der zweiten Zwischenposition wiederholt.

**[0105]** Die Ablagerung, die an der Durchgangswandfläche (der Sitzfläche der Düse **5**) benachbart zu oder um die vollständig geschlossene Ventilposition des Gehäuses **4** anhafet oder sich an dieser ansammelt, wird durch die Gleitfläche oder die axial gegenüberliegenden Kantenabschnitte des Dichtungsringes **3** abgeschabt, der in der Dichtungsringnut des Klappenventils **1** befestigt und gehalten wird, während der vorstehend beschriebene AGRV - Öffnungs- und Schließsteuerungsbetrieb (die Ablage-

rungsabschabarbeit) in der Maschinenbetriebsdauer (der EIN - Dauer des Zündschalters) wiederholt ausgeführt wird.

**[0106]** Dadurch wird die Ablagerung von dem Gleitabschnitt (den Gleitabschnitten) zwischen dem Klappenventil **1** und dem Gehäuse **4** insbesondere von dem Gleitabschnitt (den Gleitabschnitten) zwischen der Gleitfläche des Dichtungsringes **3** und der Sitzfläche der Düse **5** entfernt. Als Ergebnis kann die Ablagerung, die um das Klappenventil **1** des AGRV **110** anhafet oder sich um dieses angesammelt hat, entfernt werden und dadurch kann ein Auftreten von Fehlfunktionen wie z. B. das Hängenbleiben des Ventils oder eine Ventilbewegungsfehlfunktion verhindert werden, die durch die Ablagerungsansammlung und -verfestigung auftreten können.

**[0107]** Wie in Bezug auf **Fig. 2** bis **Fig. 5** und **Fig. 7** gezeigt und beschrieben ist, ist der Federgleichgewichtspunkt als der Punkt festgelegt, bei dem die Federlast der Rückstellfeder **31** mit der Federlast der Vorgabefeder **32** im Gleichgewicht ist. Zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit wird die Lastrichtung der Feder **7** während der Bewegung des Klappenventils **1** in der Ventilöffnungsrichtung (während der Zeit des Richtens des Antriebsdrehmoments des Motors **9** zu der vollständig geöffneten Seite) von der Lastrichtung der Feder **7** während der Bewegung des Klappenventils **1** in der Ventilschließrichtung (während der Zeit des Richtens des Antriebsdrehmoments des Motors **9** zu der vollständig geschlossenen Seite) in dem Federgleichgewichtspunkt umgekehrt.

**[0108]** Zu dieser Zeit werden die Richtung des Spiels zwischen den Zahnflächen des ersten und des zweiten Zahnrads **41** und **42** und die Richtung des Spiels zwischen den Zahnflächen des zweiten und dritten Zahnrads **42** und **43** umgekehrt, so dass eine Erzeugung des Stoßgeräusches (Zahnstoßgeräusch, das auch als ein Klappern bekannt ist) infolge der Kollision zwischen den Zahnflächen der benachbarten Zahnräder verursacht wird.

**[0109]** In Anbetracht der vorstehenden Punkte wird in dem AGR - Steuergerät (dem Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät) der Brennkraftmaschine des vorliegenden Ausführungsbeispiels zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit der Federgleichgewichtspunkt zunächst als der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad) festgelegt, der der Steuerungssollwert ist. In diesem Fall wird, wie in **Fig. 5** angezeigt ist, der Verzögerungssteuerungsbetrieb, der die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu dem Federgleichgewichtspunkt hin progressiv verzögert, aus dem Zeitpunkt gestartet, unmittelbar bevor der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC

**56** erfasst wird, den Federgleichgewichtspunkt (den Steuerungssollwert) erreicht.

**[0110]** Dadurch wird die Abbremsung auf die Veränderung des AGRV - Öffnungsgrad (des tatsächlichen Öffnungsgrads) aufgebracht, so dass die Geschwindigkeit zu der Zeit des Passierens des Federgleichgewichtspunkts wirksam reduziert werden kann.

**[0111]** Zu der Zeit, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, den Federgleichgewichtspunkt erreicht, kann das Antriebsdrehmoment des Motors **9** mit Null festgelegt werden, bis die Steuerungszeitdauer verstreicht. Insbesondere kann der Motorstrom während des Starts des Verzögerungssteuerungsbetriebs des Klappenventils **1** progressiv reduziert werden und kann letztlich auf Null reduziert werden.

**[0112]** Außerdem kann zu der Zeit, wenn der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, den Federgleichgewichtspunkt erreicht, die erste Zwischenposition oder die zweite Zwischenposition als der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad) festgelegt werden der der Steuerungssollwert ist. In diesem Fall wird, wie in **Fig. 5** gezeigt ist, der Beschleunigungssteuerungsbetrieb, der die Bewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** zu der ersten Zwischenposition oder der zweiten Zwischenposition hin progressiv beschleunigt, aus dem Zeitpunkt gestartet, unmittelbar bevor der AGRV - Öffnungsgrad (der tatsächliche Öffnungsgrad), der mit dem Hall IC **56** erfasst wird, den Federgleichgewichtspunkt (den Steuerungssollwert) erreicht.

**[0113]** In diesem Fall passiert zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit das Klappenventil **1** des AGRV **110** den Federgleichgewichtspunkt mit der niedrigen Ventilbewegungsgeschwindigkeit, die verwendet wird, unmittelbar bevor der Federgleichgewichtspunkt erreicht wird, oder mit der niedrigen Ventilgeschwindigkeit, die von dem Federgleichgewichtspunkt zu der ersten Zwischenposition oder der zweiten Zwischenposition verwendet wird.

**[0114]** Das heißt, das Klappenventil **1** des AGRV **110** passiert den Federgleichgewichtspunkt mit der niedrigen Ventilbewegungsgeschwindigkeit, so dass die Lastrichtung der Feder **7** zu der Zeit des Passierens des Federgleichgewichtspunkts mit der niedrigen Geschwindigkeit umgekehrt werden kann und die Richtung des Spiels zwischen dem ersten und dem zweiten Zahnrad **41, 42** und die Richtung des Spiels zwischen dem zweiten und dem dritten Zahnrad **42, 43** mit der niedrigen Geschwindigkeit umgekehrt werden können. In diesem Fall ist es möglich, das Stoßgeräusch zu reduzieren, das während der Kollision zwischen den Zahnflächen den ersten und des zweiten Zahnrads **41, 42** und der Kollision zwi-

schen den Zahnflächen des zweiten und des dritten Zahnrads **42, 43** in dem Drehzahlreduktionsgetriebe-mechanismus erzeugt wird.

**[0115]** Außerdem wird die Ventilbewegungsgeschwindigkeit des Klappenventils **1** des AGRV **110** nur zu der Zeit des Passierens des Federgleichgewichtspunkts reduziert, so dass es möglich ist, die Verlängerung der Betriebszeitdauer der Ablagerungsabschabarbeit einzuschränken.

**[0116]** Ferner wiederholt zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit das Klappenventil **1** des AGRV **110** die Öffnungs- und Schließbewegungen über den Federgleichgewichtspunkt. Außerdem wird der Federgleichgewichtspunkt in oder um die vollständig geschlossene Ventilposition festgelegt, so dass die Ventilstopposition des Klappenventils **1** zu der Zeit des Stoppens der Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Motor **9** nicht wesentlich von der vollständig geschlossenen Ventilposition abweicht. Das heißt, das Klappenventil **1** wird in dem geschlossenen Zustand gehalten, wenn die Zufuhr der elektrischen Energie zu dem Motor **9** gestoppt ist. In diesem Fall wird zu der Zeit eines Fehlers des AGRV **110**, das heißt zu der Zeit eines Fehlers des Motors **9** (z. B. zu der Zeit eines Elektrodrahtbruchs), das AGR - Gas nicht in die Brennkammer jedes Zylinders der Maschine rückgeführt, so dass sich die Rückführungsmenge des AGR - Gases (die AGR - Menge) in Bezug auf die Einlassluftmenge nicht übermäßig erhöht. Daher ist es möglich, das Auftreten der Fehlzündung oder das Abwürgen der Maschine zu verhindern, und dadurch ist es möglich, das Auftreten eines nicht antreibbaren Zustands des Fahrzeugs zu verhindern.

**[0117]** Als Ergebnis kann, da die Verlängerung der Betriebszeit der Ablagerungsabschabarbeit eingeschränkt ist oder da das Auftreten der Fehlzündung oder das Abwürgen der Maschine verhindert wird, die Erzeugung des Stoßgeräusches, das durch die Kollision zwischen den Zahnflächen der benachbarten Zahnräder des Drehzahlreduktionsgetriebe-mechanismus verursacht wird, zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit verhindert bzw. unterdrückt werden.

**[0118]** Nachstehend sind Modifikationen des vorstehenden Ausführungsbeispiels beschrieben.

**[0119]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist die zylindrische Düse **5** in dem Düseneingriffsabschnitt **23** des Gehäuses **4** befestigt und gehalten und ist das Klappenventil **1** in der Düse **5** offenbar und schließbar aufgenommen. Alternativ kann das Klappenventil **1** direkt in der offenbaren und schließbaren Weise in dem Gehäuse **4** aufgenommen sein. In einem derartigen Fall wird die Düse **5** nicht erfordert und dadurch kann die Anzahl der Komponenten und die Anzahl der Einbauschritte reduziert werden.

**[0120]** Die Dichtungsringnut (ringförmige Nut) kann von der radial äußeren Endumfangsfläche **15** des Klappenventils **1** beseitigt werden. Ferner kann es nicht erforderlich sein, dass der Dichtungsring **3** an der Radialaußenendumfangsfläche **15** des Klappenventils **1** eingebaut ist. In einem derartigen Fall wird der Dichtungsring **3** nicht erfordert und dadurch kann die Anzahl der Komponenten und die Anzahl der Einbauschritte reduziert werden.

**[0121]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist das Gehäuse aus dem Gehäuse (Ventilgehäuse) **4** hergestellt, das mit der Abgasrückführungsleitung des Abgasrückführungsgeräts verbunden ist und den Abschnitt der Abgasrückführungsleitung ausbildet. Alternativ kann das Gehäuse aus einem Gehäuse hergestellt sein, das einen Abschnitt der Einlassleitung oder einen Abschnitt der Abgasleitung ausbildet.

**[0122]** Außerdem ist in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel das Klappenventil **1** des AGRV **110**, das die Abgasrückführungsmenge (AGR - Menge) gemäß dem Betriebszustand der Maschine variabel steuert, an der einen axialen Endseite (der distalen Endseite) der Ventilwelle **13** mittels den Fixiermitteln (z. B. der Verschweißung) gehalten und fixiert. Alternativ kann das Klappenventil **1** an der einen axialen Endseite (distalen Endseite) oder dem mittleren Abschnitt der Ventilwelle **13** mittels einer Schraube (Schrauben) wie z. B. der Verbindungsschraube (Verbindungsschrauben) oder einem Fixierstift (Fixierstifte) fixiert sein.

**[0123]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist die Ventilantriebsvorrichtung, die das Klappenventil **1** des AGRV **110** antreibt (öffnet oder schließt), als das elektrische Stellglied **120** ausgebildet, das den Motor **9** und den Antriebskraftübertragungsmechanismus (z. B. den Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus) aufweist. Alternativ kann die Ventilantriebsvorrichtung, die das Ventil antreibt (öffnet oder schließt) als ein Stellglied einer Unterdruckbauart ausgebildet sein, das ein Solenoid betätigtes Unterdrucksteuerungsventil oder ein elektrisch betätigtes Unterdrucksteuerungsventil aufweist. Alternativ kann die Ventilantriebsvorrichtung als ein Stellglied einer Solenoidbauart wie z. B. als eine Solenoidfluidsteuerungsventilvorrichtung ausgebildet sein.

**[0124]** Außerdem kann das Fluidströmungsmengensteuerungsventil, das das Gehäuse und das Ventil aufweist, als ein Einlassluftsteuerungsventil (z. B. ein Drosselventil), ein Abgassteuerungsventil oder ein Leerlaufdrehzahlsteuerungsventil anstelle des AGRV **110** des vorstehenden Ausführungsbeispiels ausgeführt sein. In einem derartigen Fall steuert das Einlassluftsteuerungsventil die Menge der Einlassluft, die in die Brennkammern der Maschine angesaugt wird. Das Abgassteuerungsventil steuert die Menge des Abgases, das von den Brennkammern der

Maschine ausgestoßen wird. Das Leerlaufdrehzahlsteuerungsventil steuert die Menge der Einlassluft, die das Drosselventil umgeht.

**[0125]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät bei dem Brennkraftmaschinenströmungsmengensteuergerät (dem Abgasrückführungsgerät) angewandt, das die Strömungsmenge des Fluids wie z. B. des AGR - Gases (das Hochtemperaturfluid) steuert. Jedoch ist das Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät der vorliegenden Erfindung nicht auf das Brennkraftmaschinenströmungsmengensteuergerät beschränkt. Das heißt, die Fluidsteuerungsventilvorrichtung, die das Gehäuse und das Ventil aufweist, kann als ein Fluiddurchgangsöffnungs- und Schließventil, ein Fluiddurchgangsveränderungsventil oder ein Fluiddrucksteuerungsventil angewandt werden.

**[0126]** Außerdem kann die Fluidsteuerungsventilvorrichtung der vorliegenden Erfindung bei einem Einlassluftströmungssteuerungsventil (einem Tumbleströmungssteuerungsventil oder einem Drallströmungssteuerungsventil) oder einem verstellbaren Einlassluftventil angewandt sein, das eine Durchgangslänge oder eine Durchgangsquerschnittsfläche des Einlassdurchgangs verändert. Außerdem wird die Turboladermaschine als die Brennkraftmaschine verwendet. Alternativ kann eine Brennkraftmaschine, die keinen Turbolader oder keine Aufladung aufweist, als die Brennkraftmaschine der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Ferner kann eine Benzinmaschine als die Brennkraftmaschine der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

**[0127]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist die Sitzfläche (die Kontaktfläche), die die Gleitfläche des Dichtungsringes **3** gleitbar berührt, in dem Abschnitt der Durchgangswandfläche des Gehäuses **4** vorgesehen. Alternativ können die Dichtungsringnut und der Dichtungsring **3** beseitigt werden und kann eine Kontaktfläche, die die Gleitfläche (z. B. die radial äußere Endumfangsfläche **15**) des Klappenventils **1** gleitbar berührt, in dem Abschnitt der Durchgangswandfläche des Gehäuses **4** vorgesehen sein. Außerdem wird in dem vorstehenden Ausführungsbeispiel das Klappenventil **1** als das Ventil verwendet. Alternativ kann ein drehbares Ventil mit einem offenen Ende, ein Drehventil, ein Tellerventil, ein Flatterventil oder ein Ventil einer Türbauart mit nur einer gestützten Seite (auskragendes Ventil) als das Ventil der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

**[0128]** Außerdem treibt in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus die Ventilwelle **13** des Klappenventils **1** durch Reduzieren der Drehzahl der Motorwelle **11** des Motors **9** mit dem vorbestimmten Drehzahlreduktionsverhältnis in zwei Schritten über das erste bis

dritte Zahnrad **41** bis **43** an, um das Drehmoment des Motors **9** zu erhöhen. Alternativ kann als der Antriebskraftübertragungsmechanismus der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus mittels einem Schneckenrad, das an der Motorwelle des Motors fixiert ist, und einem Schraubenrad ausgebildet sein, das mit dem Schneckenrad in Eingriff ist und dadurch gedreht wird.

**[0129]** Ferner kann ein Antriebskraftübertragungsmechanismus, der einen Mechanismus mit Zahnstange und Ritzel (ein Bewegungsrichtungsveränderungsmechanismus, der eine Drehbewegung in eine lineare Bewegung umwandelt) aufweist, verwendet werden. In dem Mechanismus mit Zahnstange und Ritzel wird ein Ritzel als ein letztes Zahnrad in dem Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus verwendet und sind Zahnstangenzähne, die mit dem Ritzel in Eingriff sind, an der Ventilwelle des Ventils versehen.

**[0130]** Außerdem kann die Zwischenwelle **12** durch das Gehäuse **4** derart drehbar gestützt sein, dass die Zwischenwelle **12** relativ zu dem Gehäuse **4** drehbar ist. In einem derartigen Fall kann das zweite Zahnrad **42** an der Zwischenwelle **12** fixiert sein.

**[0131]** Außerdem kann der Antriebskraftübertragungsmechanismus (z. B. der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus) aus zwei Zahnrädern nämlich dem ersten und dem zweiten Zahnrad (dem ersten und dem zweiten drehbaren Körper) hergestellt sein. Ferner kann der Antriebskraftübertragungsmechanismus (z. B. der Drehzahlreduktionsgetriebemechanismus) aus vier oder mehr Zahnrädern hergestellt sein.

**[0132]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist, wenn der Federgleichgewichtspunkt auf dem vollständig geschlossenen Punkt ( $\square = 0$  Grad) festgelegt ist, der in dem Steuerungsbetrieb verwendet wird, die erste Zwischenposition auf  $\square = +30$  Grad festgelegt. Alternativ kann die erste Zwischenposition auf einem maximalen Öffnungsgrad an der Ventilöffnungsseite (ungefähr  $+3,5$  Grad) in dem nicht erfassbaren Bereich einer AGR - Gasleckagemenge festgelegt sein.

**[0133]** In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist, wenn der Federgleichgewichtspunkt auf dem vollständig geschlossenen Punkt ( $\square = 0$  Grad) festgelegt ist, der in dem Steuerungsbetrieb verwendet wird, die zweite Zwischenposition auf  $\square = -30$  Grad festgelegt. Alternativ kann die zweite Zwischenposition auf einem maximalen Öffnungsgrad an der Ventilschließseite (ungefähr  $-3,5$  Grad) in dem nicht erfassbaren Bereich einer AGR - Gasleckagemenge festgelegt sein.

**[0134]** Außerdem kann der Federgleichgewichtspunkt auf die vollständig geschlossene Ventilposition

festgelegt sein oder kann die zweite Zwischenposition auf die vollständig geschlossene Position festgelegt sein.

**[0135]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird der AGRV - Öffnungs- und Schließsteuerungsbetrieb (die Ablagerungsabschabarbeit) infolge des Ausschaltens des Zündschalters ausgeführt. Alternativ kann der AGRV - Öffnungs- und Schließsteuerungsbetrieb (die Ablagerungsabschabarbeit) nach dem Stoppen der Maschine oder zu der Zeit des Maschinenstarts ausgeführt werden. Ferner kann die Ablagerungsabschabarbeit zu der Zeit des Ausführens der Bewegung zum vollständigen Schließen des Klappenventils **1** während des normalen Maschinenbetriebs ausgeführt werden.

**[0136]** In dem Fall, in dem eine Ausführungsbedingung zum Ausführen der Bewegung zum vollständigen Schließen des Klappenventils **1** des AGRV **110** in dem Ventilöffnungszustand (z. B. dem vollständig geöffneten Ventilzustand) des Klappenventils **1** erfüllt ist, ist der Federgleichgewichtspunkt (die Neutralposition) als der AGR - Sollöffnungsgrad (der Sollöffnungsgrad) zunächst festgelegt, der der Steuerungswert ist.

**[0137]** Die Ausführungsbedingung der Bewegung zum vollständigen Schließen kann z. B. erfüllt sein, wenn der Antriebszustand des Fahrzeugs (z. B. des Automobils) verändert wird, oder wenn der Betriebszustand der Maschine außerordentlich verändert wird (z. B. wenn der Fahrer das Beschleunigerpedal stark niederdrückt, um den vollen Öffnungsgrad des Beschleunigers zu bewirken, oder wenn die Aufladung der Einlassluft durch den Turbolader in dem Hochlastbereich der Maschine ausgeführt wird, oder wenn der Normalantriebszustand durch Niederdrücken des Gaspedals zu dem Beschleunigungsantriebszustand verändert wird), oder wenn das Bremspedal durch den Fahrer gedrückt wird.

**[0138]** Außerdem kann zu der Zeit des Ausführens des AGRV - Öffnungs- und Schließsteuerungsbetriebs (die Ablagerungsabschabarbeit), wenn das Klappenventil **1** von der zweiten Zwischenposition oder der ersten Zwischenposition zu der ersten Zwischenposition oder der zweiten Zwischenposition bewegt wird, die Bewegung des Klappenventils **1** an der Stelle unmittelbar vor der Neutralposition (dem Federgleichgewichtspunkt) gestoppt werden, bis eine vorbestimmte Zeit verstreicht. In einem derartigen Fall kann das Klappenventil **1** die Neutralposition mit der niedrigen Ventilbewegungsgeschwindigkeit passieren, die zu der Zeit der Bewegung des Klappenventils **1** von der Neutralposition zu der ersten Zwischenposition oder zu der zweiten Zwischenposition festgelegt ist. In diesem Fall ist es möglich, die Erzeugung eines Stoßgeräusches zu unterdrücken, das durch die Kollision zwischen den Zahn-

flächen der benachbarten Zahnräder des Drehzahlreduktionsmechanismus zu der Zeit des Ausführens der Ablagerungsabschabarbeit erzeugt wird.

**[0139]** In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel ist die Neutralposition als der Steuerungssollwert zu der Zeit der Bewegung des Klappenventils **1** von der ersten Zwischenpositionsseite oder der zweiten Zwischenpositionsseite festgelegt. Alternativ kann eine Position benachbart zu der Neutralposition als der Steuerungssollwert anstelle der Neutralposition festgelegt sein.

**[0140]** Zusätzliche Vorteile und Modifikationen fallen dem Fachmann auf. Die Erfindung in ihrer breiteren Auslegung ist daher nicht auf die spezifischen Details, das dargestellte Gerät und die beispielhaften Beispiele beschränkt, die gezeigt und beschrieben sind.

**[0141]** Wenn eine Steuerungseinheit (**10**) eine elektrische Energie, die zu einem Elektromotor (**9**) zugeführt wird, variabel steuert, um eine Ventilöffnungs- und Schließbewegung eines Ventils (**1**) über eine Neutralposition zwischen einer ersten Zwischenposition und einer zweiten Zwischenposition zu wiederholen, legt die Steuerungseinheit (**10**) die Neutralposition als einen Steuerungssollwert zunächst fest, bis eine Ventilposition, die mit einem Ventilöffnungsgradsensor (**130**) erfasst wird, unmittelbar vor der Neutralposition angeordnet ist. Die Steuerungseinheit (**10**) verändert danach den Steuerungssollwert auf die erste Zwischenposition oder die zweite Zwischenposition, wenn die Steuerungseinheit (**10**) bestimmt, dass die Ventilposition, die mit dem Ventilöffnungsgradsensor (**130**) erfasst wird, die Neutralposition erreicht.

### Patentansprüche

1. Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät mit einer Fluidsteuerungsventilvorrichtung (**110**), die Folgendes aufweist:  
ein Gehäuse (**4**), das einen Fluiddurchgang (**6**) ausbildet, der mit einer Brennkammer einer Brennkraftmaschine verbunden ist; und  
ein Ventil (**1**), das in dem Fluiddurchgang (**6**) offenbar und schließbar aufgenommen ist;  
einem Stellglied (**120**), das Folgendes aufweist:  
einen Elektromotor (**9**), der eine Antriebskraft erzeugt, um das Ventil (**1**) in eine Ventilöffnungsrichtung oder eine Ventilschließrichtung anzutreiben; und  
eine Vielzahl von Zahnrädern (**41 bis 43**), die die Antriebskraft des Elektromotors (**9**) zu dem Ventil (**1**) übertragen;  
einer ersten Ventildrängeinrichtung (**31**) zum Drängen des Ventils (**1**) in die Ventilschließrichtung;  
einer zweiten Ventildrängeinrichtung (**32**) zum Drängen des Ventils (**1**) in die Ventilöffnungsrichtung;

einer Ventilpositionserfassungseinrichtung (**130**) zum Erfassen einer derzeitigen Position des Ventils (**1**); und

einer Steuerungseinheit (**10**), die eine elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (**9**) zugeführt wird, derart variabel steuert, dass eine Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (**130**) erfasst wird, mit einem Steuerungssollwert des Ventils (**1**) übereinstimmt,

wobei

die Steuerungseinheit (**10**) die elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (**9**) zugeführt wird, derart variabel steuert, dass das Ventil (**1**) eine Öffnungs- und Schließbewegung innerhalb eines vorbestimmten Ventilöffnungsgradbereiches über eine Neutralposition zwischen einer ersten Zwischenposition und einer zweiten Zwischenposition wiederholt;  
die Neutralposition an oder benachbart zu einer vollständig geschlossenen Position angeordnet ist, in der das Ventil (**1**) vollständig geschlossen ist, um den Fluiddurchgang (**6**) zu schließen;

in der Neutralposition eine Drängkraft der ersten Ventildrängeinrichtung (**31**) mit einer Drängkraft der zweiten Ventildrängeinrichtung (**32**) im Gleichgewicht ist;  
die erste Zwischenposition von der Neutralposition in der Ventilöffnungsrichtung verschoben ist;  
die zweite Zwischenposition von der Neutralposition in der Ventilschließrichtung verschoben ist;  
wenn die Steuerungseinheit (**10**) die elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (**9**) zugeführt wird, variabel steuert, um die Ventilöffnungs- und Schließbewegung des Ventils (**1**) zu wiederholen, die Steuerungseinheit (**10**) eine Position von der Neutralposition und einer Position benachbart zu der Neutralposition als den Steuerungssollwert zunächst festlegt, bis die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (**130**) erfasst wird, unmittelbar vor der einen Position von der Neutralposition und der Position benachbart zu der Neutralposition angeordnet ist; und

die Steuerungseinheit (**10**) danach den Steuerungssollwert auf die erste Zwischenposition oder die zweite Zwischenposition verändert, wenn die Steuerungseinheit (**10**) bestimmt, dass die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (**130**) erfasst wird, die eine Position von der Neutralposition und der Position benachbart zu der Neutralposition erreicht.

2. Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät nach Anspruch 1, wobei die Steuerungseinheit (**10**) den Steuerungssollwert auf die zweite Zwischenposition verändert, wenn die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (**130**) erfasst wird, die eine Position von der Neutralposition und der Position benachbart zu der Neutralposition zu der Zeit des variablen Steuerns der elektrischen Energie erreicht, die zu dem Elektromotor (**9**) zugeführt wird, um das Ventil (**1**) von der ersten Zwischenposition über

die Neutralposition zu der zweiten Zwischenposition hin zu bewegen.

ten Zwischenposition zu der Neutralposition hin aufbringt.

3. Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Steuerungseinheit (10) den Steuerungssollwert auf die erste Zwischenposition verändert, wenn die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (130) erfasst wird, die eine Position von der Neutralposition und der Position benachbart zu der Neutralposition zu der Zeit des variablen Steuerns der elektrischen Energie erreicht, die zu dem Elektromotor (9) zugeführt wird, um das Ventil (1) von der zweiten Zwischenposition über die Neutralposition zu der ersten Zwischenposition hin zu bewegen.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

4. Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Steuerungseinheit (10) einen Verzögerungssteuerbetrieb ausführt, um eine Bewegungsgeschwindigkeit des Ventils (1) zu dem Steuerungssollwert hin progressiv zu verzögern, wenn die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (130) erfasst wird, unmittelbar vor dem Steuerungssollwert zu der Zeit des Ausführens der Öffnungs- und Schließbewegung des Ventils (1) innerhalb des vorbestimmten Ventilöffnungsgradbereichs angeordnet ist.

5. Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Steuerungseinheit (10) die elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (9) zugeführt wird, variabel steuert, um eine Bewegungsrichtung des Ventils (1) umzukehren, wenn die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (130) erfasst wird, die zweite Zwischenposition infolge eines Passierens der Neutralposition zu der Zeit des Ausführens der Öffnungs- und Schließbewegung des Ventils (1) innerhalb des vorbestimmten Ventilöffnungsgradbereichs erreicht; und die Steuerungseinheit (10) danach die elektrische Energie, die zu dem Elektromotor (9) zugeführt wird, variabel steuert, um die Bewegungsrichtung des Ventils (1) umzukehren, wenn die Ventilposition, die mit der Ventilpositionserfassungseinrichtung (130) erfasst wird, die erste Zwischenposition infolge eines Passierens der Neutralposition erreicht.

6. Ventilöffnungs- und Schließsteuergerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste Ventildrängeinrichtung (31) eine erste Feder (31) ist, die eine Last in einer Richtung zum Rückstellen des Ventils (1) zumindest von der ersten Zwischenposition zu der Neutralposition hin aufbringt; und die zweite Ventildrängeinrichtung (32) eine zweite Feder (32) ist, die eine Last in einer Richtung zum Rückstellen des Ventils (1) zumindest von der zwei-

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

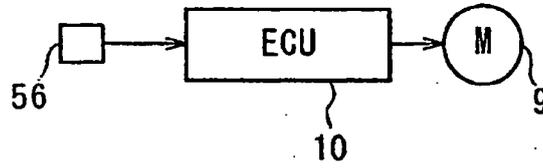


FIG. 1B

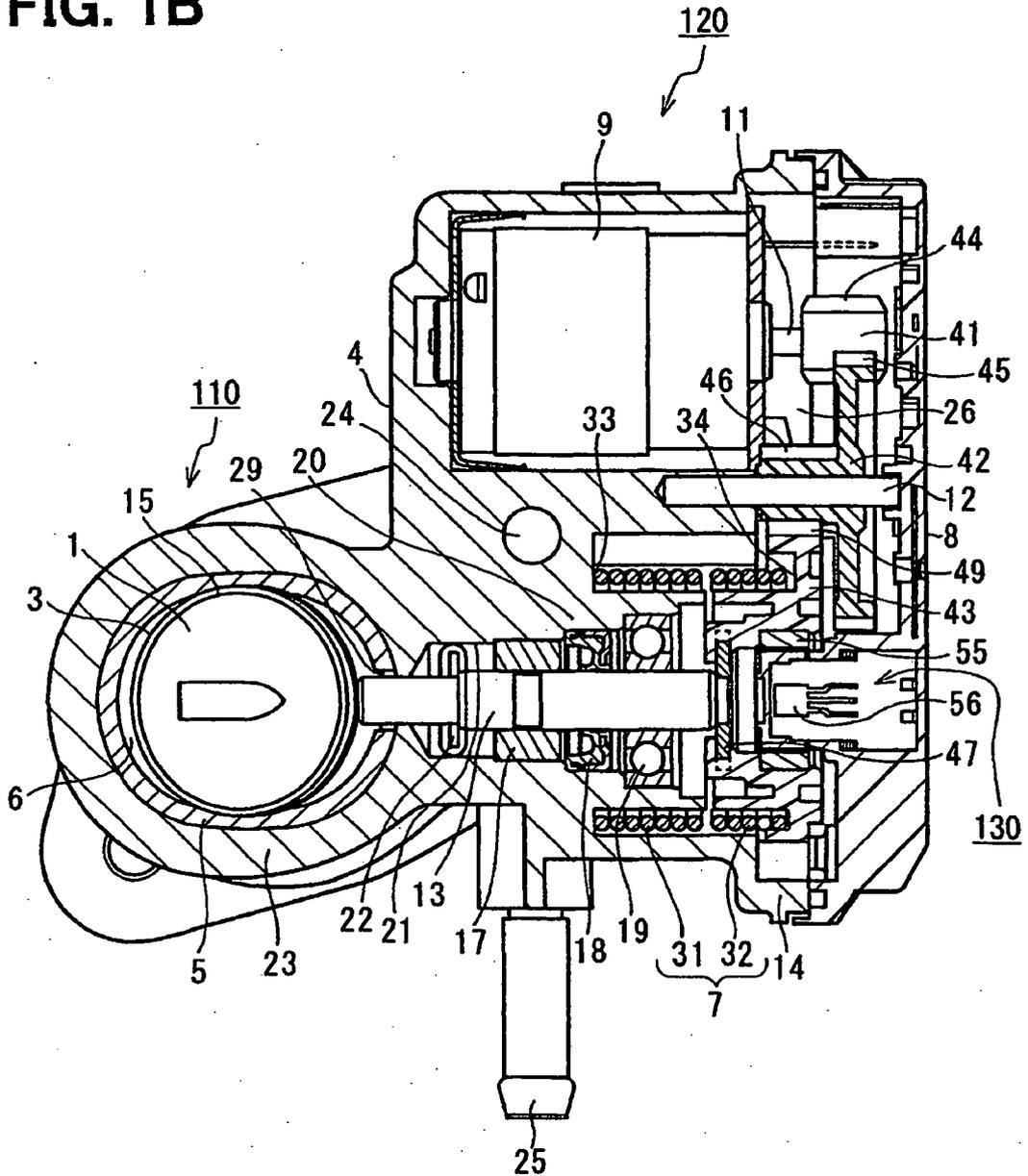
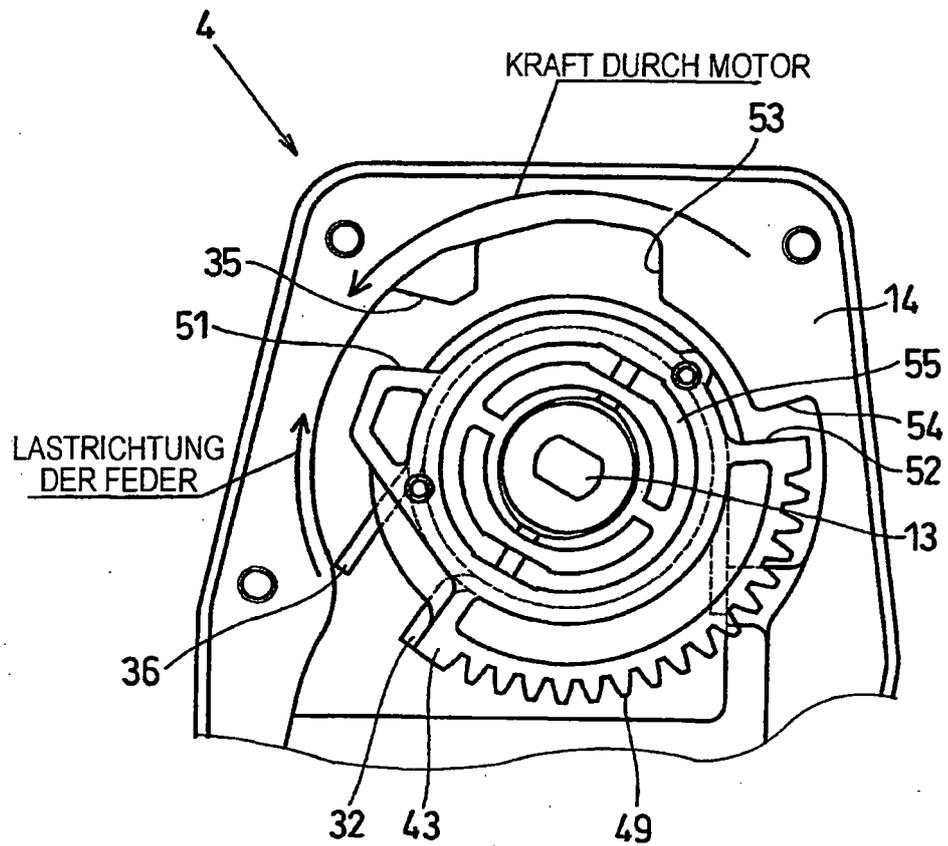


FIG. 2



**FIG. 3**

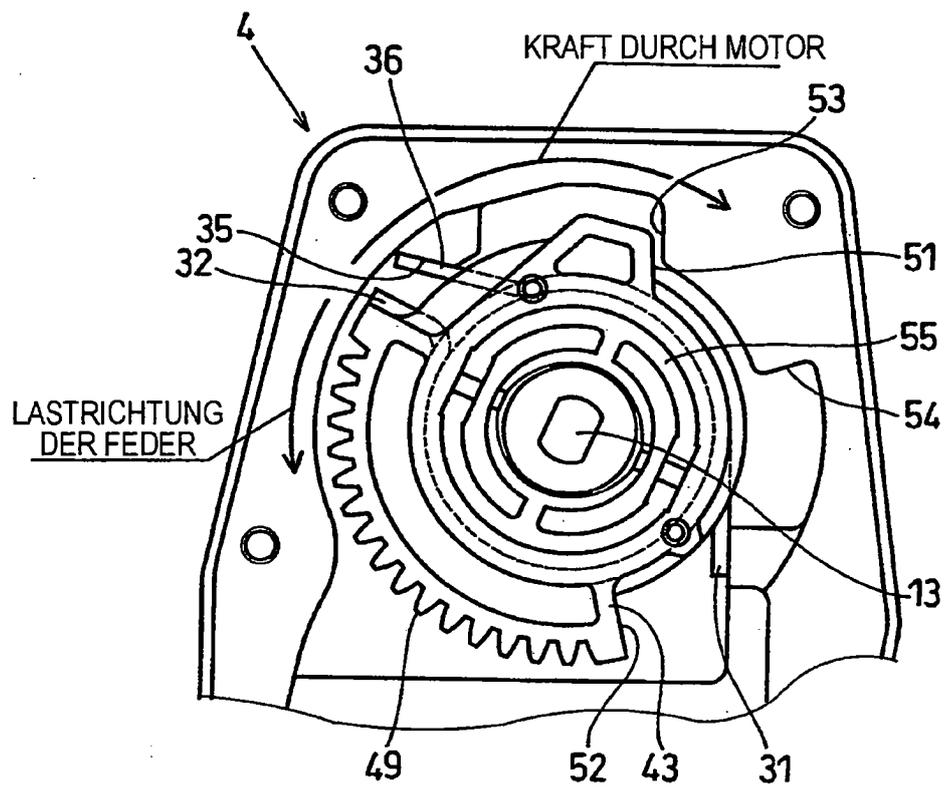


FIG. 4

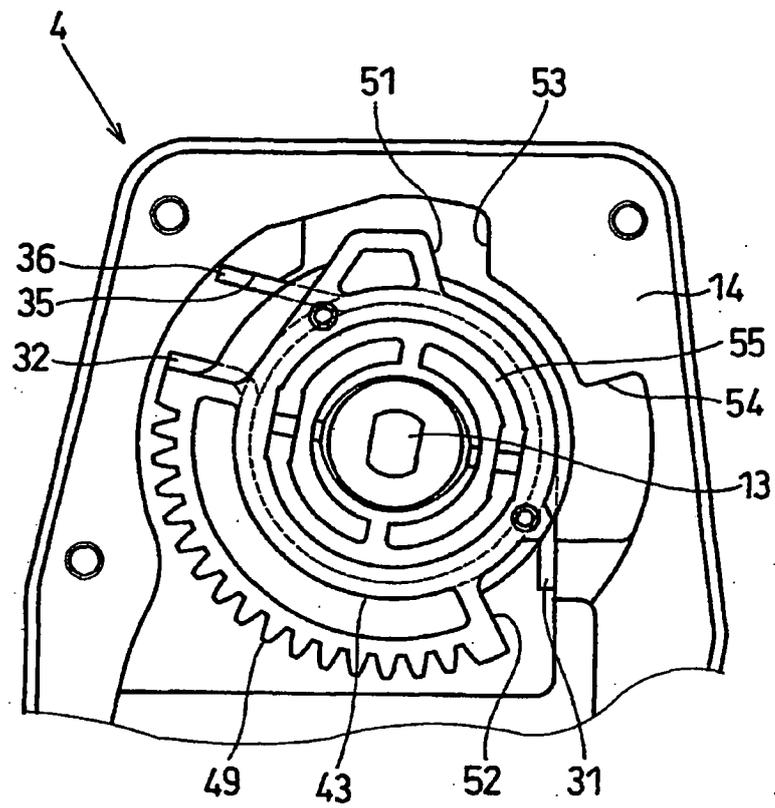
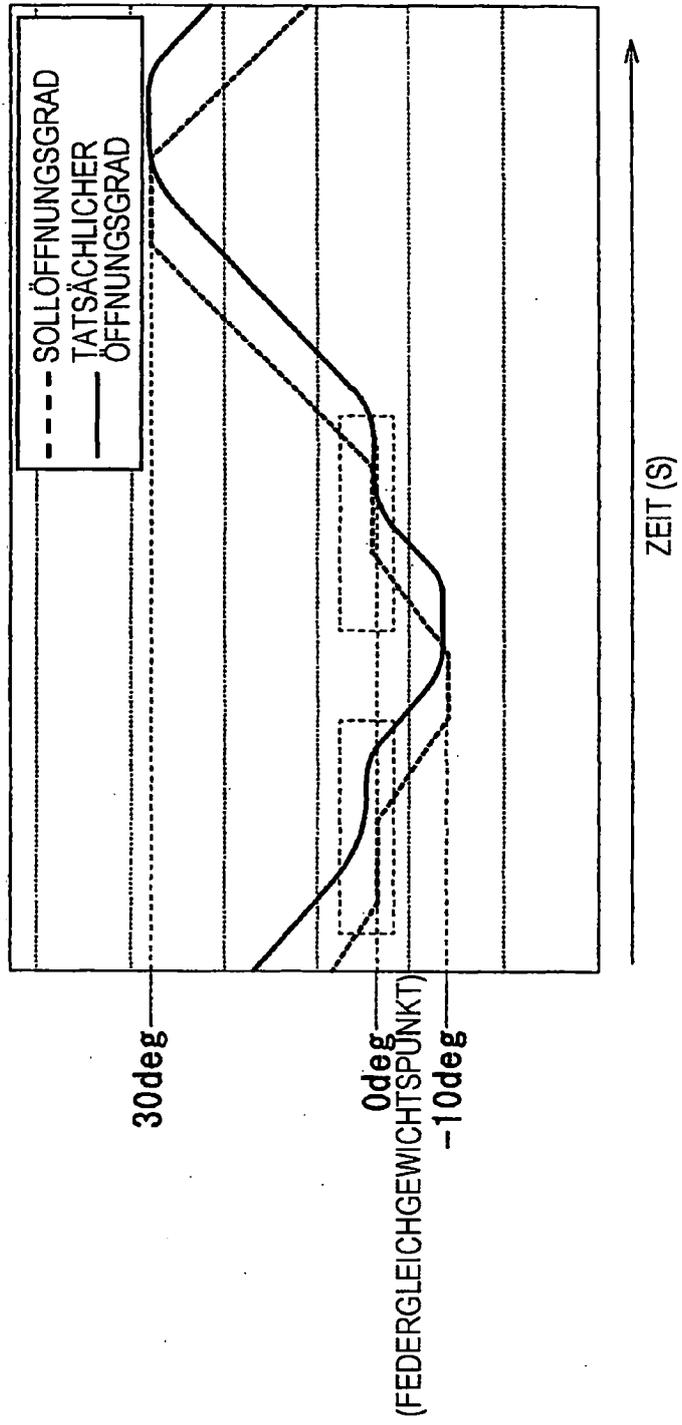
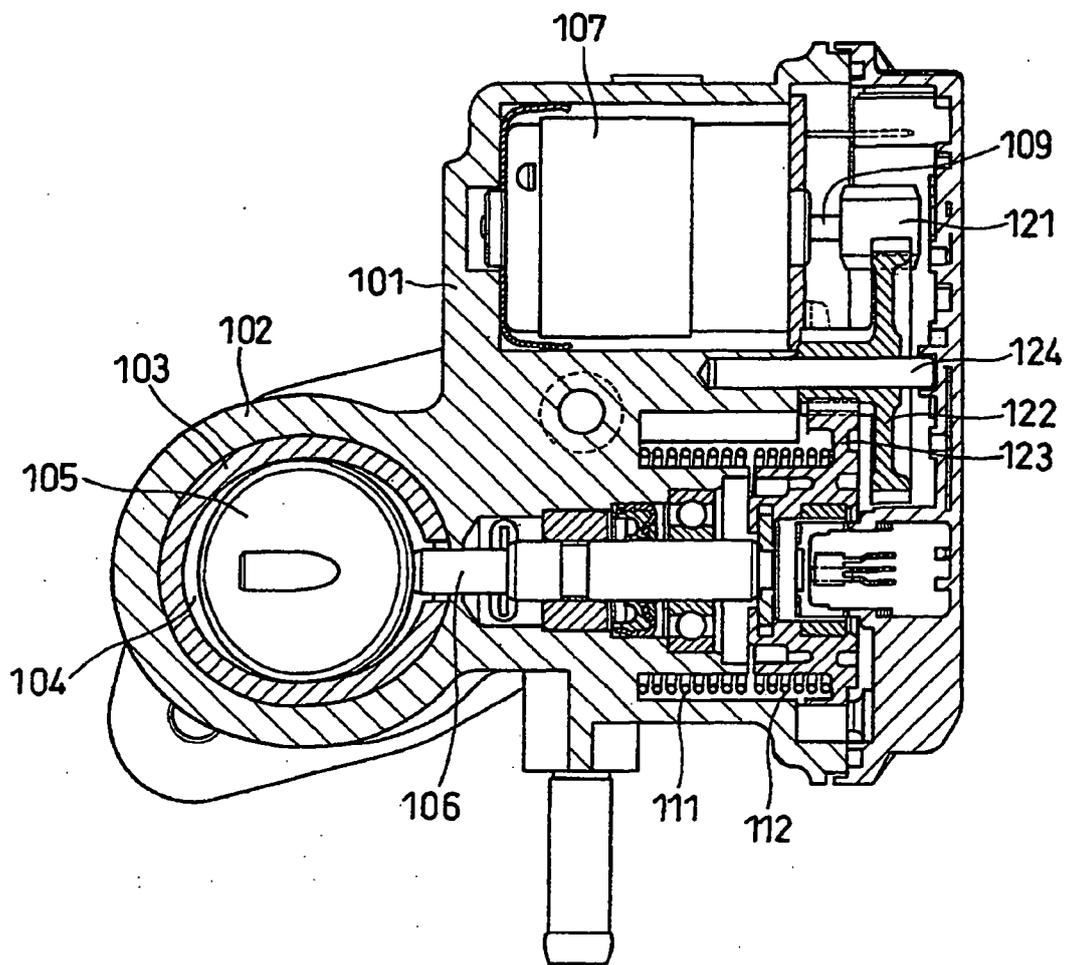


FIG. 5



**FIG. 6** STAND DER TECHNIK



**FIG. 7** STAND DER TECHNIK

