



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 62 544 B4 2009.04.02**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 62 544.4**
 (22) Anmeldetag: **15.12.2000**
 (43) Offenlegungstag: **05.07.2001**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.04.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F01L 9/04 (2006.01)**

Innerhalb von drei 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:
11-359979 17.12.1999 JP

(73) Patentinhaber:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

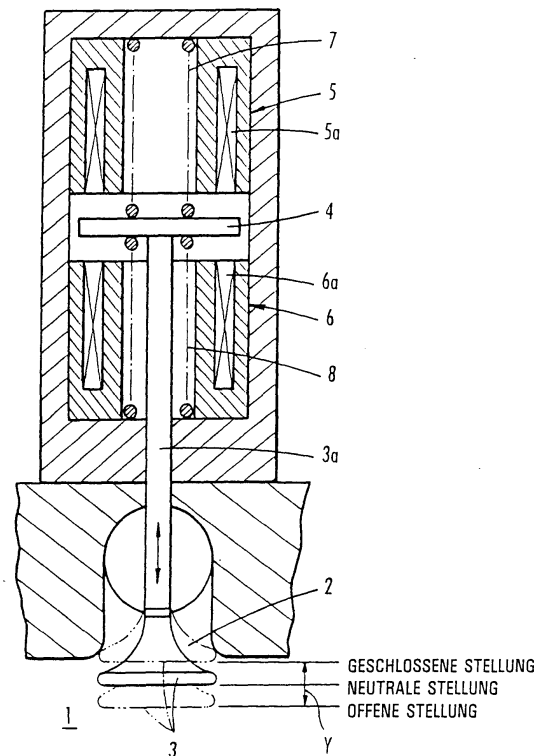
(72) Erfinder:
Yamaki, Toshihiro, Wako, Saitama, JP; Nakamura, Minoru, Wako, Saitama, JP; Fujimoto, Jiro, Wako, Saitama, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 196 31 909 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Steuern/Regeln einer elektromagnetischen Ventileinheit für Verbrennungsmotoren**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Steuern/Regeln einer elektromagnetischen Ventileinheit (11) in einem Verbrennungsmotor, umfassend einen Ventilkopf (3), der zwischen einer offenen Stellung zum Öffnen einer Einlass- oder Auslassöffnung einer Brennkammer in dem Verbrennungsmotor und einer geschlossenen Stellung zum Schließen der Einlass- oder Auslassöffnung hin- und herbeweglich ist, ein Vorspannmittel (7, 8) zum Vorspannen des Ventilkopfs (3) zu einer Neutralstellung zwischen der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung, einen Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) zum Versetzen des Ventilkopfs (3) in die offene Stellung unter elektromagnetischen Kräften, einen Ventilschließ-Elektromagneten (5) zum Versetzen des Ventilkopfs (3) in die geschlossene Stellung unter elektromagnetischen Kräften, sowie einen Hubsensor (12) zum Erzeugen einer Ausgabe (Vx) in Abhängigkeit von der Hubstellung des Ventilkopfs (3), wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Bestimmen einer Differenz (DOP-DCL) zwischen der Ausgabe (Vx) des Hubsensors (12), wenn sich der Ventilkopf (3) in der offenen Stellung befindet, und der Ausgabe (Vx) des Hubsensors (12), wenn sich der Ventilkopf...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern/Regeln einer elektromagnetischen Ventileinheit zur Verwendung in Verbrennungsmotoren.

[0002] Es sind bisher elektromagnetische Ventileinheiten bekannt geworden, um Einlass- oder Auslassventile in den Zylindern der Verbrennungsmotoren selektiv zu öffnen und zu schließen. Eine Basisstruktur einer solchen elektromagnetischen Ventileinheit ist in [Fig. 1](#) der beigefügten Zeichnungen gezeigt.

[0003] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, besitzt die elektromagnetische Ventileinheit einen Ventilkopf **3** zum selektiven Öffnen und Schließen einer Einlass- oder Auslassöffnung **2** (nachfolgend als "Einlass/Auslassöffnung **2**" bezeichnet) einer Brennkammer **1** jedes Zylinders eines Verbrennungsmotors. Der Ventilkopf **3** ist an einem Ende eines Schafts **3a** angebracht, und ein Anker **4** in der Form einer Eisenscheibe ist an dem anderen Ende des Schafts **3a** angebracht. Der Schaft **3a** ist axial hin- und herbeweglich, d. h. in [Fig. 1](#) vertikal beweglich, um den Ventilkopf **3** zwischen einer geschlossenen Stellung, die mit strichpunktierten Linien gezeigt ist, zum Schließen der Einlass/Auslassöffnung **2**, sowie einer offenen Stellung, die mit den strichpunktierten Linien gezeigt ist, zum Öffnen der Einlass/Auslassöffnung **2** zu bewegen.

[0004] Einige elektromagnetische Ventileinheiten beinhalten einen Antriebsstößel (nicht gezeigt), der koaxial gegen das Oberende eines Ventilschafts zur gemeinsamen Bewegung mit dem Ventilschaft gehalten ist, sowie einen an dem Antriebsstößel angebrachten Anker. Bei solchen elektromagnetischen Ventileinheiten entsprechen der Ventilschaft und der Antriebsstößel gemeinsam dem in [Fig. 1](#) gezeigten Schaft **3a**.

[0005] Die in [Fig. 1](#) gezeigte elektromagnetische Ventileinheit besitzt Elektromagneten **5**, **6**, die jeweils über bzw. unter dem Anker **4** angeordnet sind, sowie jeweilige Solenoide **5a**, **6a**. Der Elektromagnet **5** dient als Ventilschließ-Elektromagnet, der, wenn das Solenoid **5a** erregt ist, elektromagnetische Kräfte erzeugt, um den Anker **4** anzuheben und anzuziehen, um hierdurch den Ventilkopf **3** in die geschlossene Stellung zu bewegen. Der Elektromagnet **6** dient als Ventilöffnungs-Elektromagnet, der, wenn das Solenoid **6a** erregt ist, elektromagnetische Kräfte erzeugt, um den Anker **4** abzusenken und anzuziehen, um hierdurch den Ventilkopf **3** in die offene Stellung zu bewegen.

[0006] Die elektromagnetische Ventileinheit besitzt ferner eine Feder **7**, die über dem Anker **4** angeordnet ist, um den Anker **4** normalerweise so vorzuspannen, dass er den Ventilkopf **3** zur offenen Stellung hin

absenkt, sowie eine Feder **8**, die unter dem Anker **4** angeordnet ist, um den Anker **4** normalerweise so vorzuspannen, dass er den Ventilkopf **3** zur geschlossenen Stellung hin anhebt. Wenn die Elektromagneten **5**, **6** erregt sind, werden die Spannkraft der Federn **7**, **8** im Gleichgewicht gehalten, um den Ventilkopf **3** in einer Neutralstellung, die mit den durchgehenden Linien gezeigt ist, zwischen der geschlossenen und der offenen Stellung zu halten. Daher dienen die Federn **7**, **8** gemeinsam als Vorspannmittel, um den Ventilkopf **3** in die Neutralstellung vorzuspannen.

[0007] Zum Öffnen des Ventilkopfs **3** aus der geschlossenen Stellung, in der der Anker **4** durch die elektromagnetischen Kräfte zu dem Ventilschließ-Elektromagneten **5** hin angezogen wird, wird das Solenoid **5a** des Ventilschließ-Elektromagneten **5** erregt, um den Anker **4** von dem Ventilschließ-Elektromagneten **5** zu lösen, so dass sich der Ventilkopf **3** unter den kombinierten Vorspannkraften der Federn **7**, **8** von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung bewegen kann. Bei Bewegung des Ventilkopfs **3** aus der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin wird das Solenoid **6a** des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** erregt, um den Anker **4** anzuziehen, bis der Ventilkopf **3** die offene Stellung erreicht, worauf der Ventilkopf **3** in der offenen Stellung gehalten wird.

[0008] Um den Ventilkopf **3** von der offenen Stellung zu der geschlossenen Stellung hin zu bewegen, wird das Solenoid **6a** erregt, um den Anker **4** von dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zu lösen. Danach wird das Solenoid **5a** erregt, um den Anker **4** gegen den Ventilschließ-Elektromagneten **5** anzuziehen. Auf diese Weise wird der Ventilkopf **3** von der offenen Stellung in die geschlossene Stellung versetzt und in der geschlossenen Stellung gehalten.

[0009] Der obige Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** erfolgt periodisch synchron mit der Drehzahl des Verbrennungsmotors.

[0010] Um Einlassluft in die Brennkammer **1** glattgängig einzuführen und Abgase aus dieser glattgängig abzugeben, um den Verbrennungsmotor effizient zu betreiben, ist es erforderlich, den Ventilkopf **3** derart zu öffnen und zu schließen, dass sich die Hubstellung des Ventilkopfs **3** zwischen der geschlossenen und der offenen Stellung in Abhängigkeit von einem gewünschten zeitabhängigen Muster entsprechend der Drehzahl des Verbrennungsmotors ändert. Wenn der Öffnungs- und Schließbetrieb des Ventilkopfs **3** aus irgendeinem Grund Schwierigkeiten unterliegt, muss eine solche fehlerhafte Situation erkannt werden, und der Ventilkopf **3** muss betätigt werden mit dem Zweck, den Fehler zu vermeiden.

[0011] Bei der elektromagnetischen Ventileinheit war es üblich, einen Hubsensor zum Erfassen der

Hubstellung des Ventilkopfs **3** einzubauen und die Entregung des Ventilschließ-Elektromagneten **5** und des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in Abhängigkeit von der Hubstellung des Ventilkopfs **3** gemäß Erfassung durch den Hubsensor zu steuern. Die Hubstellung des Ventilkopfs **3** wird durch Vergleich der Ausgabe von dem Hubsensor mit einem vorbestimmten Schwellenwert erkannt.

[0012] Die Ausgabecharakteristiken des Hubsensors in Bezug auf die Hubstellung des Ventilkopfs **3** haben die Tendenz, sich von Hubsensor zu Hubsensor zu ändern, und haben ferner die Tendenz, sich durch Alterung zu verändern. Wenn die Ausgabe von dem Hubsensor mit einem festen Schwellenwert verglichen wird, ist es aus diesen Gründen wahrscheinlich, dass die Hubstellung des Ventilkopfs **3**, wie sie auf der Basis des Vergleichs erkannt wird, variiert. Im Ergebnis ist es schwierig, das Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** und des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zu steuern, um den Ventilkopf **3** akkurat und zuverlässig zu öffnen und zu schließen, und zwar unabhängig von individuellen Verbrennungsmotoren oder der Zeitdauer, über die der individuelle Verbrennungsmotor im Gebrauch war. Auch ist es schwierig, einen Fehler des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs **3** richtig zu erkennen und den Ventilkopf **3** in Abhängigkeit von dem erkannten Öffnungs- und Schließvorgang davon adäquat zu betätigen.

[0013] Auch wenn die Ausgabe des Hubsensors hoch genau ist, wird der Öffnungs- und Schließvorgang des Ventilkopfs **3** durch die Reibung verschiedener diesbezogener Teile beeinflusst, dem Verbrennungsdruck in der Brennkammer **1**, verschiedenen Charakteristiken der Federn **7, 8** und ihren zeitabhängigen Änderungen. Wenn daher das Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** und des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in einem festen Muster in Abhängigkeit von der Ausgabe des Hubsensors gesteuert wird, dann ist es schwierig, den Öffnungs- und Schließvorgang des Ventilkopfs **3** akkurat und stabil zu steuern.

[0014] Aus der DE 196 31 909 A1 ist ein Verfahren nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 bekannt, wo die genaue Mittelposition eines elektromagnetischen Einlass- oder Auslassventils für einen Verbrennungsmotor zwischen der vollständig geöffneten und der vollständig geschlossenen Stellung bestimmt werden soll. Dort werden die Induktivitäten der Öffnungs-/Schließmagnetwicklungen bestimmt, und sie werden miteinander verglichen, unter Nutzung des Effekts, dass diese Induktivitäten von der Ankerstellung abhängig sind. Wenn die Induktivitätswerte der zwei Wicklungen einander gleich sind, dann sollte sich der Anker in seiner Neutralstellung befinden.

[0015] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es

daher, ein Verfahren zum Steuern/Regeln einer elektromagnetischen Ventileinheit in einen Verbrennungsmotoren anzugeben, mit dem sich die Erregung eines Ventilschließ-Elektromagneten oder eines Ventilöffnungs-Elektromagneten zum Öffnen und Schließen eines Ventilkopfs steuern/regeln lässt, während Schwankungen der Ausgabe eines Hubsensors und Schwankungen der Reibung verschiedener diesbezüglicher Teile kompensiert werden, um hierdurch den Ventilkopf akkurat und stabil zu öffnen und zu schließen.

[0016] Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren gemäß Anspruch 1 angegeben.

[0017] Bei dem obigen Verfahren wird die Differenz zwischen der Ausgabe des Hubsensors, wenn sich der Ventilkopf in seiner offenen Stellung befindet, und der Ausgabe des Hubsensors, wenn sich der Ventilkopf in seiner geschlossenen Stellung befindet, in jeder Periode eines Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs bestimmt. Die vorbestimmte Hubstellung des Ventilkopfs zur Durchführung der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und des Ventilschließ-Elektromagneten wird auf der Basis eines Anteils des vollen Hubs bestimmt, und ein Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors, der der Hubstellung entspricht, wird unter Verwendung der Differenz zwischen den Ausgaben des Hubsensors bestimmt.

[0018] Da der volle Hub des Ventilkopfs zwischen der offenen und der geschlossenen Stellung der Differenz zwischen den Ausgaben des Hubsensors entspricht, wird der Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors, der der durch den Anteil des vollen Hubs bestimmten Hubstellung entspricht, durch den Anteil entsprechend einer proportionalen Verteilung bestimmt. Wenn die Hubstellung des Ventilkopfs als eine Stellung bestimmt wird, die von der geschlossenen oder offenen Stellung um X% des vollen Hubs versetzt ist, dann wird der Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors als ein Wert bestimmt, der, um X% der Differenz, von der Ausgabe des Hubsensors, wenn sich der Ventilkopf in der geschlossenen Stellung befindet, oder der Ausgabe des Hubsensors, wenn sich der Ventilkopf in der offenen Stellung befindet, geändert ist.

[0019] Der so für die Ausgabe des Hubsensors aufgestellte Schwellenwert ist von den Ausgangscharakteristiken individueller Hubsensoren und den Ausgangscharakteristiken des Hubsensors, die sich von Zeit zu Zeit ändern, abhängig. Daher kann der Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors, der der Hubstellung des Ventilkopfs entspricht, geeignet aufgestellt werden, und zwar unabhängig von Schwankungen in den Ausgangscharakteristiken des Hubsensors und zeitabhängiger Änderungen darin.

[0020] In dem obigen Verfahren wird das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten in Abhängigkeit davon gesteuert, ob, beim Öffnungs- und Schließbetrieb des Ventilkopfs unmittelbar nach dem Aufstellen des Schwellenwerts, die Ausgabe des Hubsensors den Schwellenwert erreicht hat oder nicht. Insofern der Schwellenwert der Hubstellung des Ventilkopfs entspricht, kann das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und des Ventilschließ-Elektromagneten auf eine gewünschte Hubstellung des Ventilkopfs gesteuert werden. Im Ergebnis kann der Ventilkopf nach Wunsch geeignet geöffnet und geschlossen werden.

[0021] Daher kann das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten gesteuert werden, während Schwankungen in der Ausgabe des Hubsensors kompensiert werden, und daher kann der Ventilkopf akkurat geöffnet und geschlossen werden.

[0022] Die Differenz zwischen den Ausgaben des Hubsensors kann durch Verwendung nur der Ausgaben des Hubsensors in einer Periode des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs bestimmt werden, um den Schwellenwert aufzustellen. Bevorzugt umfasst jedoch die Differenz eine Differenz zwischen einem Mittelwert von Ausgaben des Hubsensors, wenn sich der Ventilkopf über eine Mehrzahl von Perioden des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs in der offenen Stellung befindet, und einem Mittelwert von Ausgaben des Hubsensors, wenn sich der Ventilkopf über eine Mehrzahl von Perioden des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs in der geschlossenen Stellung befindet.

[0023] Auf diese Weise kann der Effekt einer Rauschkomponente, die vorübergehend in der Ausgabe des Hubsensors enthalten sein kann, kompensiert werden, und daher wird die Differenz besonders zuverlässig gemacht. Der Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors, der der Hubstellung des Ventilkopfs entspricht, wird ebenfalls zuverlässig gemacht.

[0024] Der Schwellenwert kann einen ersten Schwellenwert aufweisen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen ersten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten die Schritte umfassen kann: Messen einer Zeit, nach der der Ventilschließ-Elektromagnet entregt ist, bis die Ausgabe des Hubsensors den ersten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und Korrigieren einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagne-

ten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geöffnet werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

[0025] Der Schwellenwert kann auch einen zweiten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zweiten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten die Schritte umfassen kann: Messen einer Zeit, nach der der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt ist, bis die Ausgabe des Hubsensors den zweiten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und Korrigieren einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

[0026] Der Ventilkopf beginnt das Öffnen aus der geschlossenen Stellung oder das Schließen aus der offenen Stellung, wenn der Ventilschließ-Elektromagnet und der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt werden. Damit die Steuerzeiten zum Öffnen und Schließen des Ventilkopfs zum Betriebszustand des Verbrennungsmotors passen, ist es wichtig, eine Zeit zu bestimmen, mit der sich der Ventilkopf zu einer bestimmten Hubstellung bewegt, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet oder der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt ist. Jedoch besteht die Tendenz, dass diese wegen verschiedener Faktoren variieren, einschließlich der Reibung verschiedener diesbezüglicher Teile, den Charakteristiken der Vorspannmittel, dem Innendruck (Verbrennungsdruck) in der Brennkammer und magnetischen Restkräften unmittelbar nach dem Entregen der Elektromagneten.

[0027] Erfindungsgemäß wird zum Öffnen des Ventilkopfs eine Zeit, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet entregt ist, bis die Ausgabe des Hubsensors den ersten Schwellenwert erreicht, gemessen, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird, und eine Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geöffnet werden soll, wird in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit korrigiert. Zum Schließen des Ventilkopfs wird eine Zeit, nachdem der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt ist, bis die Ausgabe des Hubsensors den zweiten Schwellenwert erreicht, gemessen, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird, und eine Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geschlossen werden soll, wird in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit korrigiert.

[0028] Somit ist es möglich, die obige Zeit auf eine

gewünschte Zeit einzustellen, während die Reibung verschiedener diesbezüglicher Teile, Schwankungen in den Charakteristiken der Vorspannmittel etc. kompensiert werden. Da der erste oder zweite Schwellenwert wie oben beschrieben aufgestellt wird, stimmt die gemessene Zeit akkurat mit der Zeit überein, die erforderlich ist, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet und der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt ist, bis sich der Ventilkopf tatsächlich zu der Hubstellung bewegt. Wenn daher die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten und des Ventilöffnungs-Elektromagneten in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit korrigiert wird, ist es möglich, die Steuerzeit für den Ventilkopf in die verlagerte Stellung zuverlässig mit gewünschter Steuerzeit zu steuern.

[0029] Der Schwellenwert kann einen dritten Schwellenwert aufweisen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen dritten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, sowie einen vierten Schwellenwert, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der offenen Stellung näher ist als die der dritten Stellung entsprechende Stellung und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen vierten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten oder des Ventilschließ-Elektromagneten die Schritte umfassen kann: Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors den dritten Schwellenwert erreicht, bis die Ausgabe des Hubsensors den vierten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geöffnet werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

[0030] Ferner kann der Schwellenwert einen fünften Schwellenwert aufweisen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen fünften Anteil des vollen Hubs versetzt ist, sowie einen sechsten Schwellenwert entsprechend einer Stellung des Ventilkopfs, die der geschlossenen Stellung näher ist als die dem fünften Anteil entsprechende Stellung und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen sechsten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten die Schritte umfassen kann: Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors den fünften Schwellenwert erreicht, bis die Ausgabe des Hubsensors den sechsten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn

der Ventilkopf das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

[0031] Damit der Öffnungs- und Schließvorgang des Ventilkopfs zu dem Betriebszustand des Verbrennungsmotors passt, ist es wichtig, eine Geschwindigkeit zu bestimmen, mit der sich der Ventilkopf von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung bewegt, sowie eine Geschwindigkeit, mit der sich der Ventilkopf von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung bewegt. Jedoch besteht die Tendenz, dass diese Geschwindigkeiten wegen verschiedener Faktoren variieren, einschließlich der Reibung verschiedener diesbezüglicher Teile, der Charakteristiken der Vorspannmittel, dem Innendruck (Verbrennungsdruck) in der Brennkammer, und magnetischen Restkräften unmittelbar nach dem Entregen der Elektromagneten. Zum Öffnen des Ventilkopfs kann die obige Geschwindigkeit durch die Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten gesteuert werden, und zum Schließen des Ventilkopfs kann die obige Geschwindigkeit durch die Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten gesteuert werden.

[0032] Nach der vorliegenden Erfindung wird, wie oben beschrieben, zum Öffnen des Ventilkopfs eine Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors den dritten Schwellenwert erreicht, gemessen, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird, und eine Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geöffnet werden soll, wird in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit korrigiert. Zum Schließen des Ventilkopfs wird eine Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors den fünften Schwellenwert erreicht, bis die Ausgabe des Hubsensors den sechsten Schwellenwert erreicht, gemessen, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird, und eine Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geschlossen werden soll, wird in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit korrigiert. Da die dritten bis sechsten Schwellenwerte, wie oben beschrieben, aufgestellt sind, ist die Ausgabe des Hubsensors in der Verlagerungsstellung des Ventilkopfs besonders zuverlässig. Die gemessenen Zeiten sind auch besonders zuverlässig, da sie die tatsächliche Geschwindigkeit des Ventilkopfs repräsentieren.

[0033] Daher kann die Geschwindigkeit des Ventilkopfs beim Öffnen oder Schließen akkurat mit einer gewünschten Geschwindigkeit gesteuert werden, während die Reibung verschiedener diesbezüglicher Teile etc. kompensiert wird.

[0034] Der Schwellenwert kann einen siebten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der offenen Stellung nahe ist und von einer der offenen Stellung und der ge-

geschlossenen Stellung um einen siebten Anteil des vollen Hubs versetzt ist. Der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten umfasst die Schritte: Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten in einem Konstantspannungs-Steuermodus, nachdem der Ventilöffnungs-Elektromagnet erregt zu werden beginnt, bis die Ausgabe des Hubsensors den siebten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten in einem Konstantstrom-Steuermodus, nachdem die Ausgabe des Hubsensors den siebten Schwellenwert erreicht hat.

[0035] Der Schwellenwert kann einen achten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der geschlossenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen achten Anteil des vollen Hubs versetzt ist. Der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten umfasst die Schritte: Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten in einem Konstantspannungs-Steuermodus, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet erregt zu werden beginnt, bis die Ausgabe des Hubsensors den achten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten in einem Konstantstrom-Steuermodus, nachdem die Ausgabe des Hubsensors den achten Schwellenwert erreicht.

[0036] Zum Öffnen des Ventilkopfs wird, bis der Ventilkopf eine Stellung in der Nähe der offenen Stellung erreicht, der Ventilöffnungs-Elektromagnet bevorzugt in dem Konstantspannungs-Steuermodus erregt, in dem ein Solenoid des Ventilöffnungs-Elektromagneten unter einer ihm zugeführten konstanten Spannung erregt wird. Ähnlich wird der Ventilschließ-Elektromagnet bevorzugt in dem Konstantspannungs-Steuermodus erregt, in dem ein Solenoid des Ventilschließ-Elektromagneten unter einer ihm zugeführten konstanten Spannung erregt wird. Der Konstantspannungs-Steuermodus erlaubt, dass sich der Ventilkopf schnell in die offene oder geschlossene Stellung bewegt, weil der dem Elektromagneten zugeführte Strom stärker wird, d. h. die hierdurch erzeugten elektromagnetischen Kräfte ansteigen, wenn sich der Ventilkopf bewegt. Wenn sich der Ventilkopf in eine Stellung nahe der offenen Stellung zu der Zeit bewegt, zu der er geöffnet werden soll, oder wenn sich der Ventilkopf zu einer Stellung nahe der geschlossenen Stellung zu der Zeit bewegt, zu der er geschlossen werden soll, wird der Ventilöffnungs-Elektromagnet oder der Ventilschließ-Elektromagnet bevorzugt in dem Konstantstrom-Steuermodus erregt, in dem das Solenoid des Elektromagneten mit einem ihm zugeführten konstanten Strom er-

regt wird. Insbesondere, nachdem der Ventilkopf die offene oder geschlossene Stellung erreicht hat, wird der Ventilkopf bevorzugt in dem Konstantstrom-Steuermodus in dieser Stellung gehalten, weil elektromagnetische Kräfte, die zum Halten des Ventilkopfs in der Stellung erforderlich sind, relativ klein sein können.

[0037] Nach der vorliegenden Erfindung wird, wie oben beschrieben, zum Öffnen des Ventilkopfs der Ventilöffnungs-Elektromagnet in dem Konstantspannungs-Steuermodus erregt, nachdem der Ventilöffnungs-Elektromagnet erregt zu werden beginnt, bis die Ausgabe des Hubsensors den siebten Schwellenwert erreicht, der der Stellung in der Nähe der offenen Stellung entspricht, und der Ventilöffnungs-Elektromagnet wird in dem Konstantstrom-Steuermodus erregt, nachdem die Ausgabe des Hubsensors den siebten Schwellenwert erreicht. Zum Schließen des Ventilkopfs wird der Ventilschließ-Elektromagnet in dem Konstantspannungs-Steuermodus erregt, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet erregt zu werden beginnt, bis die Ausgabe des Hubsensors den achten Schwellenwert erreicht, der der Stellung in der Nähe der geschlossenen Stellung entspricht, und der Ventilschließ-Elektromagnet wird in dem Konstantstrom-Steuermodus erregt, nachdem die Ausgabe des Hubsensors den achten Schwellenwert erreicht.

[0038] Wenn der Ventilkopf geöffnet wird, kann der Ventilkopf glattgängig in die offene Stellung bewegt werden, glattgängig die offene Stellung erreichen und glattgängig in der offenen Stellung gehalten werden. Ähnlich kann, wenn der Ventilkopf geschlossen wird, der Ventilkopf glattgängig in die geschlossene Stellung bewegt werden, glattgängig die geschlossene Stellung erreichen und glattgängig in der geschlossenen Stellung gehalten werden. Insofern der siebte oder achte Schwellenwert zum Bestimmen der Zeit zum Wechseln von dem Konstantspannungs-Steuermodus zu dem Konstantstrom-Steuermodus wie oben beschrieben bestimmt wird, kann das Erregen der Elektromagneten zwischen diesen Steuermodi bei einer gewünschten Hubstellung des Ventilkopfs nahe der offenen oder geschlossenen Stellung geschaltet werden, ohne durch Variationen in den Ausgangscharakteristiken des Hubsensors etc. beeinflusst zu werden. Somit kann der Ventilkopf stabil und glattgängig geöffnet und geschlossen werden, unabhängig von Schwankungen der Ausgangscharakteristiken des Hubsensors etc. Weil die Steuerzeit zum Wechsel von dem Konstantspannungs-Steuermodus zu dem Konstantstrom-Steuermodus gemäß Bestimmung durch den siebten oder achten Schwellenwert besonders zuverlässig ist, wird die den Elektromagneten zugeführte elektrische Energie minimiert, und daher wird der Stromverbrauch durch die Elektromagneten reduziert.

[0039] Der Schwellenwert kann einen neunten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der offenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen neunten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten den Schritt umfassen kann: Durchführen eines ersten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn die Ausgabe des Hubsensors den neunten Schwellenwert zu einer vorbestimmten Steuerzeit nicht erreicht hat, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung geöffnet wird.

[0040] Der Schwellenwert kann einen zehnten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der geschlossenen Stellung nahe ist und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zehnten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten den Schritt umfassen kann: Durchführen eines zweiten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn die Ausgabe des Hubsensors den zehnten Schwellenwert zu einer vorbestimmten Steuerzeit nicht erreicht hat, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird.

[0041] Wenn der Ventilkopf geöffnet werden soll und sich der Ventilkopf normalerweise von der geschlossenen Stellung zu der offenen Stellung bewegt, dann erreicht der Ventilkopf zu einer gewissen Steuerzeit eine gewisse Hubstellung oder eine Stellung, die der offenen Stellung näher ist als die Hubstellung, z. B. dann, wenn nach dem Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten eine gewisse Zeit abgelaufen ist. Ähnlich, wenn der Ventilkopf geschlossen werden soll und sich der Ventilkopf normal von der offenen Stellung zu der geschlossenen Stellung bewegt, dann erreicht der Ventilkopf zu einer bestimmten Steuerzeit eine gewisse Hubstellung oder eine Stellung, die der geschlossenen Stellung näher ist als die Hubstellung, z. B. dann, wenn nach dem Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten eine gewisse Zeit abgelaufen ist. Wenn der Ventilkopf zur obigen Zeit diese Stellung nicht erreicht hat, dann unterliegt der Ventilkopf einer gewissen Fehlfunktion.

[0042] Nach der vorliegenden Erfindung wird, wie oben beschrieben, der erste Fehlerprozess ausgeführt, um das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten zu steuern, wenn die Ausgabe des Hubsensors zu einer vorbestimmten Zeit den neunten Schwellenwert

nicht erreicht hat, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird. Ähnlich wird der zweite Fehlerprozess durchgeführt, um die Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten zu steuern, wenn die Ausgabe des Hubsensors den zehnten Schwellenwert zu einer vorbestimmten Zeit nicht erreicht hat, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geschlossen wird.

[0043] Wenn der Ventilkopf bei Bewegungen zur Öffnungs- oder Schließzeit fehlfunktioniert, ist es möglich, den Ventilöffnungs-Elektromagneten oder den Ventilschließ-Elektromagneten derart zu erregen, dass er die Fehlfunktion überwindet. Da der neunte oder zehnte Schwellenwert wie oben beschrieben aufgestellt ist, entspricht er zuverlässig der gewünschten Hubstellung des Ventilkopfs in der Nähe der offenen oder geschlossenen Stellung, unabhängig von Variationen der Ausgangscharakteristiken des Hubsensors etc. Demzufolge kann, nur wenn der Ventilkopf bei seiner Bewegung zur Zeit des Öffnens oder Schließens fehlerhaft funktioniert, der erste oder zweite Fehlerprozess durchgeführt werden, um den Ventilöffnungs-Elektromagneten oder den Ventilschließ-Elektromagneten derart zu erregen, dass er die Fehlfunktion überwindet.

[0044] Der erste oder zweite Fehlerprozess kann einen Prozess abwechselnder Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und des Ventilschließ-Elektromagneten in vorbestimmten Perioden aufweisen, bis der Ventilkopf entweder den Ventilöffnungs-Elektromagneten oder den Ventilschließ-Elektromagneten erreicht.

[0045] Durch dieses abwechselnde Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und des Ventilschließ-Elektromagneten in vorbestimmten Perioden wird der Ventilkopf zwischen der offenen und geschlossenen Stellung in Schwingung versetzt und kann durch reduzierte Resonanz zu einer der offenen und geschlossenen Stellung bewegt werden. Wenn sich der Ventilkopf in eine der offenen und geschlossenen Stellungen bewegt, kann der Ventilkopf aus dieser Stellung heraus seinen normalen Öffnungs- und Schließbetrieb wieder aufnehmen.

[0046] Der Schwellenwert kann einen elften Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der offenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen elften Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten den Schritt umfassen kann: Durchführen eines dritten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn die Ausgabe des

Hubsensors zu dem elften Schwellenwert gewechselt hat, bevor der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt wird, nachdem der Ventilkopf von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung versetzt ist.

[0047] Der Schwellenwert kann einen zwölften Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die der geschlossenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zwölften Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten den Schritt umfassen kann: Durchführen eines vierten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn die Ausgabe des Hubsensors zu dem zwölften Schwellenwert gewechselt hat, bevor der Ventilschließ-Elektromagnet entregt wird, nachdem der Ventilkopf von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung versetzt ist.

[0048] Nachdem der Ventilkopf die offene Stellung erreicht hat, wenn der Ventilkopf zur geschlossenen Stellung hin zu einer Stellung in der Nähe der offenen Stellung verlagert ist, unterliegt der Ventilkopf einer gewissen Fehlfunktion. Ähnlich, nachdem der Ventilkopf die geschlossene Stellung erreicht hat, wenn der Ventilkopf zu der offenen Stellung hin zu einer Stellung in der Nähe der geschlossenen Stellung bewegt ist, dann unterliegt der Ventilkopf einer gewissen Fehlfunktion.

[0049] Nach der vorliegenden Erfindung wird, wie oben beschrieben, nachdem der Ventilkopf von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung verlagert ist, der dritte Fehlerprozess ausgeführt, um das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten zu steuern, wenn die Ausgabe des Hubsensors zu dem elften Schwellenwert gewechselt hat, bevor der Ventilöffnungs-Elektromagnet entregt ist. Ähnlich, nachdem der Ventilkopf von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung verlagert ist, wird der vierte Fehlerprozess ausgeführt, um das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten zu steuern, wenn die Ausgabe des Hubsensors zu dem zwölften Schwellenwert gewechselt hat, bevor der Ventilschließ-Elektromagnet entregt ist.

[0050] Wenn der Ventilkopf aufgrund einer Fehlfunktion nicht in der offenen oder geschlossenen Stellung gehalten werden kann, ist es auf diese Weise möglich, den Ventilöffnungs-Elektromagneten oder den Ventilschließ-Elektromagneten in einer Weise zu erregen, die die Fehlfunktion überwindet. Insofern als die elften und zwölften Schwellenwerte wie oben beschrieben aufgestellt sind, entsprechen sie

zuverlässig der gewünschten Hubstellung des Ventilkopfs zur Bestimmung, ob die dritten und vierten Fehlerprozesse durchgeführt werden sollen oder nicht, unabhängig von Variationen in den Ausgangscharakteristiken des Hubsensors etc. Demzufolge kann, nur wenn der Ventilkopf fehlerhaft funktioniert und nicht in der offenen oder geschlossenen Stellung gehalten wird, der dritte oder vierte Fehlerprozess durchgeführt werden, um den Ventilöffnungs-Elektromagneten oder den Ventilschließ-Elektromagneten in einer Weise zu erregen, um die Fehlfunktion zu überwinden.

[0051] Der dritte Fehlerprozess kann einen Prozess der Entscheidung umfassen, ob der Ventilkopf zu der offenen Stellung zurückgebracht werden kann durch Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten innerhalb einer Periode bis zu einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, um den Ventilkopf zu schließen, Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, um den Ventilkopf zu der offenen Stellung zurückzubringen, wenn der Ventilkopf innerhalb der Periode zu der offenen Stellung zurückgebracht werden kann, Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf innerhalb der Periode nicht zu der offenen Stellung zurückgebracht werden kann, und Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten, um mit einer vorbestimmten Steuerzeit den Ventilkopf zu der geschlossenen Stellung hin zu bewegen.

[0052] Der vierte Fehlerprozess kann einen Prozess der Entscheidung umfassen, ob der Ventilkopf zu der geschlossenen Stellung zurückgebracht werden kann durch Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten innerhalb einer Periode bis zu einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten, um den Ventilkopf zu öffnen, Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten, um den Ventilkopf zu der geschlossenen Stellung zurückzubringen, wenn der Ventilkopf innerhalb der Periode zu der geschlossenen Stellung zurückgebracht werden kann, Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf innerhalb der Periode nicht zu der geschlossenen Stellung zurückgebracht werden kann, und Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, um den Ventilkopf mit einer vorbestimmten Steuerzeit zu der offenen Stellung hin zu bewegen.

[0053] Durch diese Steuerung des Erregens des Ventilöffnungs-Elektromagneten und des Ventilschließ-Elektromagneten kann der normale Öffnungs- und Schließbetrieb des Ventilkopfs wieder erreicht werden, ohne den Betriebszustand des Verbrennungsmotors zu beeinträchtigen.

[0054] Die oben beschriebenen ersten bis zwölften Schwellenwerte können voneinander unterschiedlich sein, oder einige der ersten bis zwölften Schwellenwerte können miteinander identisch sein.

[0055] Das Verfahren kann die Schritte umfassen: Bestimmen eines ersten Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors, die einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen ersten Weg versetzt ist, und eines zweiten Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors, die der offenen Stellung näher ist als die dem ersten Weg entsprechende Stellung und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zweiten Weg versetzt ist; Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors den ersten Schwellenwert erreicht hat, bis die Ausgabe des Hubsensors den zweiten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geöffnet werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

[0056] Das Verfahren kann die Schritte umfassen: Bestimmen eines dritten Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors, die einer Stellung des Ventilkopfs entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen dritten Weg versetzt ist, und eines vierten Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors, die der geschlossenen Stellung näher ist als die dem dritten Weg entsprechende Stellung und der von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen vierten Weg versetzt ist; Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors den dritten Schwellenwert erreicht hat, bis die Ausgabe des Hubsensors den vierten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

[0057] In den obigen zwei letzteren Verfahren werden zwei Schwellenwerte, d. h. der erste und der zweite Schwellenwert oder der dritte und der vierte Schwellenwert, für die Ausgabe des Hubsensors so bestimmt, dass sie zwei Hubstellungen zwischen der offenen und geschlossenen Stellung entsprechen. Wenn der Ventilkopf geöffnet oder geschlossen werden soll, wird eine benötigte Zeit gemessen, nachdem die Ausgabe des Hubsensors einen der Schwellenwerte erreicht hat, bis die Ausgabe des Hubsensors den anderen Schwellenwert erreicht. Die gemessene Zeit entspricht einer Geschwindigkeit des Ventilkopfs, wenn er geöffnet oder geschlossen wird. Die Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, um den Ventilkopf das nächste Mal zu öffnen, oder die Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten, um den Ventilkopf das nächste Mal zu schließen, wird in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit korrigiert.

[0058] Infolgedessen kann die Geschwindigkeit, mit der sich der Ventilkopf beim Öffnen oder Schließen bewegt, akkurat mit einer gewünschten Geschwindigkeit gesteuert werden, während die Reibung verschiedener diesbezogener Teile, die Charakteristiken des Vorspannmittels, der Innendruck (Verbrennungsdruck) in der Brennkammer und magnetische Restkräfte unmittelbar nach Entregen der Elektromagneten kompensiert werden.

[0059] Die zwei obigen letzteren Verfahren können gleichzeitig oder in Kombination miteinander durchgeführt werden.

[0060] Die obigen und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verständlich, die als Beispiel bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung illustrieren.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0061] [Fig. 1](#) ist eine vertikale Querschnittsansicht, die eine Grundstruktur einer elektromagnetischen Ventileinheit zeigt, die durch ein Verfahren nach der vorliegenden Erfindung gesteuert werden soll;

[0062] [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm eines Systems nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung zum Steuern der in [Fig. 1](#) gezeigten elektromagnetischen Ventileinheit;

[0063] [Fig. 3](#) ist ein Steuerzeitdiagramm einer Betriebssequenz des in [Fig. 2](#) gezeigten Systems;

[0064] [Fig. 4](#) ist ein Flussdiagramm eines Schwellenwertsetzprozesses, der von dem in [Fig. 2](#) gezeigten System ausgeführt wird;

[0065] [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) sind ein Flussdiagramm eines Prozesses zum Öffnen der elektromagnetischen Ventileinheit, der von dem in [Fig. 2](#) gezeigten System durchgeführt wird;

[0066] [Fig. 7](#) ist ein Steuerzeitdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 6](#) gezeigten Prozesses;

[0067] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 6](#) gezeigten Prozesses;

[0068] [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) sind ein Flussdiagramm eines Prozesses zum Schließen der elektromagnetischen Ventileinheit, der von dem in [Fig. 2](#) gezeigten System durchgeführt wird;

[0069] [Fig. 11](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 10](#) gezeigten Prozesses; und

[0070] [Fig. 12](#) ist ein Blockdiagramm eines Sys-

tems nach einer anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung zum Steuern der in [Fig. 1](#) gezeigten elektromagnetischen Ventileinheit.

DETAILBESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0071] [Fig. 2](#) zeigt in Blockform ein System nach einer Ausführung der vorliegenden Erfindung zum Steuern/Regeln einer elektromagnetischen Ventileinheit. In [Fig. 2](#) steuert das System eine elektromagnetische Ventileinheit **11**, deren Grundstruktur mit der in [Fig. 1](#) gezeigten Grundstruktur identisch ist, um eine Einlass/Auslassöffnung **2** einer Brennkammer **1** jedes Zylinders eines Verbrennungsmotors selektiv zu öffnen und zu schließen. Die elektromagnetische Ventileinheit **11** ist in [Fig. 2](#) schematisch gezeigt, wobei Details weggelassen sind.

[0072] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, umfasst das System einen der elektromagnetischen Ventileinheit **11** zugeordneten Hubsensor **12** zum Erzeugen einer Ausgabe Vx in Abhängigkeit von der Hubstellung des Ventilkopfs **3** der elektromagnetischen Ventileinheit **11** sowie ein Steuergerät **13** zum Steuern der Erregung der Solenoide **5a**, **6a** der Ventilschließ- und -öffnungs-Elektromagneten **5**, **6**, um den Betrieb der elektromagnetischen Ventileinheit **11** zu steuern. Der Hubsensor **12** kann ein Wirbelstromtyp-Sensor sein oder ein Sensor des Typs zur Erfassung einer Induktionsänderung.

[0073] Das Steuergerät **13** umfasst einen Mikrocomputer **14** mit einer CPU, einem RAM und einem ROM (nicht gezeigt), eine Ausgabeschnittstellenschaltung **15** als Treiberschaltung zum Erregen der Elektromagneten **5**, **6** gemäß Befehlen von dem Mikrocomputer **14** sowie eine Eingabeschnittstellenschaltung **16** zum Zuführen verschiedener Daten, die für die vom Mikrocomputer **14** durchgeführten Steuerprozesse erforderlich sind, einschließlich der Ausgabe Vx des Hubsensors **12**.

[0074] Der Mikrocomputer **14** enthält als Funktionen ein Schwellenwertsetzmittel **17** zur Durchführung eines Prozesses zum Setzen von Schwellenwerten, der später beschrieben wird, für die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** sowie ein Erregungssteuermittel **18** zur Durchführung eines Prozesses der Steuerung der Erregung der Elektromagneten **5**, **6**.

[0075] Die Eingabeschnittstellenschaltung **16** enthält einen A/D-Wandler **19** zum Wandeln eines Analogsignals, das die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** repräsentiert, in ein Digitalsignal und zum Zuführen des Digitalsignals zu dem Mikrocomputer **14**, einen D/A-Wandler **20** zum Wandeln digitaler Daten von Schwellenwerten, die von dem Mikrocomputer **14** gesetzt sind, in Analogdaten, sowie einen Komparator **21** zum Vergleichen der Ausgabe des D/A-Wandlers

20, d. h. eines die Schwellenwerte repräsentierenden Signalpegels, mit der Ausgabe Vx des Hubsensors **12** und zum Zuführen von Daten in Abhängigkeit vom Ergebnis des Vergleichs zu dem Mikrocomputer **14**.

[0076] Der Mikrocomputer **14** erhält, abgesehen von der Ausgabe Vx des Hubsensors **12**, Erfassungsdaten, die eine Drehzahl Ne des Verbrennungsmotors, eine Motortemperatur Tw davon, einen Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC etc. wiedergeben, die von nicht dargestellten Sensoren erfasst werden.

[0077] Nachfolgend wird der Betrieb des in [Fig. 2](#) gezeigten Systems, primär von dem Mikrocomputer **14** durchgeführte Steuerprozesse, beschrieben.

[0078] Wenn der Verbrennungsmotor arbeitet, bestimmt der Mikrocomputer **14** sequenziell Sollwerte für den Öffnungs- und Schließbetrieb des Ventilkopfs **3**, d. h. Sollwerte in jedem von Öffnungs- und Schließzyklen des Ventilkopfs **3** aus einem Kennfeld auf der Basis der Erfassungsdaten der Drehzahl Ne, der Motortemperatur Tw, des Beschleuniger-Bewegungsbetrags ACC etc., um den Ventilkopf **3** entsprechend einem vorbestimmten Muster in Abhängigkeit von der Drehzahl Ne, der Motortemperatur Tw, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC etc. zu öffnen und zu schließen. Die zu bestimmenden Sollwerte beinhalten einen Sollwert für die Zeit, die der Ventilkopf **3** benötigt, um eine um einen gewissen Weg, z. B. 1 mm, versetzte Stellung von der geschlossenen Stellung zu der offenen Stellung zu erreichen, wenn der Ventilkopf **3** geöffnet und geschlossen wird, sowie einen Sollwert für die Geschwindigkeit, mit der sich der Ventilkopf **3** bewegt, wenn der Ventilkopf **3** geöffnet und geschlossen wird.

[0079] Auf der Basis der Daten der so bestimmten Sollwerte und der Ausgabe Vx des Hubsensors **12** steuert der Mikrocomputer **14** das Erregen der Elektromagneten **5**, **6** über die Ausgabeschnittstellenschaltung **15**, wie unten beschrieben, um hierdurch den Öffnungs- und Schließbetrieb des Ventilkopfs **3** zu steuern.

[0080] Nachfolgend wird ein Steuerprozess der Erregung der Elektromagneten **5**, **6** unter Bezug auf das Steuerzeitdiagramm von [Fig. 3](#) und die Flussdiagramme der [Fig. 4](#) bis [Fig. 11](#) beschrieben.

[0081] In dem Steuerzeitdiagramm von [Fig. 3](#) sind zeitabhängige Änderungen der Ausgabe Vx des Hubsensors **12**, wenn der Ventilkopf **3** geöffnet und geschlossen wird, und zeitabhängige Änderungen eines Schwellenparameters P, der später beschrieben wird, im Vergleich zu der Ausgabe Vx jeweils mit einer durchgehenden Linie und einer strichpunktierter Linie in einem oberen Teil von [Fig. 3](#) angegeben. Der Betrieb von Timern zum Messen verschiedener Zei-

ten ist in einem mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt. Zeitabhängige Änderungen von Strömen, die durch den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** und den Ventilschließ-Elektromagneten **5** fließen, sind in dem unteren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt.

[0082] In der vorliegenden Ausführung ist die Ausgabe V_x des Hubsensors **12** minimal, wenn der Ventilkopf **3** in der geschlossenen Stellung ist, und maximal, wenn der Ventilkopf **3** in der offenen Stellung ist, wie in dem oberen Teil von [Fig. 3](#) angegeben.

[0083] Während der Ventilkopf **3** geöffnet und geschlossen wird, d. h. während der Verbrennungsmotor läuft, führt das Schwellenwertsetzmittel **17** des Mikrocomputers **14** einen in [Fig. 4](#) gezeigten Schwellenwertsetzprozess in jedem Steuerzyklus aus, der von einer Periode des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs **3** abgeteilt ist, um eine Mehrzahl von Schwellenwerten für die Ausgabe V_x des Hubsensors **12** in jedem Zyklus des Öffnungs- und Schließbetriebs des Ventilkopfs **3** zu setzen, insbesondere jedes Mal, wenn sich der Ventilkopf **3** zu der geschlossenen Stellung hin bewegt.

[0084] Insbesondere entscheidet das Schwellenwertsetzmittel **17** in SCHRITT 4-1, ob die Hubstellung des Ventilkopfs **3** die offene Stellung ist oder nicht. Wenn die gegenwärtige Zeit eine vorbestimmte Steuerzeit unmittelbar vor der Steuerzeit (Zeit t_8 in [Fig. 3](#)) zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** ist, dann bestimmt das Schwellenwertsetzmittel **17**, dass die Hubstellung des Ventilkopfs **3** die offene Stellung ist.

[0085] Wenn die Hubstellung des Ventilkopfs **3** in SCHRITT 4-1 die offene Stellung ist, dann liest das Schwellenwertsetzmittel **17** Istdaten der Ausgabe V_x des Hubsensors **12**, d. h. von dem Hubsensor **12** über den A/D-Wandler **19** zugeführte Daten, als Ausgabe $Dop(k)$ (nachfolgend als "Offenstellungsausgabe $Dop(k)$ " bezeichnet) des Hubsensors **12** in der offenen Stellung im gegenwärtigen Zyklus des Öffnungs- und Schließbetriebs des Ventilkopfs **3** in SCHRITT 4-2. In der Offenstellungsausgabe $Dop(k)$ repräsentiert das Suffix "k" die Ordnungszahl des Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3**.

[0086] Das Schwellenwertsetzmittel **17** berechnet einen Mittelwert der Offenstellungsausgabe $Dop(k)$ des Hubsensors **12** in dem gegenwärtigen Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** sowie vergangene Daten von Offenstellungsausgaben $Dop(k-1)$, $Dop(k-2)$, ..., $Dop(k-n)$ des Hubsensors **12**, die in SCHRITT 4-2 in den letzten n-Öffnungs- und Schließzyklen des Ventilkopfs **3** erhalten wurden, als mittlere Offenstellungsausgabe DOP des Hubsensors **12** in SCHRITT 4-3. Anders gesagt, das Schwellenwertsetzmittel **17** erhält einen Mittelwert der Offenstellungsausgaben $Dop(k)$, ..., $Dop(k-n)$ in den folgen-

den $(n+1)$ -Öffnungs- und Schließzyklen des Ventilkopfs **3** als mittlere Offenstellungsausgabe DOP.

[0087] Wenn in SCHRITT 4-1 die Hubstellung des Ventilkopfs **3** nicht die offene Stellung ist, dann entscheidet das Schwellenwertsetzmittel **17** in SCHRITT 4-4, ob die Hubstellung des Ventilkopfs **3** die geschlossene Stellung ist oder nicht. Insbesondere entscheidet das Schwellenwertsetzmittel **17**, ob die Istzeit eine vorbestimmte Steuerzeit unmittelbar vor der Steuerzeit (Zeit t_{15} in [Fig. 3](#)) zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** ist.

[0088] Wenn die Hubstellung des Ventilkopfs **3** die geschlossene Stellung ist, dann liest das Schwellenwertsetzmittel **17** Istdaten der Ausgabe V_x des Hubsensors **12** als Ausgabe $Dcl(k)$ (nachfolgend als "Geschlossenstellungsausgabe $Dcl(k)$ " bezeichnet) des Hubsensors **12** in der geschlossenen Stellung in dem Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** in SCHRITT 4-5. In der Geschlossenstellungsausgabe $Dcl(k)$ repräsentiert das Suffix "k" die Ordnungszahl des Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3**.

[0089] Dann berechnet in SCHRITT 4-6 das Schwellenwertsetzmittel **17** einen Mittelwert der Offenstellungsausgaben $Dcl(k)$, ..., $Dcl(k-n)$ in den folgenden $(n+1)$ -Öffnungs- und Schließzyklen des Ventilkopfs **3** als mittlere Geschlossenstellungsausgabe DCL.

[0090] In SCHRITT 4-1 und SCHRITT 4-4 kann das Schwellenwertsetzmittel **17** auch entscheiden, ob die Ausgabe V_x des Hubsensors **12** in einen vorbestimmten Bereich fällt oder nicht, um noch zuverlässiger zu entscheiden, ob die Hubstellung des Ventilkopfs **3** die offene Stellung ist oder nicht, und ob die Hubstellung des Ventilkopfs **3** die geschlossene Stellung ist oder nicht.

[0091] Nach der Bestimmung der mittleren Offenstellungsausgabe DOP und der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL stellt das Schwellenwertsetzmittel **17** in SCHRITT 4-7 eine Mehrzahl von (sieben in der vorliegenden Ausführung) Schwellenwerten V_{cl} , V_{op} , V_{clfail} , V_{opfail} , V_{lft} , $V_{opstart}$, $V_{clstart}$ für die Ausgabe V_x des Hubsensors **12** auf, unter Verwendung der Ausgabedifferenz (DOP-DCL) zwischen der mittleren Offenstellungsausgabe DOP und der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL.

[0092] Der Schwellenwert V_{cl} entspricht einer Hubstellung in der Nähe der geschlossenen Stellung des Ventilkopfs **3**. Insbesondere entspricht der Schwellenwert V_{cl} der Stellung des Ventilkopfs **3**, der von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 1,5% des vollen Hubs versetzt ist, in [Fig. 1](#) mit Y angegeben, des Ventilkopfs **3** zwischen der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung. In der vorliegenden Ausführung entspricht die volle Ausgabee-

differenz (DOP-DCL) zwischen der mittleren Offenstellungsausgabe DOP und der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL des Hubsensors **12** dem vollen Hub Y des Ventilkopfs **3**, und die mittlere Geschlossenstellungsausgabe DCL repräsentiert einen Basiswert der Istaussgabe Vx des Hubsensors **12**. Das Schwellenwertsetzmittel **17** erhält einen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um 1,5% (den Anteil bzw. die Proportion 1,5/100) der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vcl gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 4-7 angegeben ist. Wie später im Detail beschrieben, bezieht sich der Schwellenwert Vcl auf einen Prozess zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** beim Schließen des Ventilkopfs **3** sowie einen Prozess zum Schalten des Erregungsmusters des Ventilschließ-Elektromagneten **5**.

[0093] Der Schwellenwert Vop entspricht einer Hubstellung in der Nähe der offenen Stellung des Ventilkopfs **3**. Insbesondere entspricht der Schwellenwert Vop der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 98,5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** zwischen der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung versetzt ist, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung hin um 1,5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist. In der vorliegenden Ausführung erhält das Schwellenwertsetzmittel **17** einen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um 98,5% (den Anteil bzw. die Proportion von 98,5/100) der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vop gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 7 angegeben ist. Wie später beschrieben, bezieht sich der Schwellenwert Vop auf einen Prozess zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** beim Öffnen des Ventilkopfs **3** sowie einen Prozess zum Schalten des Erregungsmusters des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**.

[0094] Der Schwellenwert Vclfail entspricht einer Stellung, die zur offenen Stellung von der Hubstellung des Ventilkopfs **3**, die dem Schwellenwert Vcl entspricht, ein wenig versetzt ist. Insbesondere entspricht der Schwellenwert Vclfail der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist. In der vorliegenden Ausführung erhält das Schwellenwertsetzmittel **17** einen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um 5% (den Anteil bzw. die Proportion von 5/100) der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vclfail gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 7 angegeben ist. Wie später im Detail

beschrieben, betrifft der Schwellenwert Vclfail einen Fehlerprozess beim Öffnen oder Schließen des Ventilkopfs **3**.

[0095] Der Schwellenwert Vopfail entspricht einer Stellung, die zu der geschlossenen Stellung von der Hubstellung des Ventilkopfs **3**, die dem Schwellenwert Vop entspricht, ein wenig versetzt ist. Insbesondere entspricht der Schwellenwert Vopfail der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 95% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung um 5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist. In der vorliegenden Ausführung erhält das Schwellenwertsetzmittel **17** einen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um 95% (den Anteil bzw. die Proportion von 95/100) der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vopfail gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in

[0096] [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 4-7 angegeben ist. Wie später im Detail beschrieben, bezieht sich der Schwellenwert Vopfail auf einen Fehlerprozess beim Öffnen oder Schließen des Ventilkopfs **3**.

[0097] Der Schwellenwert Vlft entspricht einer Stellung, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um z. B. 1 mm ein wenig versetzt ist. In dieser Ausführung beträgt der volle Hub Y des Ventilkopfs **3** beispielsweise 8 mm. Daher ist die Stellung des Ventilkopfs **3**, die dem Schwellenwert Vlft entspricht, eine Stellung, die von der geschlossenen Stellung um den Anteil bzw. die Proportion von 1/8, d. h. 12,5%, des vollen Hubs Y versetzt ist. In der vorliegenden Ausführung erhält das Schwellenwertsetzmittel **17** einen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um den Anteil bzw. die Proportion von 1/8 der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vlft gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 4-7 angegeben ist. Wie im Detail später beschrieben, bezieht sich der Schwellenwert Vlft auf einen Prozess zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** beim Öffnen des Ventilkopfs **3** sowie einen Prozess zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** beim Schließen des Ventilkopfs **3**.

[0098] Der Schwellenwert Vopstart entspricht einer Stellung, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 80% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, d. h. einer Stellung, die von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung um den Anteil bzw. die Proportion von 20% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist. In der vorliegenden Ausführung erhält das Schwellenwertsetzmittel **17** ei-

nen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um 80% (den Anteil bzw. die Proportion von 80/100) von der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vopstart gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 7 angegeben ist. Wie später im Detail beschrieben, bezieht sich der Schwellenwert Vopstart auf einen Prozess zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**.

[0099] Der Schwellenwert Vclstart entspricht einer Stellung, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 20% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist. In der vorliegenden Ausführung erhält das Schwellenwertsetzmittel **17** einen Wert, der von der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL um 20% (den Anteil bzw. die Proportion von 20/100) der vollen Ausgabedifferenz (DOP-DCL) geändert ist, als den Schwellenwert Vclstart gemäß einer entsprechenden Gleichung, die im in [Fig. 4](#) gezeigten SCHRITT 7 angegeben ist. Wie im Detail später beschrieben, bezieht sich der Schwellenwert Vclstart auf einen Prozess zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5**.

[0100] Auf diese Weise stellt das Schwellenwertsetzmittel **17** die Schwellenwerte Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart für die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** in jeder Periode des Öffnungs- und Schließbetriebs des Ventilkopfs **3** auf, d. h. jedes Mal, wenn der Ventilkopf **3** schließt.

[0101] Da die Schwellenwerte Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart gemäß entsprechenden Anteilen bzw. Proportionen der Hubstellungen des Ventilkopfs **3** in Bezug auf die volle Ausgabedifferenz (DOP-DCL) aufgestellt werden, die in jeder Periode des Öffnungs- und Schließbetriebs des Ventilkopfs **3** bestimmt werden, können die Schwellenwerte entsprechend den gewünschten Hubstellungen des Ventilkopfs **3** zuverlässig unabhängig von Schwankungen der Ausgabecharakteristiken der individuellen Hubsensoren **12** und von zeitabhängigen Änderungen in den Charakteristiken des Hubsensors **12** aufgestellt werden.

[0102] Die Schwellenwerte, die in jedem Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** aufgestellt sind, werden als Werte des Schwellenparameters P (siehe [Fig. 3](#)) verwendet, der mit der Ausgabe Vx des Hubsensors **12** in dem Öffnungs- und Schließvorgang des nächsten Zyklus des Ventilkopfs **3** zu vergleichen ist.

[0103] In dieser Ausführung wird die gesamte Differenz (DOP-DCL) zwischen der mittleren Offenstellungsausgabe DOP und der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL benutzt, um die obigen

Schwellenwerte zu bestimmen. Jedoch kann stattdessen auch die Differenz (Dop-Dcl) zwischen der in SCHRITT 4-2 bestimmten Offenstellungsausgabe Dop und der in SCHRITT 4-5 bestimmten Geschlossenstellungsausgabe Dcl in jedem Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** benutzt werden, um die obigen Schwellenwerte zu bestimmen. Jedoch ist die Verwendung der gesamten Differenz (DOP-DCL) zwischen der mittleren Offenstellungsausgabe DOP, die der Mittelwert der Offenstellungsausgaben Dop des Hubsensors **12** über eine Mehrzahl von Öffnungs- und Schließzyklen des Ventilkopfs **3** ist, und der mittleren Geschlossenstellungsausgabe DCL, die der Mittelwert der Geschlossenstellungsausgaben Dcl des Hubsensors **12** über eine Mehrzahl von Öffnungs- und Schließzyklen des Ventilkopfs **3** ist, in der Lage, den Effekt vorübergehender Rauschkomponenten zu kompensieren, die in der Ausgabe Vx des Hubsensors **12** enthalten sein können, um die Zuverlässigkeit der obigen Schwellenwerte zu erhöhen.

[0104] In einem Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3**, d. h. in einem Öffnungszyklus des Ventilkopfs **3** von der geschlossenen Stellung und dann erneutem Schließen des Ventilkopfs **3**, nach der Periode des Aufstellens der Schwellenwerte Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart für die Ausgabe Vx des Hubsensors **12**, führt das Erregungssteuermittel **18** des Mikrocomputers **14** einen Prozess zum Steuern des Erregens der Elektromagneten **5, 6** unter Verwendung der so aufgestellten Schwellenwerte durch. Dieser Prozess wird in jedem Steuerzyklus ausgeführt, der aus einer Periode des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs **3** abgeteilt ist, wie im Fall des Schwellenwertsetzprozesses.

[0105] Zuerst führt das Erregungssteuermittel **18** einen Prozess des Öffnens des Ventilkopfs **3** in den obigen Steuerzyklen gemäß dem Flussdiagramm der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) aus. Das Erregungssteuermittel **18** entscheidet im in [Fig. 5](#) gezeigten SCHRITT 5-1, ob die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** ist oder nicht. Die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** wird, wie später beschrieben, durch das Erregungssteuermittel **18** in dem vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus bestimmt.

[0106] Wenn die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** ist (Zeit t1 in [Fig. 3](#)), dann entregt das Erregungssteuermittel **18** den Ventilschließ-Elektromagneten **5** über die Ausgabeschnittstelle **15**, wie im unteren Teil von [Fig. 3](#) in SCHRITT 5-2 angegeben. Dann startet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-3, SCHRITT 5-4 Timer T10, BK10, die im mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt sind. Der Timer T10 ist ein Hochzähltimer zum Messen einer Zeit von der Entregung des Ventilschließ-Elektromagneten **5**, bis der Ventil-

kopf **3** zur Offenstellung hin um 1 mm versetzt ist. Der Timer BK10 ist ein Herunterzähltimer zum Messen der vorbestimmten Zeit relativ zu einem Fehlerprozess, der bei einer später beschriebenen Fehlfunktion des Ventilkopfs **3** durchgeführt wird. Die vorbestimmte Zeit wird aus einem Kennfeld auf der Basis der Drehzahl Ne, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw, etc. bestimmt.

[0107] Dann setzt, wie im oberen Teil von [Fig. 3](#) gezeigt, das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-5 den Schwellenwert Vcl unter den sieben Schwellenwerten, die in dem vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt wurden, als den Wert des Schwellenparameters P, der mit der Ausgabe Vx des Hubsensors **12** zu vergleichen ist. Danach wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0108] Nach dem Prozess in SCHRITT 5-2 werden die von dem Ventilschließ-Elektromagneten **5** erzeugten elektromagnetischen Kräfte eliminiert. Daher startet der Ventilkopf **3** die Bewegung von der geschlossenen Stellung zu der offenen Stellung unter den kombinierten Vorspannkräften der Federn **7**, **8**. Allgemein startet der Ventilkopf **3** die Bewegung mit einer leichten Verzögerung seit der Entregung des Ventilschließ-Elektromagneten **5** wegen elektromagnetischer Kräfte, die unmittelbar nach dem Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** verbleiben, und wegen des Innendrucks in der Brennkammer **1**.

[0109] Dann entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-6, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** gleich oder größer als der gegenwärtige Wert des Schwellenparameters P ist und der Wert des Schwellenparameters P der Schwellenwert Vcl ist oder nicht. Anders gesagt, nach den Prozessen in SCHRITT 5-2 bis SCHRITT 5-5 entscheidet das Erregungssteuermittel **18**, ob die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vcl zu erreichen hat, d. h. ob die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vcl zu erreichen hat, d. h. die Stellung, die von der geschlossenen Stellung um 1,5% des vollen Hubs Y versetzt ist, oder nicht.

[0110] Wenn die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vcl zu erreichen hat (t_2 in [Fig. 3](#)), dann startet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-7 einen Timer T100, der in dem mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt ist. Der Timer T100 ist ein Timer zur Bestimmung einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** und ein Herunterzähltimer zum Messen einer vorbestimmten Zeit. Die vorbestimmte Zeit (Anfangswert) für den Timer T100 wird, wie später beschrieben, in dem vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** bestimmt.

[0111] Dann setzt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-8 den Schwellenwert Vift unter den sieben Schwellenwerten, die in dem vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt wurden, als den Wert des Schwellenparameters P, wie im oberen Teil von [Fig. 3](#) gezeigt. Danach wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0112] Danach entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-9, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** gleich oder größer als der gegenwärtige Wert des Schwellenparameters P ist oder nicht und der Wert des Schwellenparameters P der Schwellenwert Vift ist oder nicht. Anders gesagt, nach den Prozessen in SCHRITT 5-7, SCHRITT 5-8, entscheidet das Erregungssteuermittel **18**, ob die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vift zu erreichen hat, d. h. die von der geschlossenen Stellung um 1 mm versetzt ist, oder nicht.

[0113] Wenn die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vift zu erreichen hat (t_3 in [Fig. 3](#)), dann stoppt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-10 den Timer T10, der in SCHRITT 5-3 gestartet wurde. Daher wird die Zeit, die seit der Entregung des Ventilschließ-Elektromagneten **5** abgelaufen ist, bis der Ventilkopf **3** um 1 mm zur offenen Stellung hin versetzt ist, gemessen. In Abhängigkeit von der vom Timer T10 gemessenen Zeit korrigiert das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-11 die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** und bestimmt die Steuerzeit.

[0114] Insbesondere korrigiert das Erregungssteuermittel **18** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** in Abhängigkeit von der vom Timer T10 gemessenen Zeit, so dass die Steuerzeit, zu der der Ventilkopf **3** von der offenen Stellung um 1 mm versetzt sein soll, eine Sollsteuerzeit wird, die aus der Drehzahl Ne, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw etc. bestimmt ist. Insbesondere, wenn die Drehzahl Ne, der Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC etc. konstant sind, dann wird eine Zeit, die der Sollsteuerzeit um eine von dem Timer T10 gemessene Zeit vorangeht, als die Zeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt. Somit wird die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** früher, wenn die vom Timer T10 gemessene Zeit länger wird, und wird später, wenn die vom Timer T10 gemessene Zeit kürzer wird.

[0115] Nach der Bestimmung der Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus setzt das Er-

regungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-12 den Schwellenwert Vopstart unter den sieben Schwellenwerten, die im vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt wurden, als den Wert des Schwellenparameters P. Danach wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0116] Dann entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-13, ob der Prozess des Timers T100 zum Messen der vorbestimmten Zeit, die in SCHRITT 5-7 gestartet wurde, beendet ist oder nicht, d. h. ob die Zählung des Timers T100 "0" geworden ist oder nicht.

[0117] Wenn der Prozess des Timers T100 zum Messen der vorbestimmten Zeit beendet ist (Zeit t4 in [Fig. 3](#)), dann startet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-14 das Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in dem Konstantspannungs-Steuermodus. Insbesondere wenn die vorbestimmte Zeit des Timers T100 abgelaufen ist, nachdem der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vcl erreicht hat, d. h. die Stellung, die von der offenen Stellung um 1,5% des vollen Hubs Y versetzt ist, erregt das Erregungssteuermittel **18** das Solenoid **6a** des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, während es an das Solenoid **6a** eine konstante Spannung anlegt.

[0118] Wenn der Ventilöffnungs-Elektromagnet **6** in dem Konstantspannungs-Steuermodus erregt wird, nimmt der Stromfluss durch den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zu, wenn sich der Ventilkopf **3** bewegt, wie im unteren Teil von [Fig. 3](#) angegeben, um hierdurch die elektromagnetischen Kräfte des Elektromagneten **6** zu erhöhen, um den Ventilkopf **3** glattgängig zur offenen Stellung zu bewegen.

[0119] Nachdem der Ventilöffnungs-Elektromagnet **6** erregt ist, setzt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-15 den Timer T100 zurück, und der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus wird beendet. In SCHRITT 5-15 setzt das Erregungssteuermittel **18** den Timer T100 auf die vorbestimmte Zeit zurück, die der Timer T100 in SCHRITT 5-7 zur Messung gestartet hat.

[0120] Danach entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-16, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** gleich oder größer als der gegenwärtige Wert des Schwellenparameters P ist oder nicht und der Wert des Schwellenparameters P der Schwellenwert Vopstart ist oder nicht. Anders gesagt, nach den Prozessen in SCHRITT 5-10 bis SCHRITT 5-12 entscheidet das Erregungssteuermittel **18**, ob die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopstart zu erreichen hat, d. h. die Stellung, die von der geschlossenen Stellung um 80% des vollen Hubs Y versetzt ist oder nicht.

[0121] Wenn die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vopstart zu erreichen hat (t5 in [Fig. 3](#)), dann startet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-17 einen Timer T11, der im mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt ist. Der Timer T11 ist ein Hochzähl-timer zum Messen einer Zeit, zu der der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vop zu erreichen hat, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin um 98,5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, von der Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopstart, als Repräsentant einer Geschwindigkeit, mit der sich der Ventilkopf **3** bewegt, wenn er geöffnet wird.

[0122] Dann setzt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-18 den Schwellenwert Vop unter den sieben Schwellenwerten, die im vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt wurden, als den Wert des Schwellenparameters P. Danach wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0123] Danach entscheidet das Erregungssteuermittel **18** im in [Fig. 6](#) gezeigten SCHRITT 5-19, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** gleich oder größer als der gegenwärtige Wert des Schwellenparameters P ist oder nicht und der Wert des Schwellenparameters P der Schwellenwert Vop ist oder nicht. Anders gesagt, nach den Prozessen in SCHRITT 5-17, SCHRITT 5-18 entscheidet das Erregungssteuermittel **18**, ob die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vop zu erreichen hat, d. h. die Stellung, die von der geschlossenen Stellung um 98,5% des vollen Hubs Y versetzt ist, oder nicht.

[0124] Wenn die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit ist, zu der die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vop zu erreichen hat (in [Fig. 3](#) gezeigte Zeit t6), dann stoppt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-20 den Timer T11, der in SCHRITT 5-17 gestartet worden ist.

[0125] Da die von dem Timer T11 gemessene Zeit eine Steuerzeit ist, die der Ventilkopf **3** benötigt, um sich von der Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopstart, d. h. der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin um 80% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, zu der Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vop zu bewegen, d. h. der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin um 98,5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, repräsentiert die von dem Timer T11 gemessene Zeit eine Geschwindigkeit mit der sich der Ventilkopf **3** zwischen diesen Hubstellungen bewegt.

[0126] In Abhängigkeit von der vom Timer T11 ge-

messenen Zeit korrigiert das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-21 die vorbestimmte Zeit des Timers T100, der die Zeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** bestimmt, um hierdurch eine Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zu bestimmen.

[0127] Insbesondere korrigiert das Erregungssteuermittel **18** die vorbestimmte Zeit des Timers T100 im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** derart, dass die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3**, die durch die vom Timer T11 gemessene Zeit repräsentiert ist, einen Sollwert für die Geschwindigkeit einnimmt, die aus einem Kennfeld auf der Basis der Drehzahl n_e , des Beschleuniger-Bewegungsbeitrags ACC, der Motortemperatur T_w etc. bestimmt ist. Wenn beispielsweise die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3**, die durch die vom Timer T11 gemessene Zeit repräsentiert wird, höher als der Sollwert ist, dann setzt das Erregungssteuermittel **18** die vorbestimmte Zeit des Timers T100 in dem nächsten Öffnungs- und Schließzyklus auf einen längeren Wert als die gegenwärtig vorbestimmte Zeit. Wenn der Ventilkopf **3** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus geöffnet wird, wird auf diese Weise die Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, d. h. die Steuerzeit zum Erzeugen elektromagnetischer Kräfte in dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, später als die Steuerzeit um den gegenwärtigen Öffnungs- und Schließzyklus, um die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3** in Richtung dessen Sollwert zu senken. Umgekehrt, wenn die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3**, die durch die vom Timer T11 gemessene Zeit repräsentiert wird, niedriger ist als der Sollwert, dann setzt das Erregungssteuermittel **18** die vorbestimmte Zeit des Timers T100 in dem nächsten Öffnungs- und Schließzyklus auf einen Wert, der kürzer ist als die gegenwärtig vorbestimmte Zeit. Wenn der Ventilkopf **3** in dem nächsten Öffnungs- und Schließzyklus geöffnet wird, wird auf diese Weise die Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** früher als die Steuerzeit im gegenwärtigen Öffnungs- und Schließzyklus, um die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3** zu deren Sollwert hin zu erhöhen.

[0128] Dann ändert das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-22 das Erregungsmuster des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** von dem Konstantspannungs-Steuermodus zu einem Konstantstrom-Steuermodus, in dem ein konstanter Strom dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zugeführt wird, und führt dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in dem Konstantstrom-Steuermodus einen Fangstrom zu. Der Fangstrom ist ein Strom, der dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** mit einem relativ hohen Sollwert für den Strom in dem Konstantstrom-Steuermodus zugeführt wird. Bei Zufuhr des Fangstroms zu dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** kann der Ventilkopf **3** glattgängig die offene Stellung erreichen.

[0129] Dann startet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-23 einen Timer T110, der in dem mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt ist. Der Timer T110 ist ein Herunterzähltimer zum Messen einer vorbestimmten Zeit, über die der Fangstrom dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** kontinuierlich zuzuführen ist.

[0130] Dann setzt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-24 den Schwellenwert Vopfail unter den sieben Schwellenwerten, die in dem vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt wurden, als den Wert des Schwellenparameters P. Danach wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0131] Dann entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-25, ob der Prozess des Timers T110 zum Messen der vorbestimmten Zeit, der in SCHRITT 5-23 gestartet wurde, beendet ist oder nicht, d. h. ob die Zählung des Timers T110 "0" geworden ist oder nicht.

[0132] Wenn der Prozess des Timers T110 zum Messen der vorbestimmten Zeit beendet ist (Zeit t_7 in [Fig. 3](#)), dann wechselt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-26 den dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** im Konstantstromsteuermodus zugeführten Strom in einen Haltestrom. Der Haltestrom ist ein Strom, der dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** mit einem relativ kleinen Sollwert für den Strom in dem Konstantstrom-Steuermodus zugeführt wird. Der Haltestrom hat einen ausreichenden Pegel, um den Ventilkopf **3** in der offenen Stellung zu halten. Insbesondere, wenn die vorbestimmte Zeit des Timers T100 abgelaufen ist, nachdem die Zufuhr des Fangstroms zu dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in dem Konstantstrom-Steuermodus gestartet wurde, wie oben beschrieben, hat sich der Ventilkopf **3** bereits grundlegend vollständig in die offene Stellung bewegt. Um den Ventilkopf **3** in der offenen Stellung zu halten, muss der Ventilöffnungs-Elektromagnet **6** lediglich relativ kleine elektromagnetische Kräfte erzeugen. Um den Stromverbrauch durch den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zu minimieren, führt daher, nachdem die vorbestimmte Zeit des Timers T110 abgelaufen ist, das Erregungssteuermittel **18** dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** einen relativ geringen Haltestrom zu, um den Ventilkopf **3** in der offenen Stellung zu halten (siehe den Strom, der zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in dem unteren Teil von [Fig. 3](#) zugeführt wird).

[0133] Nachdem der dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zugeführte Strom zum Haltestrom gewechselt ist, setzt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-27 den Timer T110 auf dessen vorbestimmte Zeit zurück. Danach wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0134] Dann entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-28, ob der Prozess des Timers BK10 zum Messen der vorbestimmten Zeit, der in SCHRITT 5-4 gestartet wurde, beendet ist oder nicht, d. h. ob die Zählung des Timers BK10 "0" geworden ist oder nicht.

[0135] Wenn der Prozess des Timers BK10 zum Messen der vorbestimmten Zeit beendet ist (Zeit t_{b1} in [Fig. 3](#)), dann entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-29, ob die gegenwärtige Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vopfail unter den sieben Schwellenwerten, die im vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus aufgestellt wurden, erreicht hat oder nicht. Anders gesagt, das Erregungssteuermittel **18** entscheidet, ob sich innerhalb der vorbestimmten Zeit des Timers BK10 der Ventilkopf **3** in die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopfail bewegt hat, d. h. in die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin um 95% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, oder nicht.

[0136] Normalerweise hat sich innerhalb der vorbestimmten Zeit des Timers BK10 der Ventilkopf **3** zu einer der offenen Stellung näheren Stellung als der Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopfail bewegt, oder grundlegend in eine Stellung, die der offenen Stellung näher ist als die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vop. Daher ist in SCHRITT 5-29 $V_x = V_{opfail}$. In diesem Fall setzt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-30 den Timer BK10 auf die vorbestimmte Zeit zurück, die der Timer BK10 zur Messung in SCHRITT 5-4 gestartet hat. Dann geht die Steuerung zu SCHRITT 5-32, der später beschrieben wird.

[0137] Wenn der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopfail nicht erreicht hat, wenn der Prozess des Timers BK10 zum Messen der vorbestimmten Zeit nicht beendet ist, z. B. wenn der Ventilkopf **3** entsprechend einem Muster, das in dem oberen Teil von [Fig. 3](#) mit der strichpunktierten Linie p angegeben ist, aufgrund irgendeiner Fehlfunktion versetzt ist, dann ist in SCHRITT 5-29 $V_x < V_{opfail}$. In diesem Fall führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-31 einen vorbestimmten ersten Fehlerprozess aus.

[0138] In dem ersten Fehlerprozess unterbricht das Erregungssteuermittel **18** den Prozess der Steuerung der Erregung der Elektromagneten **5, 6** für das normale Öffnen und Schließen des Ventilkopfs **3**, sondern wiederholt periodisch das alternierende Erregen mit konstanten Strömen der Elektromagneten **5, 6**, wie in [Fig. 7](#) gezeigt. Die Periode, in der die Elektromagneten **5, 6** erregt werden, d. h. die elektromagnetischen Kräfte der Elektromagneten **5, 6** erzeugt werden, entspricht der Eigenfrequenz (Resonanzfrequenz) des mechanischen Vibrationssys-

tems, das aus dem Ventilkopf **3**, den Feldern **7, 8** und dem Anker **4** gebildet ist.

[0139] Durch dieses alternierende Erregen der Elektromagneten **5, 6** kann der Ventilkopf **3** durch die Resonanz des mechanischen Vibrationssystems in die offene Stellung oder die geschlossene Stellung versetzt werden. Wenn der Ventilkopf **3** zur offenen Stellung hin bewegt und darin gehalten wird, gemäß Bestätigung durch die Ausgabe Vx des Hubsensors **12**, wenn einer der Elektromagneten **5, 6**, z. B. der Ventilschließ-Elektromagnet **6**, erregt ist, dann ist der erste Fehlerprozess beendet und das Erregungssteuermittel **18** nimmt den Prozess zur Steuerung der Erregung der Elektromagneten **5, 6** zum normalen Öffnen und Schließen des Ventilkopfs **3** wieder auf.

[0140] Während der Ausführung des ersten Fehlerprozesses wird die Verbrennung des Luft-Kraftstoffgemischs in der Brennkammer mit dem Ventilkopf **3** unterbrochen, und der Verbrennungsmotor wird durch die Verbrennung des Luft-Kraftstoffgemischs in den anderen Brennkammern betrieben.

[0141] In einer Situation, in der der erste Fehlerprozess nicht ausgeführt wird, entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-32, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** gleich oder größer als der Istwert des Schwellenparameters P ist oder nicht und der Wert des Schwellenparameters P der Schwellenwert Vopfail ist oder nicht. Anders gesagt, nach den Prozessen in SCHRITT 5-20 bis SCHRITT 5-24, oder grundlegend, nachdem der Ventilkopf **3** die offene Stellung erreicht hat, und während der Ventilöffnungs-Elektromagnet **6** erregt wird, entscheidet das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-32, ob der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vopfail erreicht hat, d. h. die Stellung, in der er von der geschlossenen Stellung um 95% des vollen Hubs Y versetzt ist, oder nicht.

[0142] Weil der Ventilkopf **3** normalerweise durch den Haltestrom des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in der offenen Stellung gehalten wird, ist die Bedingung in SCHRITT 5-32 nicht erfüllt. In diesem Fall wird daher der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0143] Wenn der Ventilkopf **3** zu der Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vopfail in SCHRITT 5-32 versetzt wurde, wenn z. B. der Ventilkopf **3** von der offenen Stellung aufgrund irgendeiner Fehlfunktion gemäß einem Muster verlagert wurde, das in dem oberen Teil von [Fig. 3](#) mit der strichpunktierten Linie q angegeben ist, dann ist die Bedingung in SCHRITT 5-32 erfüllt. In diesem Fall führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-33 einen vorbestimmten zweiten Fehlerprozess durch.

[0144] Der zweite Fehlerprozess wird nachfolgend

anhand von [Fig. 8](#) beschrieben. Das Erregungssteuermittel **18** berechnet in SCHRITT 5-33-1 eine Zeit ab der gegenwärtigen Zeit bis zur Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, welche Steuerzeit in dem vorhergehenden Öffnungs- und Schließzyklus in der gleichen Weise bestimmt wird wie die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5**, als eine Ventilöffnungs-Elektromagneten-Entregungszeit. Dannvergleicht das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-33-2 die berechnete Ventilöffnungs-Elektromagneten-Entregungszeit mit einer vorbestimmten Ab-dem-Fehler-Erholungszeit, die als eine Zeit bestimmt ist, die der Ventilkopf **3** benötigt, um zur offenen Stellung zurückzukehren, wenn der Ventilöffnungs-Elektromagnet **6** in der Hubstellung des Ventilkopfs **3** entsprechend dem Schwellenwert Vopfail erregt wird.

[0145] Wenn die Ventilöffnungs-Elektromagnet-Entregungszeit gleich oder länger als die Ab-dem-Fehler-Erholungszeit ist, dann erregt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-33-3 den Ventilschließ-Elektromagneten **6**, um elektromagnetische Kräfte zu erzeugen, um den Ventilkopf **3** in der Ab-dem-Fehler-Erholungszeit in die offene Stellung zurückzubringen. In diesem Fall führt das Erregungssteuermittel **18** dem Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** den Fangstrom oder einen Strom zu, der stärker als der Fangstrom ist.

[0146] Wenn der obige Prozess ausgeführt wird, dann wird, nach der Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, ein Prozess zum normalen Schließen des Ventilkopfs **3** ausgeführt, dessen spezifische Details später beschrieben werden.

[0147] Wenn in SCHRITT 5-33-2 die Ventilöffnungs-Elektromagneten-Entregungszeit kürzer als die Ab-dem-Fehler-Erholungszeit ist, dann entregt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 5-33-4 den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** und erregt danach in SCHRITT 5-33-5 den Ventilschließ-Elektromagneten **5** mit einer gegebenen Steuerzeit, um den Ventilkopf **3** in die geschlossene Stellung zu bewegen. Insbesondere bestimmt das Erregungssteuermittel **18** eine Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** für den Ventilkopf **3**, um eine Stellung zu erreichen, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin um 1 mm versetzt ist, mit einer Steuerzeit in der Nähe einer Sollsteuerzeit, die in Abhängigkeit von der Drehzahl Ne, dem Beschleunigungs-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw etc. bestimmt wird, damit der Ventilkopf **3** die obige Stellung erreicht, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung hin um 1 mm versetzt ist, wenn der Ventilkopf **3** geschlossen wird.

[0148] Wenn der obige Prozess ausgeführt wird, dann wird, bis sich der Ventilkopf **3** zu der geschlossenen Stellung bewegt, der Prozess des normalen Schließens des Ventilkopfs **3** unterbrochen. Die obige Ab-dem-Fehler-Erholungszeit kann unter Verwendung einer Datentabelle oder dergleichen aus der Ausgabe Vx des Hubsensors **12** zur Zeit der Ausführung des Prozesses in SCHRITT 5-33-2 bestimmt werden.

[0149] Der Prozess des Öffnens des Ventilkopfs **3** ist oben beschrieben worden. Nun wird nachfolgend ein Prozess zum Schließen des Ventilkopfs **3** beschrieben. Der Prozess zum Schließen des Ventilkopfs **3** wird in den gleichen Steuerzyklen wie der Prozess des Öffnens des Ventilkopfs **3** gemäß dem Flussdiagramm der [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) durchgeführt. Da Basisdetails des Prozesses zum Schließen des Ventilkopfs **3** identisch mit jenen des Prozesses zum Öffnen des Ventilkopfs **3** sind, wird der Prozess zum Schließen des Ventilkopfs **3** unten nur kurz beschrieben.

[0150] Wenn die gegenwärtige Zeit eine Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** ist (Zeit t8 in [Fig. 3](#)) im in [Fig. 9](#) gezeigten SCHRITT 9-1, dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-2 bis 9-5 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-2 bis SCHRITT 5-5. Insbesondere entregt das Erregungssteuermittel **18** den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** und startet einen Timer T20 und einen Timer BK20, wie im mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt. Das Erregungssteuermittel **18** setzt den Schwellenwert Vop entsprechend der Stellung des Ventilkopfs **3**, der von der geschlossenen Stellung um 98,5% des vollen Hubs Y versetzt ist, als den Wert des Schwellenparameters P.

[0151] Die Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** ist, wie später beschrieben, in der vorhergehenden Öffnungs- und Schließzeit genauso bestimmt worden wie die Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5**. Der Timer T20 ist ein Hochzähltimer zum Messen einer Zeit ab der Entregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, bis der Ventilkopf **3** um 1 mm zur offenen Stellung hin versetzt ist. Der Timer BK20 ist ein Herunterzähltimer zum Messen einer vorbestimmten Zeit relativ zu einem Fehlerprozess, der bei einer Fehlfunktion des Ventilkopfs **3** ausgeführt wird. Die vorbestimmte Zeit wird aus einem Kennfeld auf der Basis der Drehzahl Ne, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw etc. bestimmt.

[0152] Wenn in SCHRITT 9-6 die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** auf den gegenwärtigen Schwellenparameter P fällt und der Schwellenparameter P der Schwellenwert Vop ist, d. h. wenn der Ventilkopf **3** die Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vop er-

reicht hat, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 98,5% des vollen Hubs Y versetzt ist, nach den Prozessen in SCHRITT 9-2 bis 9-5 (Zeit t₉ in [Fig. 3](#)), dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-7, SCHRITT 9-8 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-7, SCHRITT 5-8. Insbesondere startet das Erregungssteuermittel **18** einen Timer T200, der in dem mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt ist, und setzt den Schwellenwert Vclstart entsprechend der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 20% des vollen Hubs Y versetzt ist, als den Wert des Schwellenparameters P.

[0153] Der Timer T200 ist ein Herunterzähltimer zum Messen der vorbestimmten Zeit, die eine Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** bestimmt, und die vorbestimmte Zeit wird, wie später beschrieben, bestimmt, wenn der Ventilkopf **3** in seinem vorangehenden Öffnungs- und Schließzyklus geschlossen ist.

[0154] Wenn der Prozess des Timers T200 zum Messen der vorbestimmten Zeit beendet ist (Zeit t₁₀ in [Fig. 3](#)), d. h. wenn die vorbestimmte Zeit des Timers T200 abgelaufen ist, nachdem der Ventilkopf **3** die Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vop erreicht hat (Zeit t₁₀ in [Fig. 3](#)), dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-10, SCHRITT 9-11 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-14, SCHRITT 5-15. Insbesondere, um den Ventilkopf **3** unter den elektromagnetischen Kräften des Ventilschließ-Elektromagneten **5** zur geschlossenen Stellung hin zu bewegen, startet das Erregungssteuermittel **18** das Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** und setzt den Timer T200 auf die vorbestimmte Zeit zurück, welcher Timer T200 in SCHRITT 9-7 zum Messen gestartet wurde.

[0155] Wenn in SCHRITT 9-12 die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** auf den gegenwärtigen Schwellenparameter P fällt und der Schwellenparameter P der Schwellenwert Vclstart ist, d. h. wenn der Ventilkopf **3** die Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vclstart erreicht hat, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 20% des vollen Hubs Y versetzt ist, nach den Prozessen in SCHRITT 9-6 bis SCHRITT 9-11 (Zeit t₁₁ in [Fig. 3](#)), dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-13, SCHRITT 9-14 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-17, SCHRITT 5-18. Insbesondere startet das Erregungssteuermittel **18** einen Timer T21, der in dem mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt ist und setzt den Schwellenwert Vlft entsprechend der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 1 mm versetzt ist, als den Wert des Schwellenparameters P.

[0156] Der Timer T21 ist ein Hochzähltimer zum Messen einer Zeit für den Ventilkopf **3**, um die Hub-

stellung entsprechend dem Schwellenwert Vcl zu erreichen, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 1,5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, von der Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vclstart, als Repräsentant einer Geschwindigkeit, mit der sich der Ventilkopf **3** bewegt, wenn er geschlossen wird.

[0157] Wenn in SCHRITT 9-15 die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** auf den gegenwärtigen Schwellenparameter P fällt und der Schwellenparameter P der Schwellenwert Vlft ist, d. h. wenn der Ventilkopf **3** die Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vlft erreicht hat, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 1 mm versetzt ist, nach den Prozessen in SCHRITT 9-13, SCHRITT 9-14 (Zeit t₁₂ in [Fig. 3](#)), dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-16 bis 9-18 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-10 bis 5-12. Insbesondere stoppt das Erregungssteuermittel **18** den Timer T20, der in SCHRITT 9-3 gestartet wurde, und korrigiert und bestimmt die Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in einem nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** in Abhängigkeit von der vom Timer T20 gemessenen Zeit, d. h. der gemessenen Zeit, die ab der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** abgelaufen ist, bis der Ventilkopf **3** um 1 mm zur offenen Stellung hin versetzt ist. Das Erregungssteuermittel **18** setzt den Schwellenwert Vcl entsprechend der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung um 1,5% des vollen Hubs Y des Ventilkopfs **3** versetzt ist, als den Wert des Schwellenparameters P.

[0158] Insbesondere korrigiert das Erregungssteuermittel **18** die Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** in dem nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3**, so dass die Steuerzeit für den Ventilkopf **3**, um von der geschlossenen Stellung um 1 mm versetzt zu werden, wenn der Ventilkopf **3** in dem nächsten Öffnungs- und Schließzyklus geschlossen wird, mit der Sollsteuerzeit übereinstimmt, die aus der Drehzahl Ne, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw etc. bestimmt ist. Insbesondere, wenn die Drehzahl Ne, der Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC etc. konstant sind, dann wird eine Zeit, die der Sollsteuerzeit um die von dem Timer T20 gemessene Zeit voranläuft, als die Zeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** aufgestellt.

[0159] Wenn in SCHRITT 9-19 die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** auf den gegenwärtigen Schwellenparameter P fällt und der Schwellenparameter P der Schwellenwert Vcl ist, d. h. wenn der Ventilkopf **3** die Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vcl erreicht hat, d. h. die Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 1,5% des vollen

Hubs Y versetzt ist, nach den Prozessen in SCHRITT 9-16 bis 9-18 (Zeit t13 in [Fig. 3](#)), dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-20 bis SCHRITT 9-24 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-20 bis SCHRITT 5-24. Insbesondere stoppt das Erregungssteuermittel **18** den Timer T21, der in SCHRITT 9-13 gestartet wurde, und korrigiert die vorbestimmte Zeit des Timers T200, die die Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** in Abhängigkeit von der vom Timer T21 gemessenen Zeit bestimmt, die die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3** repräsentiert, der sich von der Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vclstart entsprechend dem Schwellenwert Vcl bewegt hat, um hierdurch die Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** zu bestimmen. Das Erregungssteuermittel **18** wechselt das Erregungsmuster des Ventilschließ-Elektromagneten **5** von dem Konstantspannungs-Steuermodus zu dem Konstantstrom-Steuermodus und führt einen relativ starken Fangstrom dem Ventilschließ-Elektromagneten **5** zu. Das Erregungssteuermittel **18** startet einen Timer T210, der in dem mittleren Teil von [Fig. 3](#) gezeigt ist, und setzt den Schwellenwert Vclfail entsprechend der Stellung des Ventilkopfs **3**, die von der geschlossenen Stellung um 5% des vollen Hubs Y versetzt ist, als den Wert des Schwellenparameters P.

[0160] Zum Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** korrigiert das Erregungssteuermittel **18** die vorbestimmte Zeit des Timers T200 im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus, so dass die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3**, repräsentiert durch die vom Timer T21 gemessene Zeit, einen Sollwert für die Geschwindigkeit einnimmt, die aus einem Kennfeld auf der Basis der Drehzahl Ne, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw, etc. bestimmt ist.

[0161] Der Timer T210 ist ein Herunterzähltimer zum Messen einer vorbestimmten Zeit, die als eine Zeit zum kontinuierlichen Zuführen des Fangstroms zu dem Ventilschließ-Elektromagneten **5** bestimmt ist.

[0162] Wenn der Prozess des Timers T210, der in SCHRITT 9-23 zum Messen der vorbestimmten Zeit gestartet ist, beendet ist (Zeit t14 in [Fig. 3](#)), dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-26, SCHRITT 9-27 die gleichen Prozesse durch wie in SCHRITT 5-26, SCHRITT 5-27. Insbesondere wechselt das Erregungssteuermittel **18** den dem Ventilschließ-Elektromagneten **5** zugeführten Strom in dem Konstantstrom-Steuermodus vom Fangstrom zu einem relativ schwachen Haltestrom, der ausreicht, um den Ventilkopf **3** in der geschlossenen Stellung zu halten, und setzt den Timer T210 auf dessen vorbestimmte Zeit zurück.

[0163] Wenn der Prozess des Timers BK20, der in SCHRITT 9-4 zum Messen der vorbestimmten Zeit gestartet wurde, beendet ist, d. h. wenn die vorbestimmte Zeit des Timers BK20, nachdem der Ventilöffnungs-Elektromagnet **6** entregt wurde, in SCHRITT 9-28 abgelaufen ist, dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-29 bis SCHRITT 9-31 die gleichen Prozesse wie in SCHRITT 5-29 bis SCHRITT 5-31. Insbesondere entscheidet das Erregungssteuermittel **18**, ob die gegenwärtige Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vclfail erreicht hat oder nicht. Wenn die gegenwärtige Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vclfail erreicht hat, dann setzt das Erregungssteuermittel **18** den Timer BK20 auf dessen vorbestimmte Zeit zurück, wonach die Steuerung zu SCHRITT 9-32 weitergeht. Wenn die gegenwärtige Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vclfail wegen irgendeiner Fehlfunktion nicht erreicht hat, dann führt das Erregungssteuermittel **18** den vorbestimmten dritten Fehlerprozess aus.

[0164] Der dritte Fehlerprozess ist genau der gleiche wie der erste Fehlerprozess. In dem dritten Fehlerprozess, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, erregt das Erregungssteuermittel **18** abwechselnd die Elektromagneten **5**, **6** mit einer Periode entsprechend der Eigenfrequenz des mechanischen Vibrationssystems, das aus dem Ventilkopf **3**, den Federn **7**, **8** und dem Anker **4** gebildet ist, um hierdurch den Ventilkopf **3** zum Beispiel zu der geschlossenen Stellung zu bewegen. Nachdem der Ventilkopf **3** zu der geschlossenen Stellung bewegt wurde, nimmt das Erregungssteuermittel **18** wieder den Prozess zum normalen Öffnen und Schließen des Ventilkopfs **3** auf.

[0165] Wenn in SCHRITT 9-32 die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** auf den gegenwärtigen Schwellenparameter P ansteigt und der Schwellenparameter P der Schwellenwert Vclfail ist, d. h. wenn der Ventilkopf **3** wegen irgendeiner Fehlfunktion nach den Prozessen in SCHRITT 9-20 bis SCHRITT 9-24 zu der Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vclfail versetzt wurde, oder grundlegend, während der Ventilkopf **3** in der geschlossenen Stellung gehalten wird, dann führt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-33 einen vierten Fehlerprozess durch. Der vierte Fehlerprozess ähnelt dem zweiten Fehlerprozess, der in SCHRITT 5-33 ausgeführt wird, wobei Details davon in [Fig. 8](#) gezeigt werden. Der vierte Fehlerprozess ist im Detail in [Fig. 11](#) gezeigt. Das Erregungssteuermittel **18** berechnet in SCHRITT 9-33-1 eine Zeit ab er gegenwärtigen Zeit zu der Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5**, welche Steuerzeit in SCHRITT 5-11 bestimmt wird, als eine Ventilschließ-Elektromagneten-Entregungszeit. Dann vergleicht das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-33-2 die berechnete Ventilschließ-Elektromagneten-Entregungszeit mit einer vorbestimmten Ab-dem-Fehler-Erholungszeit, die als eine Zeit be-

stimmt ist, die der Ventilkopf **3** benötigt, um in die geschlossene Stellung zurückzukehren. Wenn die Ventilschließ-Elektromagneten-Entregungszeit gleich oder länger als die Ab-dem-Fehler-Erholungszeit ist, dann erregt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-33-3 den Ventilöffnungs-Elektromagneten **5**, um elektromagnetische Kräfte zu erzeugen, um den Ventilkopf **3** in der Ab-dem-Fehler-Erholungszeit in die geschlossene Stellung zurückzubringen.

[0166] Nachdem der Ventilkopf **3** zu der geschlossenen Stellung zurückgekehrt ist, wird der Ventilkopf **3** normal geöffnet und geschlossen.

[0167] Wenn in SCHRITT 9-33-2 die Ventilschließ-Elektromagneten-Entregungszeit kürzer als die Ab-dem-Fehler-Erholungszeit ist, dann entregt das Erregungssteuermittel **18** in SCHRITT 9-33-4 den Ventilschließ-Elektromagneten **5**, und erregt danach den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** mit einer gegebenen Steuerzeit in SCHRITT 9-33-5, um den Ventilkopf **3** in die offene Stellung zu bewegen. Insbesondere bestimmt das Erregungssteuermittel **18** eine Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, so dass die Steuerzeit für den Ventilkopf **3**, um die Stellung entsprechend dem Schwellenwert Vop zu erreichen, im Wesentlichen gleich einer Sollsteuerzeit ist, die in Abhängigkeit von der Drehzahl Ne, dem Beschleuniger-Bewegungsbetrag ACC, der Motortemperatur Tw, etc. bestimmt ist.

[0168] Der Prozess zum Schließen des Ventilkopfs **3** ist oben beschrieben worden.

[0169] In der obigen Ausführung können die Schwellenwerte Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart für die Ausgabe Vx des Hubsensors **12**, die gegebenen Hubstellungen des Ventilkopfs **3** entsprechen, aufgestellt werden, während Schwankungen und zeitabhängige Änderungen der Ausgangscharakteristiken des Hubsensors **12** kompensiert werden. Anders gesagt, die obigen Schwellenwerte, die den gegebenen Hubstellungen des Ventilkopfs **3** entsprechen, können in einer Weise aufgestellt werden, die den Ausgangscharakteristiken individueller Hubsensoren **12** oder Zuständen des Hubsensors **12** von Fall zu Fall angepasst sind. Daher kann der Prozess zur Steuerung der Erregung der Elektromagneten **5**, **6** mit gewünschten Hubstellungen des Ventilkopfs **3** ausgeführt werden, und der Öffnungs- und Schließbetrieb des Ventilkopfs **3** kann entsprechend einem gewünschten Muster gesteuert werden.

[0170] Insbesondere kann zum Öffnen des Ventilkopfs **3** die Zeit, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet **5** entregt wurde, bis der Ventilkopf **3** tatsächlich um 1 mm von der geschlossenen Stellung versetzt ist, d. h. die von dem Timer T10 gemessene Zeit, auf der Basis davon genau gemessen werden,

ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vlft erreicht hat oder nicht, unabhängig von Schwankungen der Ausgangscharakteristiken des Hubsensors **12** und zeitabhängiger Änderungen darin. Durch Korrektur der Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** zum Öffnen des Ventilkopfs **3** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit kann die Steuerzeit zum Bewegen des Ventilkopfs **3** zu einer gegebenen Stellung, d. h. der von der geschlossenen Stellung um 1 mm versetzten Stellung, mit einer gewünschten Steuerzeit unabhängig von elektromagnetischen Kräften, die unmittelbar nach dem Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten **5** verbleiben, sowie Änderungen im Innendruck der Brennkammer **1** hoch zuverlässig gesteuert werden.

[0171] Zum Öffnen des Ventilkopfs **3** misst der Timer T11 eine Zeit auf der Basis davon, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vopstart und den Schwellenwert Vop erreicht hat oder nicht. Daher kann die Istgeschwindigkeit des Ventilkopfs **3** zwischen zwei Hubstellungen entsprechend den Schwellenwerten Vopstart, Vop auf der Basis der vom Timer T11 gemessenen Zeit akkurat erkannt werden. Durch Erkennung der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zum Öffnen des Ventilkopfs **3** im nächsten Öffnungs- und Schließzyklus in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit kann die Öffnungsgeschwindigkeit des Ventilkopfs **3** mit einer gewünschten Geschwindigkeit unabhängig von Schwankungen im Innendruck in der Brennkammer **1** und der Charakteristiken der Federn **7**, **8** oder ihrer zeitabhängigen Änderungen gesteuert werden.

[0172] Zum Öffnen des Ventilkopfs **3** wird die Erregungssteuerung des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** von dem Konstantspannungs-Steuermodus zu dem Konstantstrom-Steuermodus auf der Basis davon gewechselt, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vop erreicht hat oder nicht. Daher können diese Modusänderungen zuverlässig in der Hubstellung entsprechend dem Schwellenwert Vop unabhängig von Änderungen der Ausgangscharakteristiken des Hubsensors **12** und zeitabhängiger Änderungen darin durchgeführt werden. Im Ergebnis kann der Ventilkopf **3** die offene Stellung zuverlässig erreichen, und die Zeit zum Zuführen des Fangstroms in dem Konstantstrom-Steuermodus kann auf einem erforderlichen Minimum gehalten werden, um hierdurch den Stromverbrauch durch den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** zu senken.

[0173] Zum Öffnen des Ventilkopfs **3** werden die ersten und zweiten Fehlerprozesse auf der Basis davon ausgeführt, ob die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vopfail erreicht hat oder nicht. Im Ergebnis kann eine Fehlfunktion des Ventilkopfs **3** zuverlässig unabhängig von Schwankungen der Aus-

gangscharakteristiken des Hubsensors **12** und zeitabhängiger Änderungen darin erkannt werden. Somit kann die Erregung der Elektromagneten **5, 6** bei einer Fehlfunktion geeignet nur dann gesteuert werden, wenn eine solche Fehlfunktion auftritt.

[0174] Die obigen Vorteile, die beim Öffnen des Ventilkopfs **3** auftreten, stehen auch zur Verfügung, wenn der Ventilkopf **3** geschlossen wird.

[0175] In der obigen Ausführung sind sieben Schwellenwerte für die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** aufgestellt. Jedoch sind die Typen der Schwellenwerte nicht auf die obigen Schwellenwerte begrenzt. Beispielsweise ist in der obigen Ausführung der Schwellenwert zum Bestimmen der Steuerzeit zum Beenden der Messung der Zeit durch den Timer T11 relativ zur Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3**, wenn dieser geöffnet wird, der gleiche wie der Schwellenwert, d. h. der Schwellenwert Vop, zum Bestimmen der Steuerzeit zum Wechsel der Erregungssteuerung des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** von dem Konstantspannungs-Steuermodus in den Konstantstrom-Steuermodus. Jedoch können diese Schwellenwerte auch voneinander unterschiedlich sein.

[0176] In der obigen Ausführung sind die Schwellenwerte Vopstart, Vop, Vclstart, Vcl zum Bestimmen der Messung der Zeit durch den Timer T11 oder T21 relativ zur Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3** unter Verwendung der Vollaussgabe-Differenz (DOP-DCL) aufgestellt. Jedoch können diese Schwellenwerte auch vorbestimmte feste Schwellenwerte sein. Insbesondere ist die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3**, die ein wichtiger Faktor beim glattgängigen Einführen eines Luft-Kraftstoffgemischs in den Verbrennungsmotor hinein und zum Ausgeben von Abgasen aus den Zylindern des Verbrennungsmotors hinaus empfindlich auf Schwankungen im Innendruck in der Brennkammer **1** und Charakteristiken der Federn **7, 8** oder ihrer zeitabhängigen Änderungen. Auch wenn die Schwellenwerte relativ zur Messung der Zeit durch den Timer T11 oder T21 auf vorbestimmte feste Werte gesetzt sind, ist es möglich, den Effekt solcher Schwankungen und Änderungen durch Korrektur der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten **6** oder des Ventilschließ-Elektromagneten **5** in Abhängigkeit von den Zeiten geeignet zu kompensieren, die von den Timern T11, T21 gemessen sind, die die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3** repräsentieren. Obwohl die Geschwindigkeit des Ventilkopfs **3** durch Schwankungen in den Ausgangscharakteristiken des Hubsensors **12** und zeitabhängigen Änderungen darin beeinflusst wird, ist es möglich, Schwankungen im Innendruck in der Brennkammer **1** und der Charakteristiken der Federn **7, 8** zu kompensieren.

[0177] In der obigen Ausführung erregt oder entregt die Ausgabeschnittstellenschaltung **15** die Elektro-

magneten **5, 6**, wenn ihr ein Erregungs- oder Entregungsbefehl von dem Mikrocomputer **14** zugeführt wird. Jedoch kann der Prozess zum Erregen oder Entregen der Elektromagneten **5, 6** auch Hardwareimplementiert sein, anstatt durch den Mikrocomputer **14** Softwareimplementiert. Beispielsweise kann, wie in [Fig. 12](#) gezeigt, die Ausgabeschnittstellenschaltung **15** eine Erregungsprozessorschaltung **15a** aufweisen, die die Ausgabe von dem Komparator **21** in der Eingabeschnittstellenschaltung **16** sowie ein Kurbelwellenwinkelsignal (OT-Signal) von dem Verbrennungsmotor erhält.

[0178] Nach der in [Fig. 12](#) gezeigten modifizierten Ausführung zum Öffnen des Ventilkopfs **3**, wenn die Erregungsprozessorschaltung **15a** ein Signal von dem Komparator **21** erhält, das angibt, dass die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vcl erreicht hat (Zeit t2 in [Fig. 3](#)), startet die Erregungsprozessorschaltung **15a** einen Timer (nicht gezeigt), um eine vorbestimmte Zeit zu messen, und erregt dann den Ventilöffnungs-Elektromagneten **6**, wenn die Messung der vorbestimmten Zeit durch den Timer beendet ist. Ähnlich zum Schließen des Ventilkopfs **3**, wenn die Erregungsprozessorschaltung **15a** ein Signal von dem Komparator **21** erhält, das angibt, dass die Ausgabe Vx des Hubsensors **12** den Schwellenwert Vop erreicht hat (Zeit t9 in [Fig. 3](#)), startet die Erregungsprozessorschaltung **15a** einen Timer (nicht gezeigt), um eine vorbestimmte Zeit zu messen, und erregt dann den Ventilschließ-Elektromagneten **5**, wenn die Messung der vorbestimmten Zeit durch den Timer beendet ist. Ein Parameter zur Bestimmung der Zeiten, die durch die obigen Timer gemessen werden, wird in dem gleichen Prozess wie dem obigen Prozess korrigiert, der von dem Mikrocomputer **14** in dem vorangehenden Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** ausgeführt wird, und der Erregungsprozessorschaltung **15a** wird in jedem Öffnungs- und Schließzyklus ein Steuersignal zum Korrigieren des Parameters zugeführt.

[0179] Die Erregungsprozessorschaltung **15a** entregt die Elektromagneten **5, 6** zu Steuerzeiten auf der Basis des Kurbelwellenwinkelsignals von dem Verbrennungsmotor. Ein Parameter zum Bestimmen der Steuerzeiten (Zeiten t8, t15 in [Fig. 3](#)) für die Erregungsprozessorschaltung **15a** zum Entregen der Elektromagneten **5, 6** wird in dem gleichen Prozess wie dem obigen Prozess korrigiert, der von dem Mikrocomputer **14** in dem vorangehenden Öffnungs- und Schließzyklus des Ventilkopfs **3** ausgeführt wird, und der Erregungsprozessorschaltung **15a** wird in jedem Öffnungs- und Schließzyklus ein Steuersignal zum Korrigieren des Parameters zugeführt.

[0180] Wenn die Elektromagneten **5, 6** durch eine Hardware-Anordnung, die von der Erregungsprozessorschaltung **15a** vorgesehen wird, erregt und entregt werden, werden Schwankungen in den Steuer-

zeiten zum Erregen und Entregen der Elektromagneten **5, 6** reduziert.

[0181] Obwohl bestimmte bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung im Detail gezeigt und beschrieben wurden, versteht es sich, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen darin erfolgen können, ohne vom Umfang der beigefügten Ansprüche abzuweichen.

[0182] Eine elektromagnetische Ventileinheit in einem Verbrennungsmotor wird durch Bestimmung einer Differenz zwischen der Ausgabe eines Hubsensors, wenn ein Ventilkopf in einer offenen Stellung ist, und der Ausgabe des Hubsensors, wenn der Ventilkopf in einer geschlossenen Stellung ist, in jeder Periode eines Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs gesteuert. Die Differenz entspricht einem vollen Hub des Ventilkopfs zwischen der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung. Die elektromagnetische Ventileinheit wird auch durch Aufstellen, unter Verwendung der Differenz, eines Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors gesteuert, die einer vorbestimmten Hubstellung des Ventilkopfs entspricht, die auf der Basis eines Anteils des vollen Hubs bestimmt wird, und durch Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten in Abhängigkeit davon, ob beim Öffnungs- und Schließvorgang des Ventilkopfs unmittelbar nach Aufstellen des Schwellenwerts die Ausgabe des Hubsensors den Schwellenwert erreicht hat oder nicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern/Regeln einer elektromagnetischen Ventileinheit (**11**) in einem Verbrennungsmotor, umfassend einen Ventilkopf (**3**), der zwischen einer offenen Stellung zum Öffnen einer Einlass- oder Auslassöffnung einer Brennkammer in dem Verbrennungsmotor und einer geschlossenen Stellung zum Schließen der Einlass- oder Auslassöffnung hin- und herbeweglich ist, ein Vorspannmittel (**7, 8**) zum Vorspannen des Ventilkopfs (**3**) zu einer Neutralstellung zwischen der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung, einen Ventilöffnungs-Elektromagneten (**6**) zum Versetzen des Ventilkopfs (**3**) in die offene Stellung unter elektromagnetischen Kräften, einen Ventilschließ-Elektromagneten (**5**) zum Versetzen des Ventilkopfs in die geschlossene Stellung unter elektromagnetischen Kräften, sowie einen Hubsensor (**12**) zum Erzeugen einer Ausgabe (Vx) in Abhängigkeit von der Hubstellung des Ventilkopfs (**3**), wobei das Verfahren die Schritte umfasst:

Bestimmen einer Differenz (DOP-DCL) zwischen der Ausgabe (Vx) des Hubsensors (**12**), wenn sich der Ventilkopf (**3**) in der offenen Stellung befindet, und der Ausgabe (Vx) des Hubsensors (**12**), wenn sich der Ventilkopf (**3**) in der geschlossenen Stellung be-

findet, in jeder Periode eines Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs (**3**), wobei die Differenz einem vollen Hub des Ventilkopfs (**3**) zwischen der offenen Stellung oder geschlossenen Stellung entspricht,

dadurch gekennzeichnet, dass unter Verwendung der Differenz (DOP-DCL) eine Mehrzahl von Schwellenwerten (Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart) für die Ausgabe (Vx) des Hubsensors (**12**) ermittelt werden, wobei die Schwellenwerte (Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart) einen jeweiligen prozentualen Anteil des vollen Hubs zwischen der vollständig offenen Hubstellung und der vollständig geschlossenen Hubstellung des Ventilkopfs (**3**) darstellen, und Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (**6**) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (**5**) in Abhängigkeit davon, ob bei dem Öffnungs- und Schließvorgang des Ventilkopfs (**3**) unmittelbar nach dem Ermitteln eines solchen Schwellenwerts (Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart) die Ausgabe (Vx) des Hubsensors (**12**) diesen Schwellenwert (Vcl, Vop, Vclfail, Vopfail, Vlft, Vopstart, Vclstart) erreicht hat oder nicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Differenz (DOC-DCL) eine Differenz zwischen einem Mittelwert von Ausgaben des Hubsensors (**12**), wenn sich der Ventilkopf über eine Mehrzahl von Perioden des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs (**3**) in der offenen Stellung befindet, und einem Mittelwert von Ausgaben des Hubsensors (**12**), wenn sich der Ventilkopf (**3**) über eine Mehrzahl von Perioden des Öffnungs- und Schließvorgangs des Ventilkopfs (**3**) in der geschlossenen Stellung befindet, aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen ersten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (**3**) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen ersten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (**6**) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (**5**) die Schritte umfasst:

Messen einer Zeit, nach der der Ventilschließ-Elektromagnet (**5**) entregt ist, bis die Ausgabe (**12**) des Hubsensors den ersten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (**3**) aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und Korrigieren einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten (**5**), wenn der Ventilkopf (**3**) das nächste Mal geöffnet werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, wobei die Schwellenwerte einen zweiten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (**3**) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zweiten Anteil des

vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) die Schritte umfasst:

Messen einer Zeit, nach der der Ventilöffnungs-Elektromagnet (6) entregt ist, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den zweiten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und
Korrigieren einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf (3) das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen dritten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen dritten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, sowie einen vierten Schwellenwert, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der offenen Stellung näher ist als die der dritten Stellung entsprechende Stellung und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen vierten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) die Schritte umfasst:

Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors (12) den dritten Schwellenwert erreicht, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den vierten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und

Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6), wenn der Ventilkopf (3) das nächste Mal geöffnet werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

6. Verfahren nach Anspruch 1 oder 5, wobei die Schwellenwerte einen fünften Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen fünften Anteil des vollen Hubs versetzt ist, sowie einen sechsten Schwellenwert entsprechend einer Stellung des Ventilkopfs (3), die der geschlossenen Stellung näher ist als die dem fünften Anteil entsprechende Stellung und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen sechsten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) die Schritte umfasst:

Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors (12) den fünften Schwellenwert erreicht, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den sechsten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und
Korrigieren der Steuerzeit zum Erregen des Ventilöff-

nungs-Elektromagneten, wenn der Ventilkopf das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen siebten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der offenen Stellung nahe ist und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen siebten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) die Schritte umfasst:

Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) in einem Konstantspannungs-Steuermodus, nachdem der Ventilöffnungs-Elektromagnet (6) erregt zu werden beginnt, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den siebten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und

Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) in einem Konstantstrom-Steuermodus, nachdem die Ausgabe des Hubsensors (12) den siebten Schwellenwert erreicht hat.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 7, wobei die Schwellenwerte einen achten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der geschlossenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen achten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) die Schritte umfasst:

Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5) in einem Konstantspannungs-Steuermodus, nachdem der Ventilschließ-Elektromagnet erregt zu werden beginnt, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den achten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und

Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5) in einem Konstantstrom-Steuermodus, nachdem die Ausgabe des Hubsensors (12) den achten Schwellenwert erreicht.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen neunten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der offenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen neunten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) den Schritt umfasst:

Durchführen eines ersten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagne-

ten (5), wenn die Ausgabe des Hubsensors (12) den neunten Schwellenwert zu einer vorbestimmten Steuerzeit nicht erreicht hat, wenn der Ventilkopf (3) aus der geschlossenen Stellung geöffnet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der erste Fehlerprozess einen Prozess zum abwechselnden Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und des Ventilschließ-Elektromagneten (5) in vorbestimmten Perioden umfasst, bis der Ventilkopf den Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) bzw. den Ventilschließ-Elektromagneten (5) erreicht.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 9 und 10, wobei die Schwellenwerte einen zehnten Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der geschlossenen Stellung nahe ist und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zehnten Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) den Schritt umfasst: Durchführen eines zweiten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5), wenn die Ausgabe des Hubsensors (12) den zehnten Schwellenwert zu einer vorbestimmten Steuerzeit nicht erreicht hat, wenn der Ventilkopf (3) aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der zweite Fehlerprozess einen Prozess zum abwechselnden Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und des Ventilschließ-Elektromagneten (5) in vorbestimmten Perioden umfasst, bis der Ventilkopf (3) den Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) bzw. den Ventilschließ-Elektromagneten (5) erreicht.

13. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen elften Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der offenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen elften Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) den Schritt umfasst:

Durchführen eines dritten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5), wenn die Ausgabe des Hubsensors (12) zu dem elften Schwellenwert gewechselt hat, bevor der Ventilöffnungs-Elektromagnet (6) entregt wird, nachdem der Ventilkopf (3) von der geschlossenen Stellung zur offenen Stellung versetzt ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei der dritte Fehlerprozess einen Prozess zum Entscheiden um-

fasst, ob der Ventilkopf (3) zu der offenen Stellung zurückgebracht werden kann durch Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) innerhalb einer Periode bis zu einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6), um den Ventilkopf (3) zu schließen, Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6), um den Ventilkopf (3) zu der offenen Stellung zurückzubringen, wenn der Ventilkopf (3) innerhalb der Periode zu der offenen Stellung zurückgebracht werden kann, Entregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6), wenn der Ventilkopf (3) innerhalb der Periode nicht zu der offenen Stellung zurückgebracht werden kann, und Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5), um mit einer vorbestimmten Steuerzeit den Ventilkopf (3) zu der geschlossenen Stellung hin zu bewegen.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 13 und 14, wobei die Schwellenwerte einen zwölften Schwellenwert umfassen, der einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die der geschlossenen Stellung nahe ist und die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zwölften Anteil des vollen Hubs versetzt ist, und wobei der Schritt des Steuerns der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5) den Schritt umfasst: Durchführen eines vierten Fehlerprozesses zum Steuern der Erregung des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6) und/oder des Ventilschließ-Elektromagneten (5), wenn die Ausgabe des Hubsensors (12) zu dem zwölften Schwellenwert gewechselt hat, bevor der Ventilschließ-Elektromagnet (5) entregt wird, nachdem der Ventilkopf (3) von der offenen Stellung zur geschlossenen Stellung versetzt ist.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der vierte Fehlerprozess einen Prozess zum Entscheiden umfasst, ob der Ventilkopf (3) zu der geschlossenen Stellung zurückgebracht werden kann durch Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5) innerhalb einer Periode bis zu einer Steuerzeit zum Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten, um den Ventilkopf (3) zu öffnen, Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5), um den Ventilkopf (3) zu der geschlossenen Stellung zurückzubringen, wenn der Ventilkopf (3) innerhalb der Periode zu der geschlossenen Stellung zurückgebracht werden kann, Entregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5), wenn der Ventilkopf (3) innerhalb der Periode nicht zu der geschlossenen Stellung zurückgebracht werden kann, und Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (6), um den Ventilkopf (3) mit einer vorbestimmten Steuerzeit zu der offenen Stellung hin zu bewegen.

17. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen ersten und einen zweiten Schwellenwert umfassen, wobei der erste Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors (12) bestimmt wird, die einer Stellung des

Ventilkopfs (3) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen ersten Weg versetzt ist, und der zweite Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors (12) bestimmt wird, die der offenen Stellung näher ist als die dem ersten Weg entsprechende Stellung und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen zweiten Weg versetzt ist;

Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors (12) den ersten Schwellenwert erreicht hat, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den zweiten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der geschlossenen Stellung heraus geöffnet wird; und

Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilöffnungs-Elektromagneten (5), wenn der Ventilkopf (3) das nächste Mal geöffnet werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5), wenn der Ventilkopf (3) das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

18. Verfahren nach Anspruch 17, das ferner die Schritte umfasst:

Bestimmen eines dritten Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors (12), die einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen dritten Weg versetzt ist, und eines vierten Schwellenwerts für die Ausgabe des Hubsensors (12), die der geschlossenen Stellung näher ist als die dem dritten Weg entsprechende Stellung und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen vierten Weg versetzt ist;

Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors (12) den dritten Schwellenwert erreicht hat, bis die Ausgabe des Hubsensors den vierten Schwellenwert erreicht, wenn der Ventilkopf aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und

Korrigieren einer Steuerzeit zum Erregen des Ventilschließ-Elektromagneten (5), wenn der Ventilkopf (3) das nächste Mal geschlossen werden soll, in Abhängigkeit von der gemessenen Zeit.

19. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schwellenwerte einen dritten und einen vierten Schwellenwert umfassen, wobei

der dritte Schwellenwert für die Ausgabe des Hubsensors (12) bestimmt wird, die einer Stellung des Ventilkopfs (3) entspricht, die von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen dritten Weg versetzt ist, und der vierte Schwellenwert (Vcl) für die Ausgabe des Hubsensors (12) bestimmt wird, die der geschlossenen Stellung näher ist als die dem dritten Weg entsprechende Stellung und von einer der offenen Stellung und der geschlossenen Stellung um einen vierten Weg versetzt ist;

Messen einer Zeit, nach der die Ausgabe des Hubsensors (12) den dritten Schwellenwert (Vop) erreicht hat, bis die Ausgabe des Hubsensors (12) den vierten Schwellenwert (Vcl) erreicht, wenn der Ventilkopf (3) aus der offenen Stellung heraus geschlossen wird; und

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

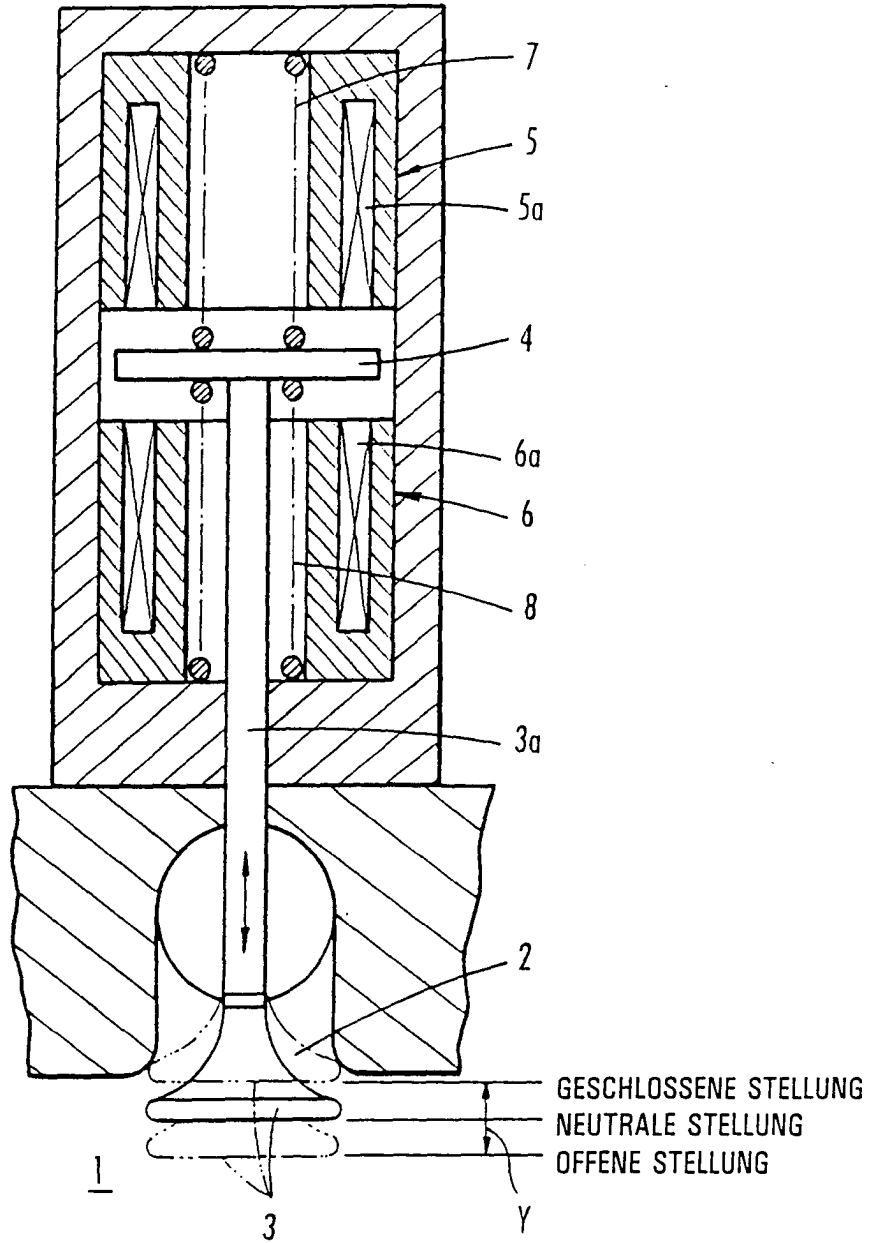


FIG. 2

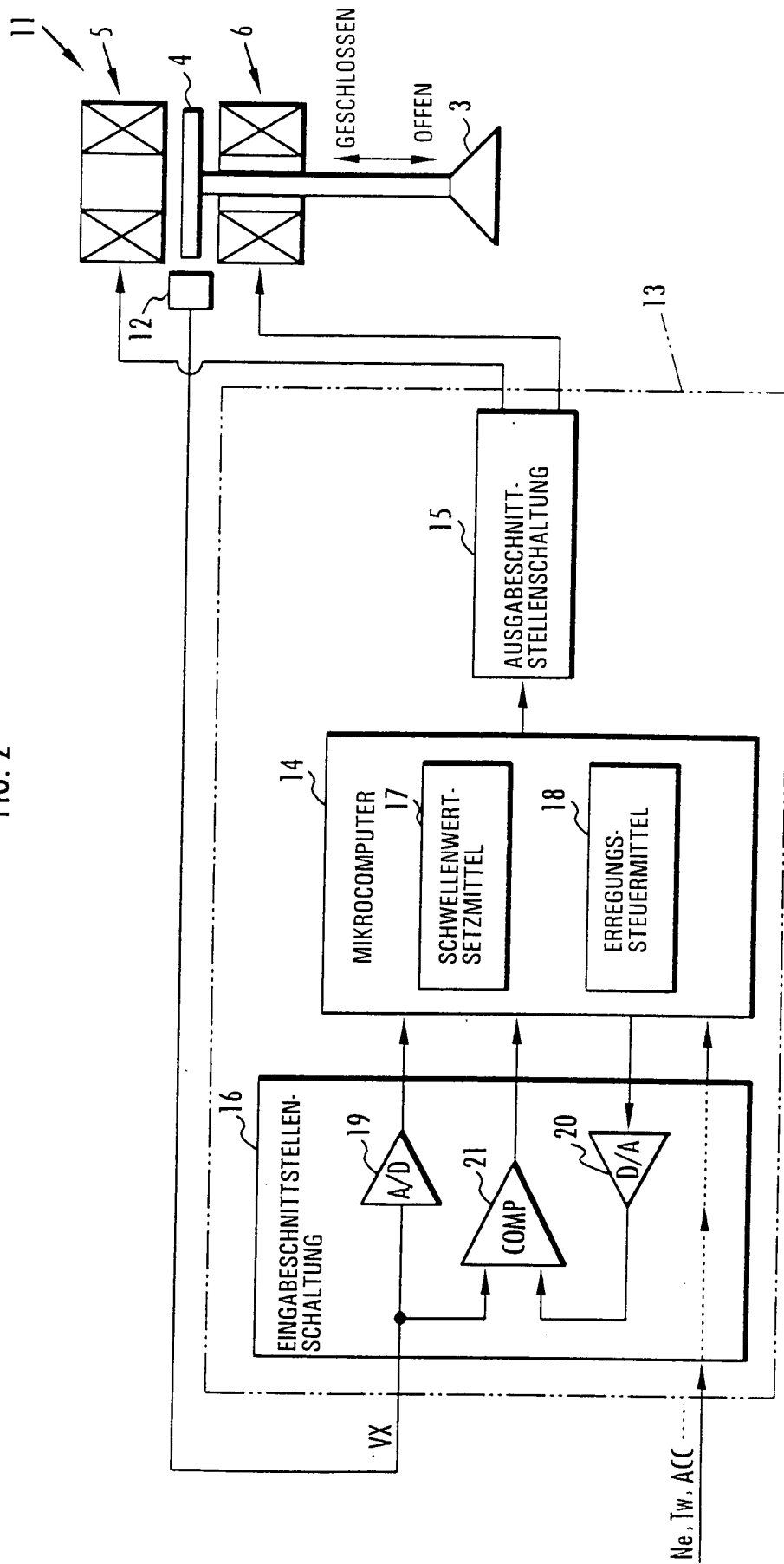


FIG. 3

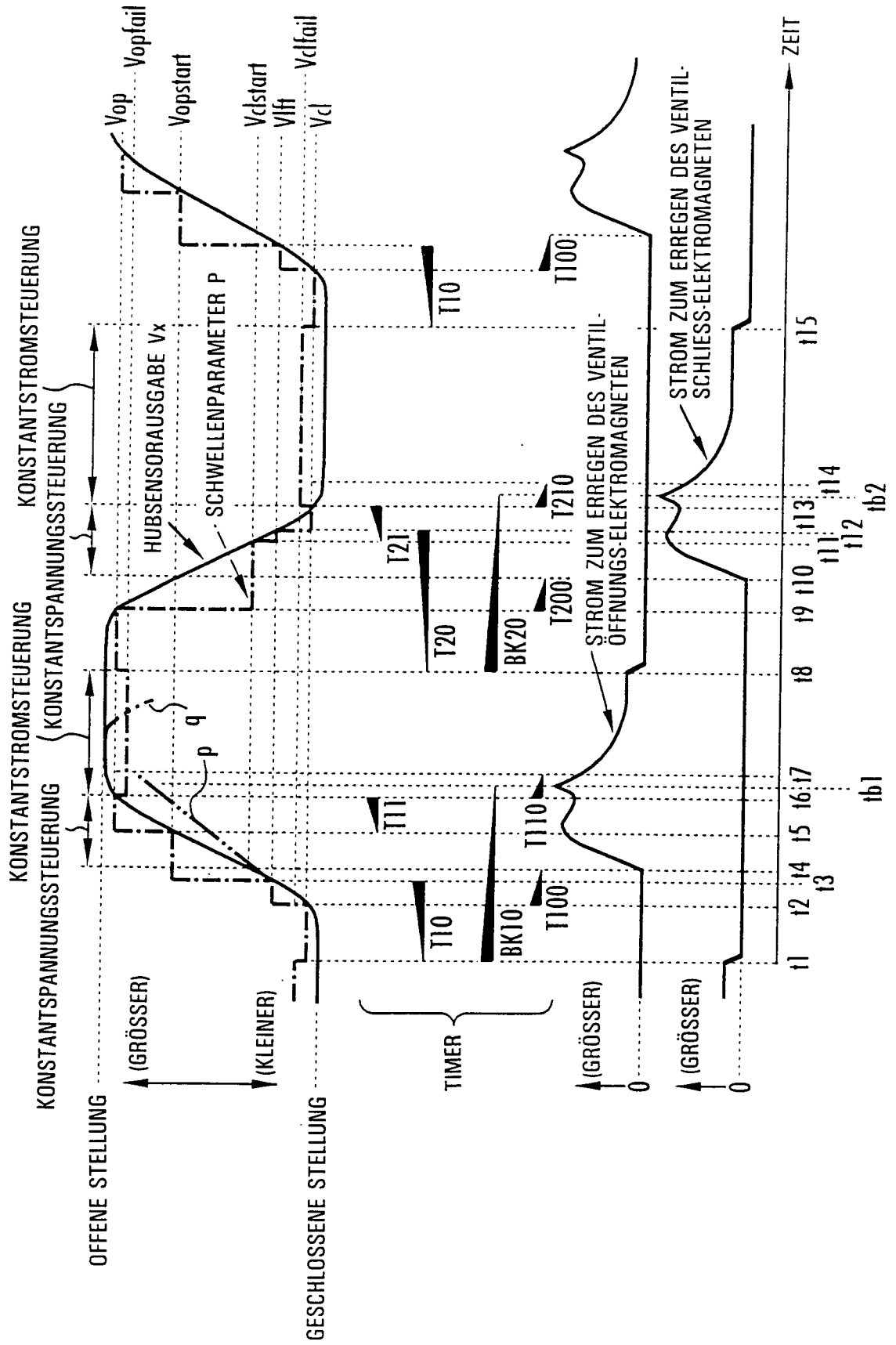


FIG. 4

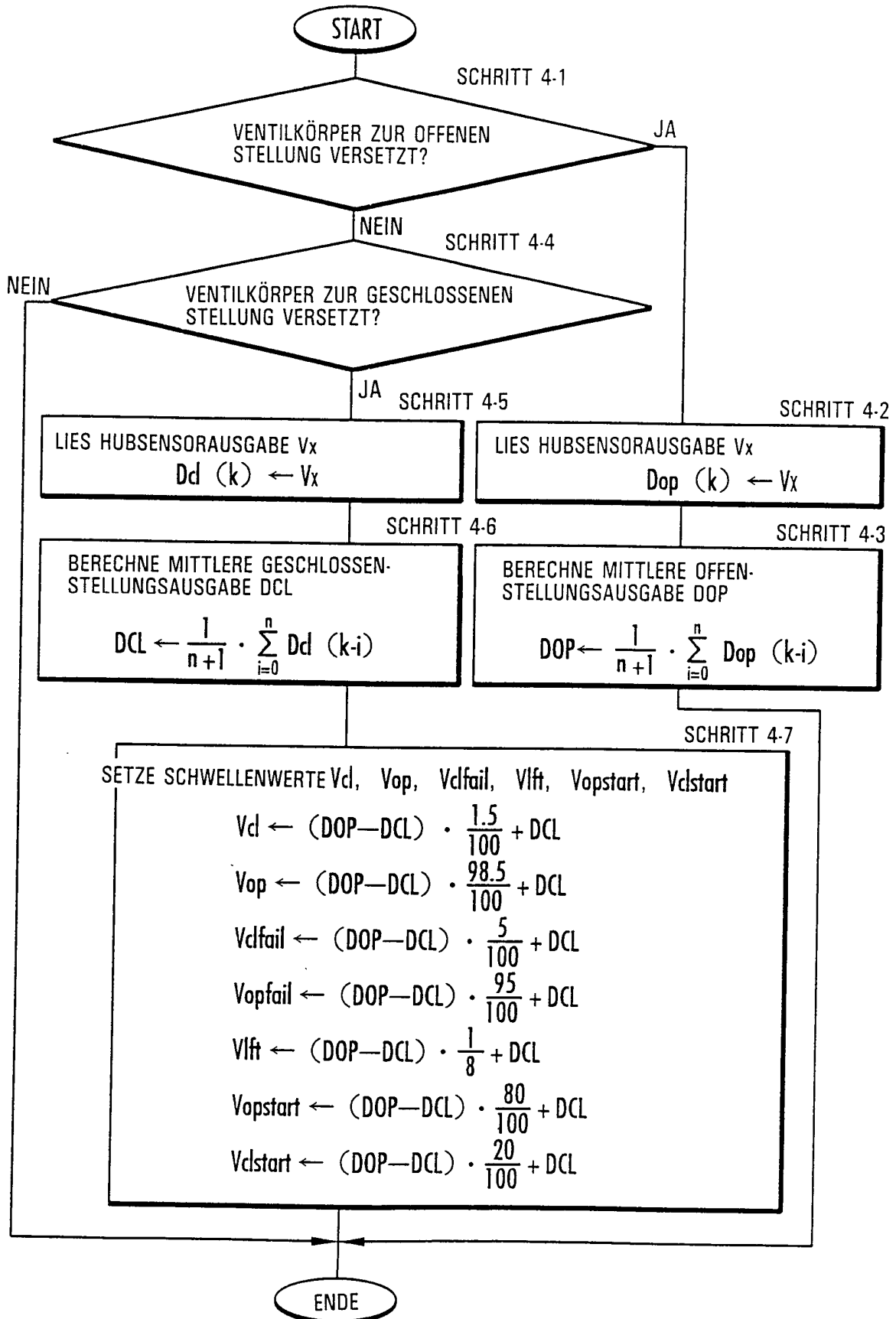


FIG. 5

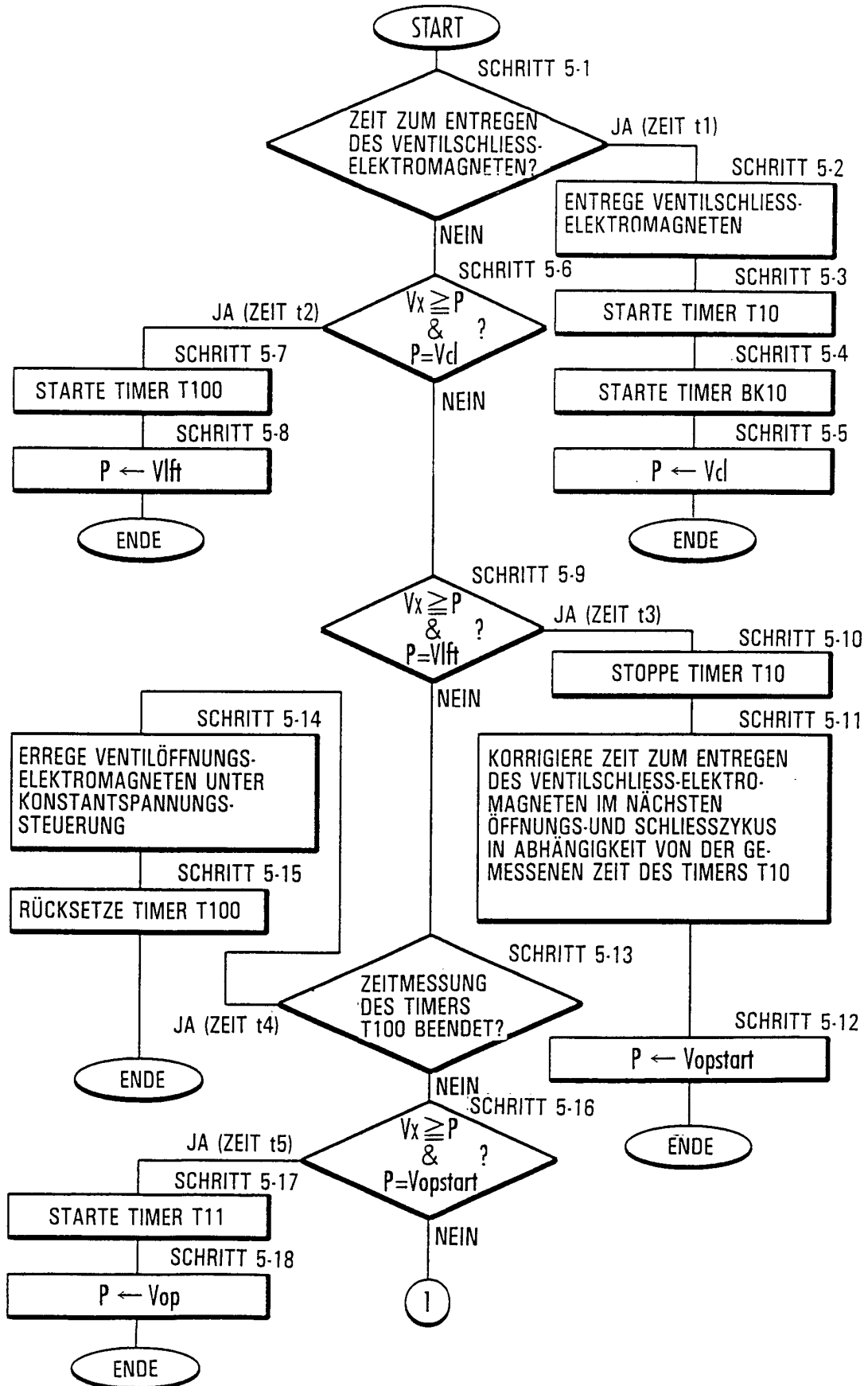


FIG.6

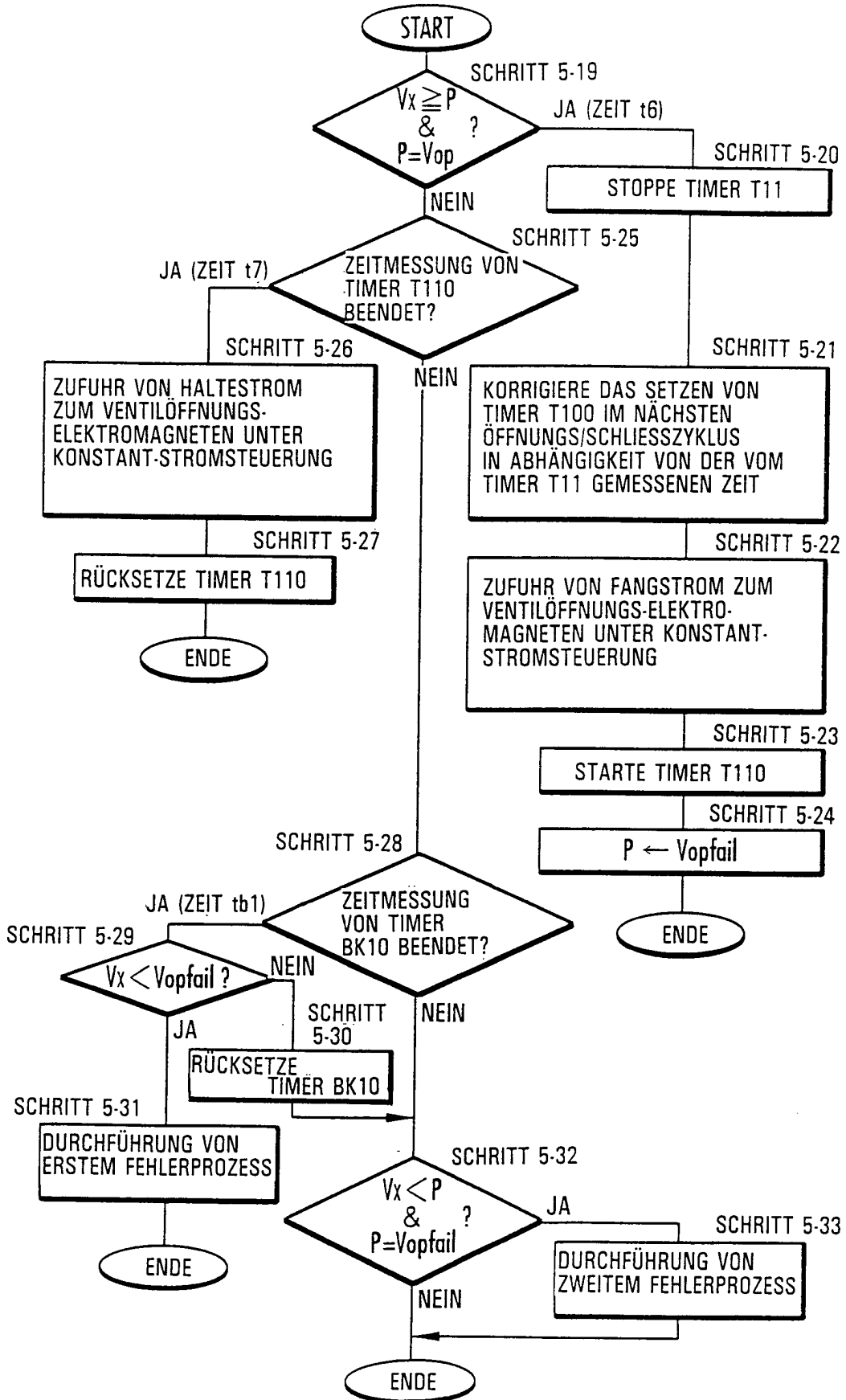


FIG.7
1. UND 3. FEHLERPROZESS

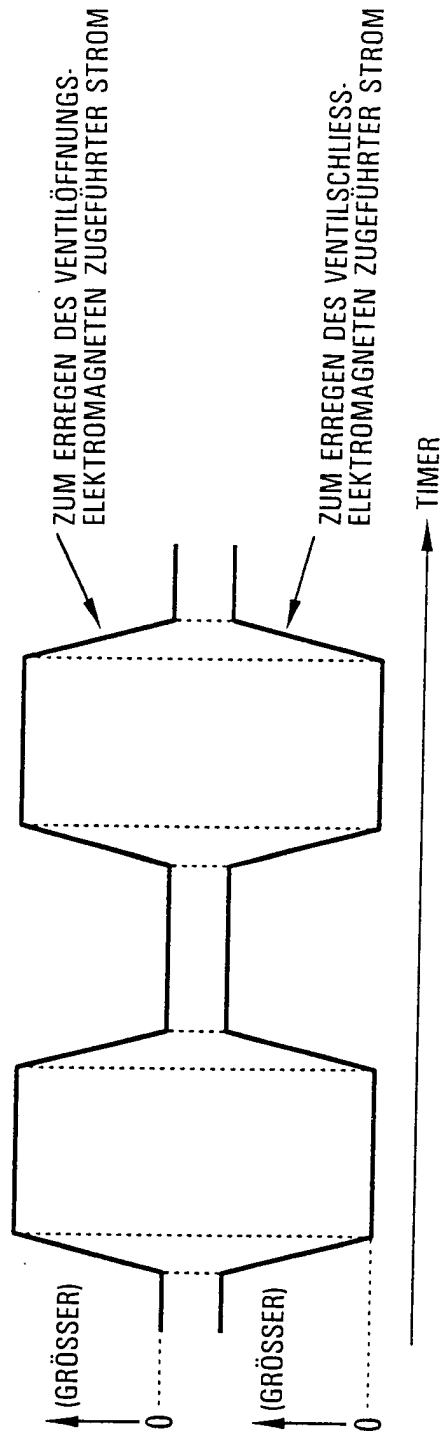


FIG. 8

2. FEHLERPROZESS

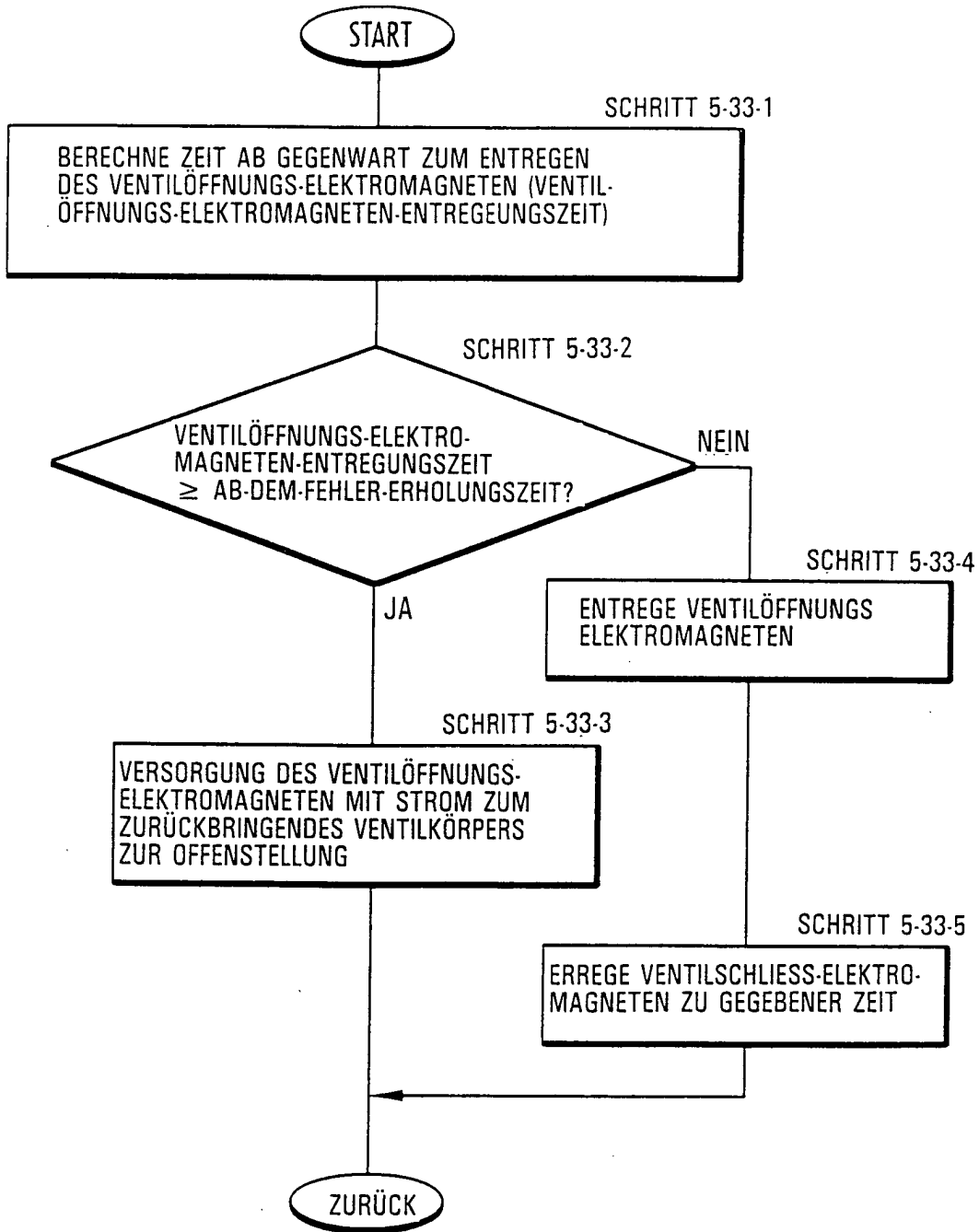


FIG. 9

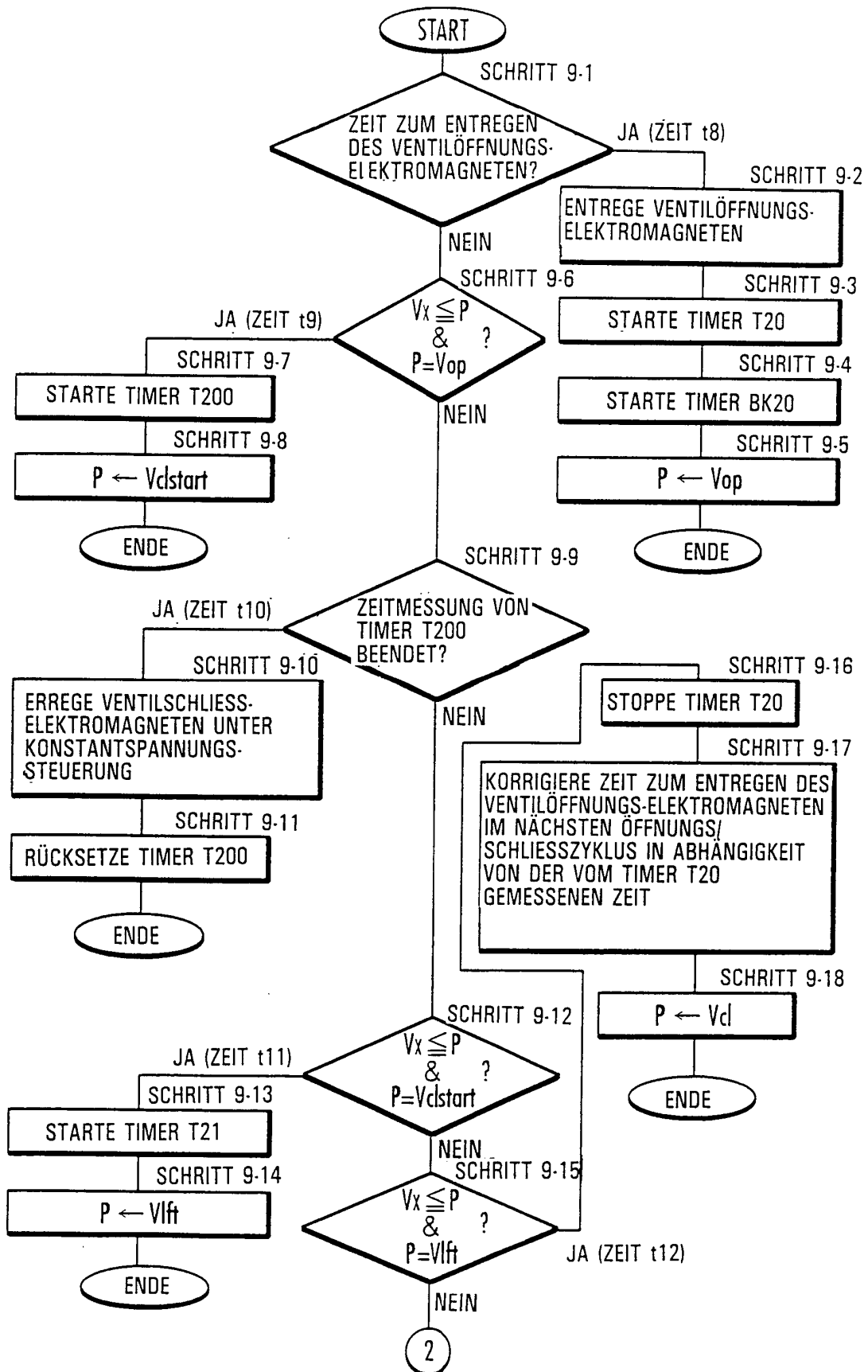


FIG. 10

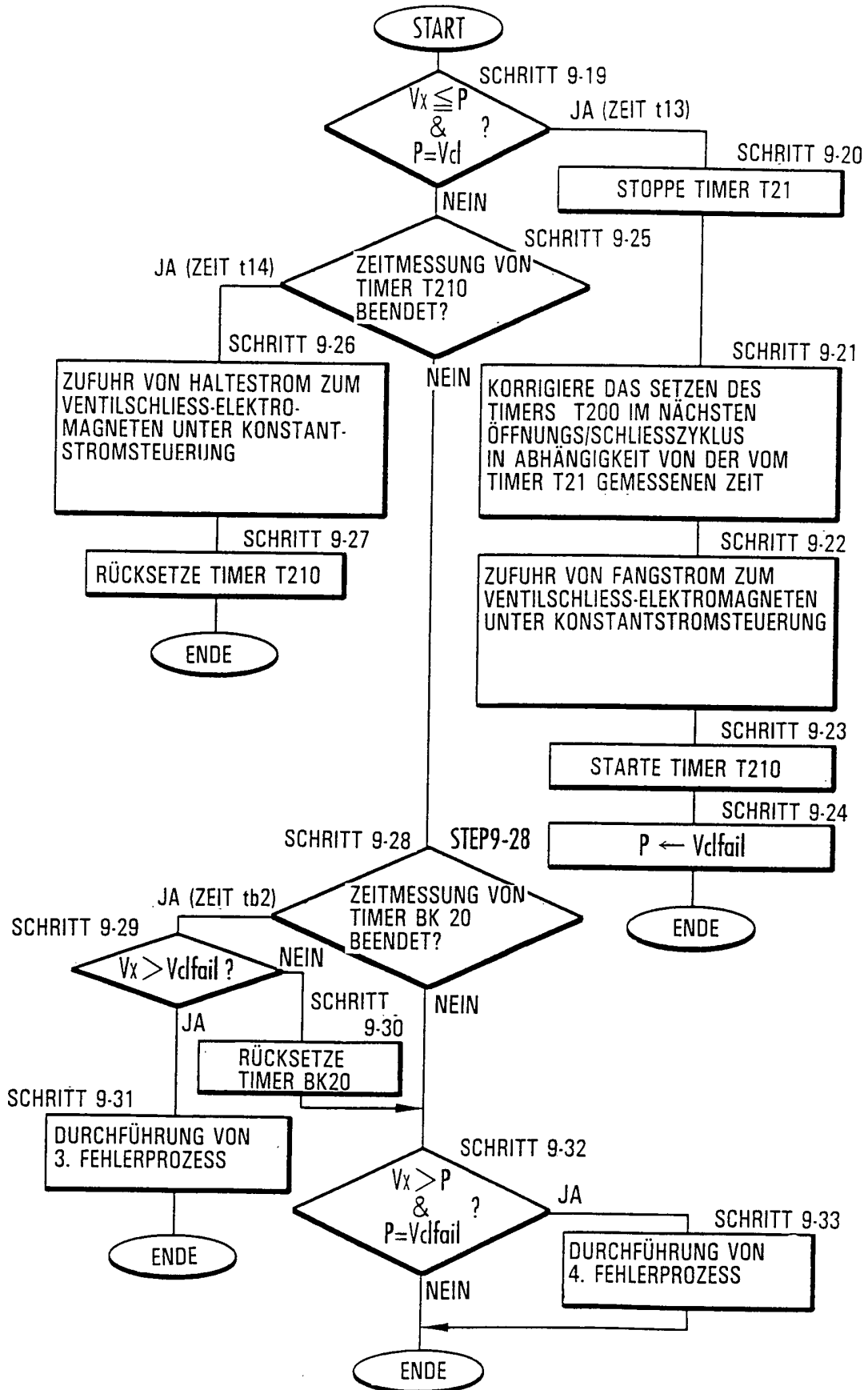


FIG. 11
4. FEHLERPROZESS

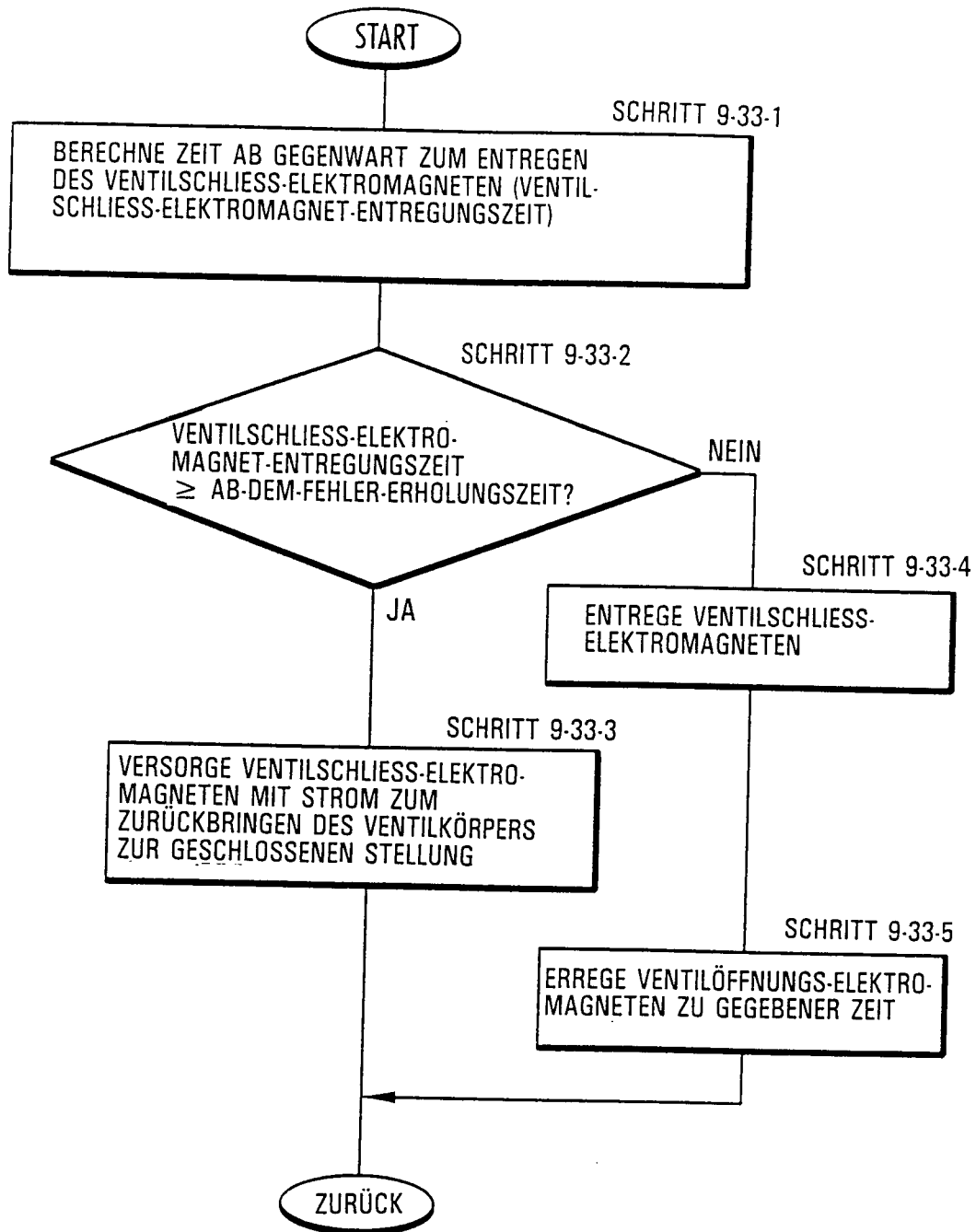


FIG. 12

