



(10) **DE 10 2011 052 137 A1** 2012.02.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 052 137.2**

(22) Anmeldetag: **26.07.2011**

(43) Offenlegungstag: **23.02.2012**

(51) Int Cl.: **G01L 13/00 (2011.01)**

(30) Unionspriorität:

2010-182948 **18.08.2010** **JP**

(74) Vertreter:

**Kuhnen & Wacker Patent- und
Rechtsanwaltsbüro, 85354, Freising, DE**

(71) Anmelder:

**DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref.,
JP**

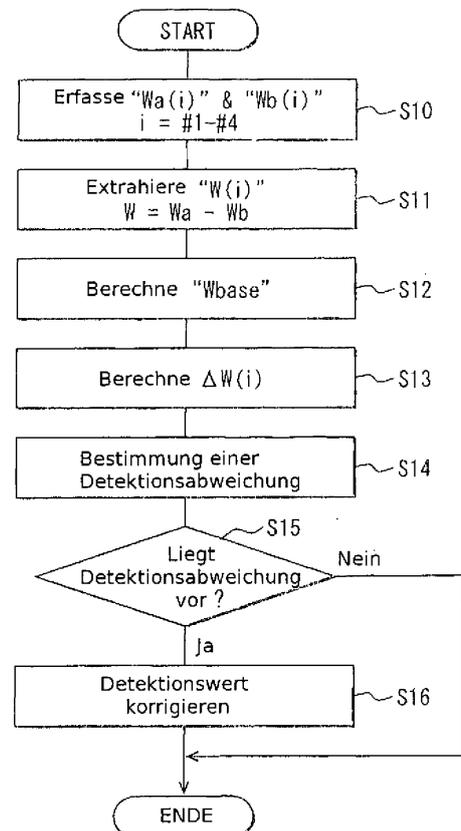
(72) Erfinder:

Takashima, Yoshimitsu, Kariya-shi, Aichi-ken, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung für einen Kraftstoffdrucksensor**

(57) Zusammenfassung: Eine Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung extrahiert eine Einspritzungswellenform (W), die eine Variation des Kraftstoffdrucks aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung anzeigt, durch Subtrahieren einer Nichteinspritzungssensor-Wellenform (W_b) von einer Einspritzungssensor-Wellenform (W_a). Die Vorrichtung berechnet eine Abweichung zwischen einer Referenz-Einspritzungswellenform (W_{base}) und der Einspritzungswellenform, wenn ein erster Zylinder ein Einspritzungszyylinder ist, und ein zweiter Zylinder ein Nichteinspritzungszyylinder ist. Ferner berechnet die Vorrichtung eine Abweichung zwischen der Referenz-Einspritzungswellenform (W_{base}) und der Einspritzungswellenform, wenn ein dritter Zylinder ein Einspritzungszyylinder ist und der erste Zylinder ein Nichteinspritzungszyylinder ist. Basierend auf diesen Abweichungen bestimmt die Vorrichtung, ob eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor (20) vorliegt, der an dem ersten Zylinder vorgesehen ist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung, die bestimmt, ob eine Detektionsabweichung in einem Kraftstoffdrucksensor vorliegt. Der Kraftstoffdrucksensor detektiert eine Variation eines Kraftstoffdrucks aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung durch eine Kraftstoffeinspritzdüse.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Wenn eine Kraftstoffeinspritzdüse einen Kraftstoff in einen Verbrennungsraum eines Motors einspritzt, variiert der Kraftstoffdruck in einer Kraftstoffzuführleitung. Die JP-2009 97385 A offenbart einen Kraftstoffdrucksensor, der für jede der Kraftstoffeinspritzdüsen vorgesehen ist, um eine Änderung bzw. Variation des Kraftstoffdrucks zu detektieren. Basierend auf den Detektionswerten des Kraftstoffdrucksensors wird eine Wellenform, die eine Variation der Einspritzrate anzeigt, geschätzt, so dass ein Ist-Kraftstoffeinspritzzustand, wie z. B. ein Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt, ein Kraftstoffeinspritzungs-Endzeitpunkt, eine Kraftstoffeinspritzmenge und dergleichen, detektiert werden kann. Der Betrieb der Kraftstoffeinspritzdüse wird gemäß dem detektierten Kraftstoffeinspritzzustand gesteuert, so dass ein Antriebszustand eines Verbrennungsmotors optimiert wird.

[0003] Die Detektionswerte des Kraftstoffdrucksensors umfassen eine Druckvariation, die durch eine Kraftstoffpumpe erzeugt wird, und eine Druckvariation aufgrund eines Druckabfalls in einer Common-Rail. In der JP-2009-97385 A werden Detektionswerte von einer Mehrzahl von Kraftstoffdrucksensoren erfasst, von denen ein jeder mit einer Kraftstoffeinspritzdüse versehen ist, in der momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird. Basierend auf diesen Detektionswerten wird eine Nichteinspritzungs-Sensor-Wellenform definiert. Dann wird die Nichteinspritzungs-Sensor-Wellenform von einer Einspritzungswellenform subtrahiert, so dass eine Einspritzungswellenform, die eine Kraftstoffdruckvariation aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung anzeigt, extrahiert wird. Die Einspritzungssensor-Wellenform wird basierend auf den Detektionswerten der Kraftstoffdrucksensoren definiert, die für eine Kraftstoffeinspritzdüse vorgesehen sind, wo derzeit eine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird. Basierend auf der extrahierten Einspritzungswellenform wird eine Wellenform, die eine Variation der Einspritzungsrate anzeigt, geschätzt, um den Kraftstoffeinspritzungsstatus zu detektieren.

[0004] Es besteht jedoch eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors aufgrund einer alterungsbedingten Ver-

schlechterung des Kraftstoffdrucksensors von dem Ist-Kraftstoffdruck abweicht. Die Detektionsgenauigkeit des Kraftstoffeinspritzungsstatus ist somit verringert und der Antriebszustand des Motors kann nicht ausreichend optimiert werden.

[0005] Der Erfinder der vorliegenden Erfindung hat ein Verfahren zum Bestimmen, ob eine Detektionsabweichung vorliegt, untersucht, das wie folgt funktioniert. In einem Fall, in dem keine Detektionsabweichung in einem Kraftstoffdrucksensor vorliegt, ist jede der Nichteinspritzungssensor-Wellenformen, die gleichzeitig detektiert werden, in Bezug auf den jeweiligen Zylinder identisch. Im Hinblick darauf werden drei oder mehr Nichteinspritzungssensor-Wellenformen, die gleichzeitig detektiert werden, erfasst und miteinander verglichen. Wenn eine spezifizierte Nichteinspritzungssensor-Wellenform sich von der anderen Nichteinspritzungssensor-Wellenform unterscheidet, kann bestimmt bzw. festgestellt werden, dass eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor, der an einem spezifizierten Zylinder vorgesehen ist, vorliegt.

[0006] In dem vorstehenden Verfahren zum Bestimmen der Detektionsabweichung ist es jedoch erforderlich, drei oder mehr Nichteinspritzungssensor-Wellenformen gleichzeitig zu erhalten bzw. zu erfassen. Wenn nur zwei Nichteinspritzungssensor-Wellenformen erhalten bzw. erfasst werden und jede von ihnen unterschiedlich ist, ist unmöglich zu bestimmen, welcher Kraftstoffdrucksensor eine Detektionsabweichung aufweist.

[0007] Um hingegen eine Einspritzungswellenform zu extrahieren, genügt es, wenn eine einzige Nichteinspritzungssensor-Wellenform neben einer Einspritzungssensor-Wellenform erhalten bzw. erfasst wird. Somit genügt es, wenn eine elektronische Steuerungseinheit (ECU) mit zwei Kraftstoffdrucksensoren gleichzeitig kommunizieren kann. In dem vorstehenden Verfahren besteht aber für die ECU die Notwendigkeit, mit drei oder mehr Kraftstoffdrucksensoren gleichzeitig zu kommunizieren, wodurch die Anforderung an die Kommunikationsverarbeitungskapazität der ECU ansteigt.

Kurzfassung der Erfindung

[0008] Die vorliegende Erfindung ist angesichts der vorstehenden Problematik entwickelt worden, und es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung für einen Kraftstoffdrucksensor zu schaffen, der bestimmen kann, ob eine Detektionsabweichung in einem Kraftstoffdrucksensor vorliegt, ohne dass die Anforderungen an die Kommunikationsverarbeitungskapazität einer Steuerungseinheit erhöht sind.

[0009] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung für einen Kraftstoffdrucksensor auf ein Kraftstoffeinspritzungssystem angewendet, das mit einer Mehrzahl von Kraftstoffeinspritzdüsen, die jeweils für einen jeweiligen Zylinder eines mehrzylindrigen Motors vorgesehen sind, einem Akkumulator, der einen Kraftstoff ansammelt, der von einer Kraftstoffpumpe den Kraftstoffeinspritzdüsen zugeführt wird, und einer Mehrzahl von Kraftstoffdrucksensoren versehen ist, die jeweils für einen jeweiligen Zylinder zum Detektieren einer Variation eines Kraftstoffdrucks vorgesehen sind, der in einer Kraftstoffzufuhrleitung von einem Auslass des Akkumulators zu einer Einspritzöffnung der Kraftstoffeinspritzdüse entsteht.

[0010] Die Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung beinhaltet eine Einspritzungssensor-Wellenform-Erhalteinrichtung zum Erfassen einer Einspritzungssensor-Wellenform, die durch den Kraftstoffdrucksensor detektiert wird, der für einen Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan eine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird; eine Nichteinspritzungssensor-Wellenform-Erhalteinrichtung zum Erfassen einer Nichteinspritzungssensor-Wellenform, die durch den Kraftstoffdrucksensor detektiert wird, der für einen Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird; und eine Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung zum Erfassen der Einspritzungssensor-Wellenform und der Nichteinspritzungssensor-Wellenform, die gleichzeitig durch andere Kraftstoffdrucksensoren detektiert werden, und zum Extrahieren einer Einspritzungswellenform, die eine Variation des Kraftstoffdrucks aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung anzeigt, durch Subtrahieren der Nichteinspritzungssensor-Wellenform von der Einspritzungssensor-Wellenform.

[0011] Von einer Mehrzahl der Zylinder eines mehrzylindrigen Motors ist ein beliebiger der Zylinder als einer erster Zylinder definiert, ein weiterer als ein zweiter Zylinder definiert und noch ein weiterer als ein dritter Zylinder definiert. In diesem Fall beinhaltet die Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung: eine erste Abweichungsberechnungseinrichtung zum Berechnen einer Abweichung zwischen einer Referenz-Einspritzungswellenform und der Einspritzungswellenform, die durch die Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung extrahiert wird, wenn ein erster Zylinder ein Einspritzungszylinder ist, in dem momentan eine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird, und ein zweiter Zylinder ein Nichteinspritzungszylinder ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird; eine zweite Abweichungsberechnungseinrichtung zum Berechnen einer Abweichung zwischen der Referenzeinspritzungswellenform und der Einspritzungswellenform, die durch die Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung extrahiert wird, wenn ein dritter Zy-

linder ein Einspritzungszylinder ist, in dem eine Kraftstoffeinspritzung momentan durchgeführt wird, und der erste Zylinder ein Nichteinspritzungszylinder ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung ausgeführt wird; und eine Detektionsabweichungs-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen, ob eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor vorliegt, der für den ersten Zylinder vorgesehen ist, basierend auf den Abweichungen, die durch die erste Abweichungsberechnungseinrichtung und die zweite Abweichungsberechnungseinrichtung berechnet werden.

[0012] Unter Bezugnahme auf [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) wird ein Betrieb der vorliegenden Erfindung in einem Fall beschrieben, in dem ein Verbrennungsmotor vier Zylinder (#1, #2, #3, #4) aufweist.

[0013] Angenommen, der Zylinder #1 ist als der erste Zylinder definiert, so ist Zylinder #2 als der zweite Zylinder definiert und Zylinder #3 als der dritte Zylinder definiert. Wenn die Kraftstoffeinspritzdüse #1 des Zylinders #1 den Kraftstoff einspritzt, wie in [Fig. 5A](#) gezeigt ist, wird die Einspritzungswellenform „W(#1-2)“ durch Subtrahieren der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#2)“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#1)“ extrahiert. Wenn die Kraftstoffeinspritzdüse #3 des Zylinders #3 den Kraftstoff einspritzt, wie in [Fig. 5B](#) gezeigt ist, wird die Einspritzungswellenform „W(#3-1)“ durch Subtrahieren der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#1)“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#3)“ extrahiert.

[0014] Wenn ein Kraftstoffdrucksensor, der für den Zylinder #1 vorgesehen ist, eine Detektionsabweichung aufweist, weisen zwei extrahierte Einspritzungswellenformen „W(#1-2)“ und „W(#3-1)“ Abweichungen relativ zu der Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ auf. Es kommt aber nicht vor, dass nur eine der Einspritzungswellenformen „W(#1-2)“ und „W(#3-2)“ eine Abweichung aufweist.

[0015] Der vorstehende Betrieb weist Ähnlichkeiten zu dem Fall auf, in dem der Zylinder #4 als der erste Zylinder definiert ist, der Zylinder #3 als der zweite Zylinder definiert ist und der Zylinder #2 als der dritte Zylinder definiert ist. Wenn die Kraftstoffeinspritzdüse #4 des Zylinders #4 den Kraftstoff einspritzt, wie in [Fig. 5C](#) gezeigt ist, wird die Einspritzungswellenform „W(#4-3)“ extrahiert, indem die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#3)“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#4)“ subtrahiert wird. Wenn die Kraftstoffeinspritzdüse #2 des Zylinders #2 den Kraftstoff einspritzt, wie in [Fig. 5D](#) gezeigt ist, wird die Einspritzungswellenform „W(#2-4)“ extrahiert, in dem die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#4)“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#2)“ subtrahiert wird.

[0016] Wenn ein Kraftstoffdrucksensor, der für den Zylinder #4 vorgesehen ist, eine Detektionsabweichung aufweist, weisen die beiden extrahierten Einspritzungswellenformen „W(#4-3)“ und „W(#2-4)“ Abweichungen relativ zu der Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ auf. Es kommt nicht vor, dass nur eine der Einspritzungswellenformen „W(#4-3)“ und „W(#2-4)“ eine Abweichung aufweist.

[0017] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann dadurch, dass die Einspritzungssensor-Wellenform und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform, die gleichzeitig durch unterschiedliche Kraftstoffdrucksensoren detektiert werden, erfasst werden, bestimmt werden, welcher Kraftstoffdrucksensor eine Detektionsabweichung aufweist. Somit kann ohne Erhöhung der Verarbeitungskapazität eines Computers bestimmt werden, ob ein Kraftstoffdrucksensor eine Detektionsabweichung aufweist. Es ist zu beachten, dass die vorliegende Erfindung auf einen mehrzylindrigen Motor mit drei oder mehr Zylindern angewendet werden kann. Die vorliegende Erfindung kann z. B. auf einen vierzylindrigen Motor oder einen achtzylindrigen Motor angewendet werden.

[0018] Zudem kann gemäß der vorliegenden Erfindung wie folgt bestimmt werden, ob der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors in einer Plusrichtung oder einer Minusrichtung abweicht.

[0019] In dem Fall, dass die Einspritzungswellenform „W(#1-2)“, die in **Fig. 5A** gezeigt ist, und die Einspritzungswellenform „W(#3-1)“, die in **Fig. 5B** gezeigt ist, extrahiert werden, wenn der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors, der für den Zylinder #1 vorgesehen ist, in der Minusrichtung abweicht, wie durch „Wa(#1)“ und „Wb(#1)“ gekennzeichnet ist, ist die Abweichung der Einspritzungswellenform „W(#1-2)“ relativ zu der Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ ein Minuswert und die Abweichung der Einspritzungswellenform „W(#3-1)“ ein Pluswert.

[0020] Da im Hinblick darauf gemäß der vorliegenden Erfindung bestimmt wird, ob der Kraftstoffdrucksensor, der für den Zylinder #1 vorgesehen ist, eine Detektionsabweichung aufweist, die auf der Abweichung ($W_{base} - W(\#1-2)$), die durch die erste Abweichungsberechnungseinrichtung berechnet wird, und der Abweichung ($W_{base} - W(\#3-1)$) basiert, die durch die zweite Abweichungsberechnungseinrichtung berechnet wird, kann bestimmt werden, ob der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors, der für den ersten Zylinder vorgesehen ist, in einer Plusrichtung oder einer Minusrichtung abweicht.

Kurzbeschreibung der Zeichnung

[0021] Weitere Aspekte, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachstehenden Beschreibung unter Bezugnahme auf die bei-

gefügte Zeichnung, in der identische Elemente mit identischen Bezugszeichen bezeichnet sind, näher erläutert. Es zeigen:

[0022] **Fig. 1** ein Konstruktionsdiagramm, das eine Skizzierung eines Kraftstoffeinspritzungssystems, an dem eine Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung montiert ist, gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0023] **Fig. 2A** ein Diagramm, das ein Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal an einer Kraftstoffeinspritzdüse zeigt;

[0024] **Fig. 2B** ein Diagramm, das eine Einspritzratenwellenform zeigt, die eine Variation der Kraftstoffeinspritzrate anzeigt;

[0025] **Fig. 2C** ein Diagramm, das eine Druckwellenform zeigt, die eine Variation eines Detektionsdrucks anzeigt, der durch einen Kraftstoffdrucksensor detektiert wird;

[0026] **Fig. 3A** und **Fig. 3B** Diagramme zur Erläuterung einer Verarbeitung zum Erfassen einer Einspritzungswellenform „W“ durch Subtrahieren einer Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ von einer Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“;

[0027] **Fig. 4A** und **Fig. 4B** Zeitdiagramme, die eine Schaltreihenfolge für den Empfang von Detektionswerten von einer Mehrzahl von Kraftstoffdrucksensoren zeigt;

[0028] **Fig. 5A** bis **Fig. 5D** Diagramme, die eine Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und eine Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb2“ zeigen;

[0029] **Fig. 6** ein Flussdiagramm, das eine Verarbeitung zum Bestimmen, ob ein Kraftstoffdrucksensor eine Detektionsabweichung basierend auf den Sensorwellenformen „Wa“ und „B2“ aufweist; und

[0030] **Fig. 7** eine Bestimmungstabelle, die in der Verarbeitung verwendet wird, die in **Fig. 6** gezeigt ist.

Ausführliche Beschreibung der Ausführungsformen

[0031] Nachstehend wird eine Ausführungsform einer Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung für einen Kraftstoffdrucksensor gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Eine Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung wird auf einen Verbrennungsmotor (Dieselmotor) mit vier Zylindern #1–#4 angewendet.

[0032] **Fig. 1** ist eine schematische Ansicht, die Kraftstoffeinspritzzylinder **10**, die für jeden Zylinder vorgesehen sind, einen Kraftstoffdrucksensor **20**, der die jeweiligen Kraftstoffeinspritzdüsen vorgese-

hen ist, eine elektronische Steuerungseinheit (ECU) **30** und dergleichen zeigt. Diese ECU **30** entspricht einer Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung. Zunächst wird ein Kraftstoffeinspritzungssystem des Motors erläutert, das die Kraftstoffeinspritzdüse **10** beinhaltet. Ein Kraftstoff in einem Kraftstofftank **40** wird durch eine Hochdruckpumpe **41** gepumpt und in einer Common-Rail (Akkumulator) **42** gespeichert, um so einer jeden Kraftstoffeinspritzdüse **10** zugeführt zu werden (#1-#4). Die Kraftstoffeinspritzdüsen **10** (#1-#4) führen die Kraftstoffeinspritzungen nacheinander in einer vorbestimmten Reihenfolge aus. Die Hochdruckpumpe **41** ist eine Plungerkolbenpumpe, die einen Hochdruckkraftstoff intermittierend abführt.

[0033] Die ECU **30** steuert einen Kraftstoffdruck in der Common-Rail **42** wie folgt. Der Kraftstoffdruck in der Common-Rail **42** wird nachstehend als ein Common-Rail-Druck bezeichnet. Die ECU **30** berechnet einen Soll-Common-Rail-Druck basierend auf einer Motorlast und einer Motordrehzahl, und unterzieht die Hochdruckpumpe **41** einer Rückkopplungsregelung derart, dass ein Ist-Common-Rail-Druck mit dem Soll-Common-Rail-Druck übereinstimmt. Der Ist-Common-Rail-Druck entspricht einem Druck in einer Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“, auf die in der Beschreibung später eingegangen wird.

[0034] Die Kraftstoffeinspritzdüse **10** besteht aus einem Gehäuse **11**, einer Nadel (einem Ventilgehäuse) **12**, einem Aktor **13** und dergleichen. Das Gehäuse **11** definiert eine Hochdruckleitung **11a** und eine Einspritzöffnung **11b**. Die Nadel **12** ist in dem Gehäuse **11** untergebracht, um die Einspritzungsöffnung **11b** zu öffnen/zuschließen.

[0035] Das Gehäuse **11** definiert eine Gegendruckkammer **11c**, mit der die Hochdruckleitung **11a** und eine Niederdruckleitung **11d** kommunizieren. Ein Steuerventil **14** schaltet zwischen der Hochdruckleitung **11a** und der Niederdruckleitung **11d**, so dass die Hochdruckleitung **11a** mit der Gegendruckkammer **11c** kommuniziert oder die Niederdruckleitung **11d** mit der Gegendruckkammer **11c** kommuniziert. Wenn der Aktor **13** erregt wird und das Steuerventil **14** sich in [Fig. 1](#) nach unten bewegt, kommuniziert die Gegendruckkammer **11c** mit der Niederdruckleitung **11d**, so dass der Kraftstoffdruck in der Gegendruckkammer **11c** verringert wird. Folglich wird der auf die Nadel (Ventilkörper) angewendete Gegendruck so verringert, dass die Nadel **12** geöffnet wird. Wenn hingegen der Aktor **13** nicht mehr erregt wird und das Steuerventil **14** sich nach oben bewegt, kommuniziert die Gegendruckkammer **11c** mit der Hochdruckleitung **11a**, so dass der Kraftstoffdruck in der Gegendruckkammer **11c** ansteigt. Folglich wird der auf das Nadelventilgehäuse **12** angewendete Gegendruck erhöht, so dass das Nadelventilgehäuse **12** geschlossen wird.

[0036] Die ECU **30** steuert den Aktor **30**, um das Nadelventilgehäuse **12** anzutreiben. Wenn die Nadel **12** die Einspritzöffnung **11b** öffnet, wird der Hochdruck-Kraftstoff in der Hochdruckleitung **11a** in einen Verbrennungsraum (nicht gezeigt) des Motors eingespritzt. Die ECU **30** weist einen Mikrocomputer auf, der einen Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand berechnet, wie z. B. einen Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt, einen Kraftstoffeinspritzungs-Endzeitpunkt, eine Kraftstoffeinspritzungsmenge und dergleichen, basierend auf einer Motordrehzahl, einer Motorlast und dergleichen. Die ECU **30** überträgt ein Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal an den Aktor **13**, um das Nadelventilgehäuse **12** derart anzutreiben, dass der vorstehende Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand erreicht wird.

[0037] Der Mikrocomputer speichert z. B. eine optimalen Kraftstoffeinspritzungszustand (Anzahl der Stufen der Kraftstoffeinspritzung, Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt, Kraftstoffeinspritzungs-Endzeitpunkt, Kraftstoffeinspritzungsmenge und dergleichen) in Bezug auf die Motorlast und die Motordrehzahl als ein Kraftstoffeinspritzungszustands-Kennfeld. Dann wird basierend auf der aktuellen Motorlast und der Motordrehzahl der Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand im Hinblick auf das Kraftstoffeinspritzungszustands-Kennfeld berechnet. Dann wird basierend auf dem berechneten Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand das Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal, das durch „t1“, „t2“, „Tq“ dargestellt wird, erstellt. Das Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal, das dem Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand entspricht, wird z. B. in einem Befehlskennfeld gespeichert. Basierend auf dem berechneten Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand wird das Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal im Hinblick auf das Befehlskennfeld erstellt. Wie vorstehend beschrieben, wird gemäß der Motorlast und der Motordrehzahl das Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal erstellt und von der ECU **30** an die Einspritzdüse **10** ausgegeben.

[0038] Zu beachten wäre, dass der Ist-Kraftstoffeinspritzungszustand relativ zu dem Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal aufgrund einer alterungsbedingten Verschlechterung der Kraftstoffeinspritzdüse **18**, wie z. B. eines Verschleißens der Einspritzöffnung **11b**, variiert. Somit wird die Einspritzratenwellenform basierend auf der Druckwellenform berechnet, die durch den Kraftstoffdrucksensor **20** detektiert wird, so dass der Kraftstoffeinspritzungszustand detektiert wird. Eine Korrelation zwischen dem detektierten Kraftstoffeinspritzungszustand und dem Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal (Puls-Ein-Zeitpunkt t1, Puls-Aus-Zeitpunkt t2 und Puls-Ein-Zeitspanne Tq) wird erlernt. Basierend auf diesem Lernergebnis wird das Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal, das in dem Befehlskennfeld gespeichert wird, korrigiert. Somit kann der Kraftstoffeinspritzungszustand genau gesteuert werden, so dass der Ist-Kraft-

stoffeinspritzungszustand mit dem Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand übereinstimmt.

[0039] Nachstehend wird eine Struktur des Kraftstoffdrucksensors **20** beschrieben. Der Kraftstoffdrucksensor **20** beinhaltet einen Schaft (Ladezelle), ein Druckensorelement **22** und eine eingeformte IC **23**. Der Schaft **21** ist an dem Gehäuse **11** vorgesehen. Der Schaft **21** weist eine Membran **21a** auf, die sich im Ansprechen auf einen Hochdruckkraftstoff in der Hochdruckleitung **11a** elastisch verformt. Das Druckensorelement **11** ist auf der Membran **21a** angeordnet, um ein Druckdetektionssignal abhängig von einer elastischen Verformung der Membran **21a** auszugeben.

[0040] Die eingeformte IC **23** beinhaltet eine Verstärkerschaltung, die ein Druckdetektionssignal verstärkt, das von dem Druckensorelement **22** übertragen wird, und beinhaltet eine Sendeschaltung **23a**, die das Druckdetektionssignal zwischen der ECU **30** und dem Druckensorelement **22** überträgt. Ein Verbinder **15** ist an dem Gehäuse **11** vorgesehen. Die eingeformte IC **23**, der Aktor **13** und die ECU **30** sind über einen mit dem Verbinder **15** verbundenen Kabelbaum **16** elektrisch verbunden.

[0041] Wenn die Kraftstoffeinspritzung gestartet wird, beginnt der Kraftstoffdruck in der Hochdruckleitung **11** abzunehmen. Wenn die Kraftstoffeinspritzung beendet ist, beginnt der Kraftstoffdruck in der Hochdruckleitung **11a** zuzunehmen. Das heißt, dass eine Variation des Kraftstoffdrucks und eine Variation der Einspritzrate eine Korrelation zueinander aufweisen, so dass die Variation der Einspritzrate (Ist-Kraftstoffeinspritzungszustand) anhand der Variation des Kraftstoffdrucks detektiert werden kann. Das Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal wird so korrigiert, dass der detektierte Ist-Kraftstoffeinspritzungszustand mit dem Soll-Kraftstoffeinspritzungszustand übereinstimmt. Dadurch kann der Kraftstoffeinspritzungszustand mit hoher Genauigkeit gesteuert werden.

[0042] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** bis **Fig. 2C** wird nachstehend eine Korrelation zwischen der Druckwellenform, die durch den Kraftstoffdrucksensor **20** detektiert wird, und der Einspritzratenwellenform erläutert.

[0043] **Fig. 2A** zeigt ein Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal, das die ECU **30** an den Aktor **13** ausgibt. Basierend auf dem Kraftstoffeinspritzungs-Befehlssignal wird der Aktor **13** betätigt, um die Einspritzöffnung **11b** zu öffnen. Das heißt, dass die Kraftstoffeinspritzung an einem Puls-Ein-Zeitpunkt „t1“ des Einspritzbefehlssignals gestartet wird, und die Kraftstoffeinspritzung an einem Puls-Aus-Zeitpunkt „t2“ des Einspritzbefehlssignals beendet wird. Während einer Zeitspanne „Tq“ vom Zeitpunkt „t1“ bis zum Zeitpunkt

„t2“ ist die Einspritzöffnung **11b** geöffnet. Durch Steuern der Zeitspanne „Tq“ wird die Kraftstoffeinspritzmenge „Q“ gesteuert.

[0044] **Fig. 2B** zeigt eine Einspritzratenwellenform, die eine Variation der Kraftstoffeinspritzungsrate darstellt, und **Fig. 2C** zeigt eine Druckwellenform (Einspritzdüsen-Sensor-Wellenform), die eine Variation des Detektionsdrucks darstellt, der durch den Kraftstoffdrucksensor **20** detektiert wird. Da die Einspritzsensorenwellenform und die Einspritzratenwellenform eine Korrelation zueinander aufweisen, auf die nachstehend in der Beschreibung eingegangen wird, kann die Einspritzratenwellenform anhand der detektierten Einspritzsensorenwellenform geschätzt werden.

[0045] Das heißt, dass, wie in **Fig. 2A** gezeigt ist, nachdem das Einspritzbefehlssignal zum Zeitpunkt „t1“ angestiegen ist, die Kraftstoffeinspritzung gestartet wird und die Einspritzrate zum Zeitpunkt „R1“ anzusteigen beginnt. Wenn eine Verzögerungszeit „C1“ verstrichen ist, nachdem der Zeitpunkt „R1“ verstrichen ist, beginnt der Detektionsdruck an einem Punkt „P1“ abzunehmen. Wenn dann die Einspritzrate die maximale Einspritzrate zu einem Zeitpunkt „R2“ erreicht, wird der Detektionsdruckabfall an einem Punkt „P2“ gestoppt. Wenn die Einspritzrate beginnt, an einem Zeitpunkt „R3“ abzunehmen, beginnt der Detektionsdruck am Punkt „P3“ zuzunehmen. Wenn danach die Einspritzrate den Wert null erreicht, und die Ist-Kraftstoffeinspritzung zu einem Zeitpunkt „R4“ beendet wird, wird der Anstieg des Detektionsdrucks am Punkt „P5“ gestoppt.

[0046] Wie vorstehend erläutert wurde, weisen die Einspritzungssensor-Wellenform und die Einspritzraten-Wellenform eine hohe Korrelation zueinander auf. Da die Einspritzratenwellenform den Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt (R1), den Kraftstoffeinspritzungs-Endzeitpunkt (R4) und die Kraftstoffeinspritzungsmenge (Fläche eines schraffierten Bereichs in **Fig. 2B**) darstellt, kann der Kraftstoffeinspritzungszustand durch Umwandeln der Einspritzungssensor-Wellenform (oder einer Einspritzungswellenform „W“, die nachstehend beschrieben wird) in eine Einspritzratenwellenform detektiert werden.

[0047] Der Druck eines Kraftstoffs, der von der Common-Rail **42** auf die Kraftstoffeinspritzdüse **10** verteilt wird, kann jederzeit variieren. Eine durchgehende Linie in **Fig. 3A** zeigt eine Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“, und eine gestrichelte Linie zeigt einen verteilten Zuführdruck „Wb“, der gleichzeitig mit der Einspritzungssensorausgabe detektiert wird. Die Variation des verteilten Zuführdrucks wird durch Verwendung eines Kraftstoffdrucksensors **20** detektiert, der an einem Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan kein Kraftstoff geführt wird. In einem Fall z. B., in dem die der #1 zugeordnete Kraftstoffeinspritzdüse **10**, die an dem Zylinder #1 vorgesehen ist, mo-

mentan Kraftstoff einspritzt, und die der #2 zugeordnete Kraftstoffeinspritzdüse **10**, die für den Zylinder #2 vorgesehen ist, momentan keinen Kraftstoff einspritzt, entspricht der Detektionsdruck des Kraftstoffdrucksensors **20**, der am Zylinder #1 vorgesehen ist, der Einspritzsensorwellenform „Wa“. Der Detektionsdruck des Kraftstoffdrucksensors, der am Zylinder #2 vorgesehen ist, entspricht einer Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“.

[0048] Da der verteilte Zuführdruck zusammen mit einer Kraftstoffzufuhr von der Common-Rail **42** zu der Kraftstoffeinspritzdüse **10** abnimmt, nimmt auch die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „WB“, die in [Fig. 3A](#) gezeigt ist, nach dem Start der Kraftstoffeinspritzung allmählich ab. Wenn darüber hinaus die Hochdruckpumpe **41** den Kraftstoff während einer Kraftstoffeinspritzungszeitspanne zuführt, wird der verteilte Zuführdruck selbst während der Kraftstoffeinspritzzeitspanne erhöht.

[0049] Da die Einspritzsensorwellenform „Wa“ von der Variation des verteilten Zuführdrucks (Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“) beeinflusst wird, kann ein solcher Einfluss des verteilten Zuführdrucks von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ durch Subtrahieren der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ entfernt werden. Eine in [Fig. 3B](#) gezeigte, durchgezogene Linie zeigt eine solche korrigierte Einspritzungssensor-Wellenform, die einer Einspritzungswellenform „W“ entspricht, die eine Kraftstoffdruckvariation aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung anzeigt.

[0050] Die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“, die in [Fig. 2C](#) gezeigt ist, ist eine Wellenform, in der von keiner Variation des verteilten Zuführdrucks ausgegangen wird. Das heißt, dass davon ausgegangen wird, dass die Einspritzungswellenform „W“ mit der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ identisch ist.

[0051] Die Beschreibung befasst sich nun mit einer Kommunikation zwischen der ECU **30** und #1–#4 der Kraftstoffdrucksensoren **20**. Jeder der Kraftstoffdrucksensoren **20** ist mit der ECU **30** über #1–#4 der Kabelbäume **16** elektrisch verbunden. Eine Kommunikationsschaltung **31** der ECU **30** kann mit einer Kommunikationsschaltung **23a**, die für jeden Kraftstoffdrucksensor **20** vorgesehen ist, bidirektional kommunizieren. Zu beachten ist, dass die Kommunikationsschaltung **31** der ECU **30** Signale von nur zwei der Kraftstoffdrucksensoren **20** gleichzeitig empfangen kann. Das heißt, dass die Kommunikationsschaltung **31** die Detektionssignale von zwei Kraftstoffdrucksensoren **20** empfängt, die aus vier Kraftstoffdrucksensoren **20** ausgewählt werden.

[0052] Einer der ausgewählten Kraftstoffdrucksensoren **20** entspricht dem Kraftstoffdrucksensor **20**,

der an einem Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan eine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird. Die Wellenform, die durch die Detektionswerte des Kraftstoffdrucksensors **20** definiert wird, der an dem Zylinder vorgesehen ist, in dem die Kraftstoffeinspritzung momentan durchgeführt wird, entspricht der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“. Die Wellenform, die durch die Detektionswerte des anderen ausgewählten Kraftstoffdrucksensors **20** definiert wird, der an dem Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird, entspricht der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“.

[0053] Wie in [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) gezeigt ist, wird ein Paar von ausgewählten Kraftstoffdrucksensoren **20** auf ein weiteres Paar von Kraftstoffsensoren **20** geschaltet, so dass die Kommunikationsschaltung **31** die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ von den ausgewählten Kraftstoffdrucksensoren **20** nacheinander empfangen kann. [Fig. 4A](#) ist ein Zeitdiagramm zur Erläuterung einer Veränderung der ausgewählten Kraftstoffdrucksensoren. In diesem Zeitdiagramm stellt die Achse die Ordinaten #1, #3, #4, #2 der Kraftstoffdrucksensoren **20** in dieser Reihenfolge von oben dar. Die Abszissen stellen die verstrichene Zeit dar, in der ein Verbrennungszyklus wiederholt in den Zylindern #1, #3, #4, #2, #1 ... in dieser Reihenfolge ausgeführt wird.

[0054] Während der Zeitspanne „A1“ und „A2“ werden die Detektionswerte nacheinander von dem #1 zugeordneten Kraftstoffsensoren **20** erhalten. Während der Zeitspanne „A1“ befindet sich Zylinder #1 im Arbeitshub. Während der Zeitspanne „A2“ befindet sich Zylinder #1 im Auslasshub. Während der Zeitspannen „A3“ und „A4“ werden die Detektionswerte nacheinander von dem #4 zugeordneten Kraftstoffdrucksensoren **20** erhalten. Während der Zeitspanne „A3“ befindet sich Zylinder #4 im Arbeitshub. Während der Zeitspanne „A4“ befindet sich der Zylinder #4 im Auslasshub. Während der Zeitspannen „B1“ und „B2“ werden die Detektionswerte nacheinander von dem #3 zugeordneten Kraftstoffdrucksensoren **20** erfasst. Während der Zeitspanne „B1“ befindet sich Zylinder #3 im Arbeitshub. Während der Zeitspanne „B2“ befindet sich Zylinder #3 im Auslasshub. Dann werden während der Zeitspannen „B3“ und „B4“ nacheinander von dem #2 zugeordneten Kraftstoffdrucksensoren **20** erfasst. Während der Zeitspanne „B3“ befindet sich der #2 zugewiesene Zylinder in einem Arbeitshub. Während der Zeitspanne „B4“ befindet sich Zylinder #2 im Auslasshub.

[0055] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) sind Diagramme, die eine Kraftstoffdruckvariation in jedem Zylinder entsprechend einem in [Fig. 4](#) gezeigten Verbrennungszyklus zeigen. Wie insbesondere in [Fig. 5A](#) gezeigt ist, wird die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#1)“

des Kraftstoffdrucksensors **20**, der für den Zylinder #1 vorgesehen ist, erfassen, und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#2)“ des Kraftstoffdrucksensors **20**, der für Zylinder #2 vorgesehen ist, wird erfassen, wenn die #1 zugeordnete Kraftstoffeinspritzdüse **10** des Zylinders #1 den Kraftstoff einspritzt.

[0056] Wenn dann, wie in [Fig. 5B](#) gezeigt ist, die #3 zugewiesene Kraftstoffeinspritzdüse **10** des #3 zugewiesenen Zylinders den Kraftstoff einspritzt, wird die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#3)“ des Kraftstoffdrucksensors **20**, der für den #3 zugewiesenen Zylinder vorgesehen ist, erfassen, und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#1)“ des Kraftstoffdrucksensors **20**, der für den #1 zugewiesenen Zylinder vorgesehen ist, wird erfassen. Wenn desgleichen, wie in [Fig. 5C](#) gezeigt ist, die #4 zugewiesene Kraftstoffeinspritzdüse des Zylinders #4 den Kraftstoff einspritzt, werden die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#4)“ in dem #4 zugewiesenen Zylinder und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#3)“ des #3 zugeordneten Zylinders gleichzeitig erfassen. Wenn die #2 zugewiesene Kraftstoffeinspritzdüse des #2 zugewiesenen Zylinders den Kraftstoff einspritzt, wie in [Fig. 5D](#) gezeigt ist, werden die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#2)“ in dem #2 zugewiesenen Zylinder und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#4)“ des Zylinders #4 gleichzeitig erfassen.

[0057] Basierend auf dieser Einspritzungssensorwellenform „Wa“ und der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ wird die vorstehend beschriebene Einspritzungswellenform „W“ extrahiert ($W = Wa - Wb$). Die Einspritzungswellenform „W(#1-2)“, die die Kraftstoffdruckvariation aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung in dem Zylinder #1 anzeigt, wird berechnet, in dem die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb (#2)“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#1)“ subtrahiert wird. Diese Einspritzungswellenform „W(#1-2)“ ist in dem untersten Teil von [Fig. 5A](#) gezeigt. Desgleichen sind die Einspritzungswellenformen „W(#3-1)“, „W(#4-3)“, „W(#2-4)“ in [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#) und [Fig. 5D](#) jeweils ganz unten gezeigt.

[0058] In der in [Fig. 4A](#) gezeigten Ausführungsform wird, nachdem die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ erfassen worden ist, die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ erfassen. Alternativ kann, wie in [Fig. 4B](#) gezeigt ist, nachdem die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ erfassen worden ist, die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ erfasst werden.

[0059] Zu beachten ist, dass der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors **20** von dem Ist-Kraftstoffdruck aufgrund einer alterungsbedingten Verschlechterung des Kraftstoffdrucksensors **20** abweichen kann. Wenn z. B. der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors **20** des Zylinders #1 den Ist-Kraftstoffdruck unterschreitet (Abweichung in der Mi-

nusrichtung), werden die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa(#1)“ und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb(#1)“ des Zylinders #1 durch durchgezogene Linien in den oberen Bereichen in [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) gezeigt. Die durch die gestrichelten Linien gezeigten Wellenformen stellen eine Ist-Kraftstoffdruckvariation dar.

[0060] Wenn eine solche Detektionsabweichung vorliegt, weicht die Einspritzungswellenform „W“ von der Ist-Kraftstoffdruckvariation ab. Die Berechnungsgenauigkeit der Einspritzraten-Wellenform wird verschlechtert, und der Einspritzungszustand kann nicht so genau gesteuert werden, dass er mit dem Soll-Einspritzzustand übereinstimmt.

[0061] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird mittels der vorstehend beschriebenen Sensorwellenformen „Wa“ und „Wb“ wie folgt bestimmt, ob eine Detektionsabweichung des Kraftstoffdrucksensors **20** vorliegt. [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm, das eine Verarbeitung der vorstehenden Bestimmung zeigt, die in einem bestimmten Zeitintervall immer wieder ausgeführt wird.

[0062] In Schritt S10 (Einspritzungssensor-Wellenform-Erhalteeinrichtung, Nichteinspritzungssensor-Wellenform-Erhalteeinrichtung) werden die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ nacheinander erhalten bzw. erfassen. In Schritt S11 (Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung) wird die Einspritzungswellenform „W“ durch Subtrahieren der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ von der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ extrahiert.

[0063] In Schritt S12 wird eine Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ berechnet. Diese Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ ist eine Einspritzungswellenform, in der keine Detektionsabweichung auftritt. So wird z. B. ein Durchschnitt der nacheinander erhaltenen bzw. erfassten Einspritzungswellenformen „W(#1-2)“, „W(#3-1)“, „W(#4-3)“ und „W(#2-4)“ berechnet. Die Durchschnittswellenform ist als eine Referenzeinspritzungswellenform „Wbase“ definiert.

[0064] In Schritt S13 wird die Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ von den Einspritzungswellenformen „W(#1-2)“, „W(#3-1)“, „W(#4-3)“ bzw. „W(#2-4)“ subtrahiert, wodurch Abweichungen $\Delta W(\#1-2)$, $\Delta W(\#3-1)$, $\Delta W(\#4-3)$ und $\Delta W(\#2-4)$ der Einspritzungswellenform „W“ relativ zu der Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ berechnet werden. Da in der in [Fig. 5A](#) gezeigten Ausführungsform der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors **20** des Zylinders #1 in der Minusrichtung abweicht, stimmt der Durchschnittswert der Einspritzungswellenformen „W(#1-2)“, „W(#3-1)“, „W(#4-3)“ und „W(#2-4)“ mit den Einspritzungswellenformen „W(#4-3)“ und „W(#2-4)“

überein. Daher betragen die Abweichungen $\Delta W(\#4-3)$ und $\Delta W(\#2-4)$ null. Die Abweichung $\Delta W(\#1-2)$ der Einspritzungswellenform „W(#1-2)“ ist hingegen ein Minuswert, und die Abweichung $\Delta W(\#3-1)$ der Einspritzungswellenform „W(#3-1)“ ist ein Pluswert.

[0065] In Schritt S14 (Detektionsabweichungs-Bestimmungseinrichtung) wird basierend auf den Abweichungen $\Delta W(\#1-2)$, $\Delta W(\#3-1)$, $\Delta W(\#4-3)$ und $\Delta W(\#2-4)$, die in Schritt S13 berechnet werden, durch den Computer gemäß einer Bestimmungstabelle, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, bestimmt, welcher Kraftstoffdrucksensor **20**, der für die Zylinder #1–#4 vorgesehen ist, eine Detektionsabweichung aufweist.

[0066] Wie in [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) gezeigt ist, handelt es sich in einem Fall, dass der Detektionswert des Kraftstoffsensors des Zylinders #1 in der Minusrichtung abweicht, bei der Abweichung $\Delta W(\#1-2)$ um einen Minuswert, bei der Abweichung $\Delta W(\#3-1)$ um einen Pluswert, der Abweichung $\Delta W(\#4-3)$ um null und der Abweichung $\Delta W(\#2-4)$ um null. In einem Fall, in dem diese Abweichung ΔW sich in einem Bestimmungsmuster „J1“ befindet, das in [Fig. 7](#) gezeigt ist, bestimmt der Computer, dass der Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders #1 eine Detektionsabweichung aufweist und diese Detektionsabweichung ein Minuswert ist. In einem Fall hingegen, in dem der Detektionswert des Kraftstoffsensors des Zylinders #1 in der Plusrichtung abweicht, handelt es sich bei der Abweichung $\Delta W(\#1-2)$ um einen Pluswert, bei der Abweichung $\Delta W(\#3-1)$ um einen Minuswert, der Abweichung $\Delta W(\#4-3)$ um null und bei der Abweichung $\Delta W(\#2-4)$ um null. Somit bestimmt der Computer in einem Fall, dass diese Abweichung ΔW in ein Bestimmungsschema „J2“ fällt, das in [Fig. 7](#) gezeigt ist, dass der Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders #1 eine Detektionsabweichung aufweist und diese Detektionsvariation ein Pluswert ist.

[0067] Desgleichen bestimmt der Computer in einem Fall, dass diese Abweichungen ΔW in ein Bestimmungsmuster „J3“ fallen, dass der Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders #3 eine Detektionsabweichung aufweist und diese Detektionsabweichung ein Minuswert ist. In einem Fall, dass diese Abweichungen ΔW in ein Bestimmungsmuster „J4“ fallen, bestimmt der Computer, dass der Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders #4 eine Detektionsabweichung aufweist und diese Detektionsvariation ein Pluswert ist. Zudem nimmt der Computer in einem jeweiligen Fall der Bestimmungsschemata „J5“ bis „J8“ eine Bestimmung in ähnlicher Weise vor.

[0068] Das heißt, dass, wenn eine Detektionsabweichung in einem der Kraftstoffdrucksensoren **20** der mehreren Zylinder vorliegt, zwei der Abweichungen ΔW nicht null sind. In diesem Fall bestimmt der Computer, dass der Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders, der sich auf zwei Abweichungen ΔW bezieht,

eine Detektionsabweichung aufweist. Weiterhin kann der Computer basierend auf der positiven/negativen der beiden Abweichungen ΔW gemäß der Bestimmungstabelle, die in [Fig. 7](#) gezeigt ist, bestimmen, ob der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors **20** in der Plusrichtung oder der Minusrichtung abweicht.

[0069] In einem Fall, in dem jede Abweichung ΔW null ist, weist kein Kraftstoffdrucksensor **20** eine Detektionsabweichung in Bezug auf einen jeweiligen Zylinder auf. Wenn der Computer bestimmt, dass keine Detektionsabweichung vorliegt (S15: NEIN), wird die in [Fig. 6](#) gezeigte Verarbeitung beendet.

[0070] Wenn der Computer bestimmt, dass ein beliebiger Drucksensor **20** eine Detektionsabweichung aufweist (S15: JA), wird das Verfahren bei Schritt S16 (Korrekturereinrichtung) fortgesetzt, in der der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors **20** mit der Detektionsabweichung basierend auf der Abweichung ΔW desselben korrigiert wird. In der darauffolgenden Kraftstoffeinspritzungssteuerung wird die Einspritzungswellenform „W“ mittels der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ berechnet, die basierend auf dem korrigierten Detektionswert erhalten bzw. erfasst werden. Basierend auf dieser Einspritzungswellenform „W“ wird die Einspritzungsratenwellenform geschätzt, und die Einspritzungsbefehlssignale in dem Einspritzungskennfeld werden korrigiert.

[0071] In einem Fall, in dem der Zylinder #1 ein Einspritzungszylinder ist, werden die Abweichung $\Delta W(\#1-2)$ und die Abweichung $\Delta W(\#3-1)$ in Schritt S13 berechnet, um zu bestimmen, ob die Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor **20** vorliegt, der an dem Zylinder #1 vorgesehen ist. In diesem Fall entspricht der Zylinder #1 dem „ersten Zylinder“, der Zylinder #2 dem „zweiten Zylinder“ und der Zylinder #3 dem „dritten Zylinder“.

[0072] In einem Fall, in dem Zylinder #3 ein Einspritzungszylinder ist, werden die Abweichung $\Delta W(\#3-1)$ und die Abweichung $\Delta W(\#4-3)$ in Schritt S13 berechnet. In diesem Fall bestimmt der Computer, ob eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders #3 vorliegt. Der Zylinder #3 entspricht einem „ersten Zylinder“, der Zylinder #1 entspricht einem „zweiten Zylinder“ und Zylinder #4 entspricht einem „dritten Zylinder“.

[0073] Desgleichen werden in einem Fall, in dem Zylinder #4 ein Einspritzungszylinder ist, die Abweichung $\Delta W(\#4-3)$ und die Abweichung $\Delta W(\#2-4)$ in Schritt S13 berechnet. Der Computer bestimmt, ob eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinder #4 vorliegt. Der Zylinder #4 entspricht dem „ersten Zylinder“, der Zylinder #3 entspricht einem „zweiten Zylinder“ und der Zylinder #2 entspricht einem „dritten Zylinder“, Desgleichen wer-

den in einem Fall, in dem Zylinder #2 ein Einspritzungszyylinder ist, die Abweichung $\Delta W(\#2-4)$ und die Abweichung $\Delta W(\#1-2)$ in Schritt S13 berechnet. Der Computer bestimmt, ob eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor **20** des Zylinders #2 vorliegt. Der Zylinder #2 entspricht dem „ersten Zylinder“, der Zylinder #4 entspricht dem „zweiten Zylinder“, und der Zylinder #1 entspricht dem „dritten Zylinder“ der vorliegenden Ausführungsform.

[0074] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bestimmt der Computer, welcher Kraftstoffdrucksensor **20** eine Detektionsabweichung aufweist, ohne Sensorwellenformen von allen Kraftstoffdrucksensoren gleichzeitig zu erhalten bzw. erfassen, indem die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ gleichzeitig erhalten bzw. erfasst werden. Zudem bestimmt der Computer dessen Abweichungsrichtung. Somit ist es nicht notwendig, dass die Kommunikationsschaltung **31** vier Signale gleichzeitig von dem Kraftstoffdrucksensor **20** empfängt, so dass der Computer bestimmen kann, ob ein Kraftstoffdrucksensor **20** eine Detektionsabweichung aufweist.

[0075] Zudem wird die vorstehende Bestimmung mittels der Einspritzungswellenform „W“ vorgenommen, die zum Schätzen der Einspritzratenwellenform verwendet wird. Somit ist es nicht erforderlich, eine Wellenform nur zum Bestimmen dessen zu erzeugen, ob die Detektionsabweichung vorliegt.

[0076] Da der Detektionswert des Kraftstoffdrucksensors **20** mit einer Detektionsabweichung außerdem basierend auf der Detektion ΔW korrigiert wird, die zum Bestimmen der Detektionsabweichung verwendet wird, kann die Berechnungsgenauigkeit der Einspritzratenwellenform verbessert werden, wodurch der Einspritzungszustand genau gesteuert wird, so dass er mit dem Soll-Einspritzungszustand übereinstimmt. Somit kann der Motorantriebszustand hinreichend optimiert, Emissionen reduziert und das Ausgangsdrehmoment verbessert werden.

[Weitere Ausführungsform]

[0077] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern kann beispielsweise wie folgt ausgeführt werden. Zudem kann die charakteristische Konfiguration einer jeden Ausführungsform kombiniert werden.

[0078] In der vorstehenden Ausführungsform, die in [Fig. 4A](#) gezeigt ist, werden während einer Zeitspanne, in der ein Kolben des Motors innerhalb von 360°CA von einem oberen Totpunkt oder einem unteren Totpunkt entfernt liegt und die durch „M (#3)“ angezeigt wird, die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ nacheinander erhalten bzw. erfasst.

Das heißt, dass ein Erhaltestartzeitpunkt der Sensorwellenformen „Wa“, „Wb“ auf den oberen Totpunkt oder den unteren Totpunkt eingestellt wird. Alternativ kann der Erhaltestartzeitpunkt der Sensorwellenformen „Wa“, „Wb“ gemäß einem Kraftstoffeinspritzungsstartzeitpunkt des entsprechenden Zylinders variabel verändert werden. Die vorstehende Zeitspanne „M (#3)“ kann beispielsweise vorverlegt oder verzögert werden, wie durch „MA(#3)“ gekennzeichnet ist.

[0079] Wenn eine Mehrfacheinspritzung während eines Verbrennungszyklus ausgeführt wird, variiert ein Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt einer Haupteinspritzung zwischen einem Fall, in dem eine Piloteinspritzung und eine Haupteinspritzung ausgeführt werden, und einem Fall, in dem eine Haupteinspritzung und eine Nacheinspritzung ausgeführt werden. Der Erhaltestartzeitpunkt der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ in der Haupteinspritzung wird gemäß dem Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt variabel eingerichtet, wodurch die Kraftstoffdruckvariation aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung mit Sicherheit in der Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ umfasst sein kann.

[0080] Auch wenn nicht in jedem Kraftstoffdrucksensor **20** eine Detektionsabweichung vorliegt, sind die nacheinander erhaltenen bzw. erfassten Einspritzungssensor-Wellenformen „Wa“ nicht konstant, wenn der Soll-Einspritzzustand variiert wird. Die Abweichungen ΔW sind ebenfalls konstant, wodurch es wahrscheinlich ist, dass der Computer irrtümlicherweise bestimmt, dass eine Detektionsabweichung vorliegt. Im Hinblick darauf ist es zu bevorzugen, dass die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ nacheinander erhalten bzw. erfasst werden, wenn der Soll-Einspritzzustand (oder der Ist-Einspritzungszustand) stabil ist.

[0081] Wenn z. B. die Befehlseinspritzungsmenge in Bezug auf jeden Zylinder identisch ist, werden die Sensorwellenformen „Wa“ und „Wb“ hintereinander erhalten bzw. erfassen und die Detektionsabweichungsbestimmung durchgeführt.

[0082] Auch wenn nicht in jedem Kraftstoffdrucksensor **20** eine Detektionsabweichung vorliegt, sind die nacheinander erhaltenen bzw. erfassten Nichteinspritzungssensor-Wellenformen „Wb“ nicht konstant, wenn sich der Common-Rail-Druck schnell verändert. Die Abweichungen ΔW sind ebenfalls inkonstant, wobei es jedoch wahrscheinlich ist, dass der Computer irrtümlicherweise bestimmt, dass eine Detektionsabweichung vorliegt. Im Hinblick darauf ist es somit zu bevorzugen, die Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ und die Einspritzungssensor-Wellenform „Wa“ nacheinander zu erhalten, wenn

der Soll-Common-Rail-Druck (oder der Ist-Common-Rail-Druck) stabil ist.

[0083] Wie vorstehend beschrieben, weist die Hochdruckpumpe **41** einen Plunger-Kolben auf, der den Kraftstoff unter Druck setzt. Während die Hochdruckpumpe **41** den Kraftstoff zuführt, steigt der Common-Rail-Druck an, und der Wert der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ nimmt ebenfalls zu. Während die Hochdruckpumpe **41** keinen Kraftstoff zuführt, nimmt der Common-Rail-Druck entsprechend der eingespritzten Kraftstoffmenge ab, und der Wert der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ nimmt ebenfalls ab. In der vorstehenden Ausführungsform, die in [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) gezeigt ist, wird die Abweichung ΔW zum Bestimmen der Detektionsabweichung mittels der Einspritzungswellenform „W“ berechnet, die aus der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ extrahiert wird, die während einer Zeitspanne erhalten wird, in der die Hochdruckpumpe **41** keinen Kraftstoff zuführt. Die Abweichung ΔW zum Bestimmen der Detektionsabweichung kann hingegen mittels der Einspritzungssensor-Wellenform „W“ berechnet werden, die aus der Nichteinspritzungssensor-Wellenform „Wb“ extrahiert wird, die während einer Zeitspanne erhalten wird, in der die Hochdruckpumpe **41** den Kraftstoff zuführt.

[0084] Wenn jede der Abweichungen ΔW , die in Schritt S13 berechnet werden, einen vorgegebenen Schwellwert „TH“ unterschreitet, kann davon ausgegangen werden, dass die jeweiligen Abweichungen ΔW null betragen.

[0085] In der vorstehenden Ausführungsform werden der Durchschnitt der nacheinander erhaltenen bzw. erfassten Einspritzungswellenformen „W(#1-2)“, „W(#3-1)“ und „W(#2-4)“ berechnet. Diese durchschnittliche Wellenform ist als die Referenz-Einspritzungswellenform „Wbase“ definiert. Alternativ wird eine geschätzte Einspritzungswellenform „WE“ basierend auf dem Einspritzbefehlssignal, das auf die Kraftstoffeinspritzdüse **10** übertragen wird, oder den Soll-Einspritzungszustand berechnet. Diese geschätzte Einspritzungswellenform „WE“ kann als die Referenzeinspritzungs-Wellenform „Wbase“ definiert werden.

[0086] Der Kraftstoffdrucksensor **20** kann an einer beliebigen Stelle in einer Kraftstoffzufuhrleitung zwischen einem Auslass **42a** der Common-Rail **42** und der Einspritzöffnung **11b** angeordnet sein. Der Kraftstoffdrucksensor **20** kann z. B. in einer Hochdruckleitung angeordnet sein, die die Common-Rail **42** und die Kraftstoffeinspritzdüse **10** miteinander verbindet.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 200997385 A [[0002](#)]
- JP 2009-97385 A [[0003](#)]

Patentansprüche

1. Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung für einen Kraftstoffdrucksensor, die auf ein Kraftstoffeinspritzungssystem angewendet wird, das mit einer Mehrzahl von Kraftstoffeinspritzdüsen (10), die jeweils für einen jeweiligen Zylinder eines mehrzylindrigen Motors vorgesehen sind, einem Akkumulator (42), der einen Kraftstoff ansammelt, der von einer Kraftstoffpumpe (41) den Kraftstoffeinspritzdüsen (10) zugeführt wird, und einer Mehrzahl von Kraftstoffdrucksensoren (20) versehen ist, die für jeden Zylinder zum Detektieren einer Variation des Kraftstoffdrucks vorgesehen sind, der in einer Kraftstoffzufuhrleitung von einem Auslass (42a) des Akkumulators (42) zu einer Einspritzöffnung (11b) der Kraftstoffeinspritzdüse erzeugt wird, wobei die Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung aufweist:

eine Einspritzungssensor-Wellenform-Erhalteinrichtung (S10) zum Erfassen einer Einspritzungssensor-Wellenform (Wa), die durch den Kraftstoffdrucksensor (20) detektiert wird, der an einem Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan eine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird;

eine Nichteinspritzungssensor-Wellenform-Erhalteinrichtung (S10) zum Erfassen einer Nichteinspritzungssensor-Wellenform (Wb), die durch den Kraftstoffdrucksensor (20) detektiert wird, der an einem Zylinder vorgesehen ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird;

eine Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung (S11) zum Erfassen der Einspritzungssensorwellenform (Wa) und der Nichteinspritzungssensor-Wellenform (Wb), die durch unterschiedliche Kraftstoffdrucksensoren (20) gleichzeitig detektiert werden, und zum Extrahieren einer Einspritzungswellenform (W), die eine Variation des Kraftstoffdrucks aufgrund einer Kraftstoffeinspritzung anzeigt, durch Subtrahieren der Nichteinspritzungssensor-Wellenform (Wb) von der Einspritzungssensor-Wellenform (Wa);

eine erste Abweichungsberechnungseinrichtung (S13) zum Berechnen einer Abweichung zwischen einer Referenz-Einspritzungswellenform (Wbase) und der Einspritzungswellenform, die durch die Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung extrahiert wird, wenn ein erster Zylinder ein Einspritzungszyylinder ist, in dem eine Kraftstoffeinspritzung momentan durchgeführt wird, und ein zweiter Zylinder ein Nichteinspritzungszyylinder ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird.

eine zweite Abweichungsberechnungseinrichtung (S13) zum Berechnen einer Abweichung zwischen der Referenz-Einspritzungswellenform (Wbase) und der Einspritzungswellenform, die durch die Einspritzungswellenform-Extrahiereinrichtung extrahiert wird, wenn ein dritter Zylinder ein Einspritzungszyylinder ist, in dem momentan eine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird, und der erste Zylinder ein Nichteinspritzungszyylinder ist, in dem momentan keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird; und

eine Detektionsabweichungs-Bestimmungseinrichtung (S14) zum Bestimmen, ob eine Detektionsabweichung in dem Kraftstoffdrucksensor (20) vorliegt, der für den ersten Zylinder vorgesehen ist, basierend auf den Abweichungen, die durch die erste Abweichungsberechnungseinrichtung, und die zweite Abweichungsberechnungseinrichtung berechnet werden.

2. Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Einspritzungssensor-Wellenform (Wa) und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform (Wb), die einem spezifizierten Zylinder entsprechen, nacheinander erfasst werden.

3. Detektionsabweichungs-Bestimmungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei wenn die Einspritzungssensor-Wellenform (Wa) und die Nichteinspritzungssensor-Wellenform (Wb) hintereinander erfasst werden, deren Erfassungszeitpunkt gemäß einem Kraftstoffeinspritzungs-Startzeitpunkt in dem spezifizierten Zylinder variabel eingestellt wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 2A

Einspritzbefehls-
signal

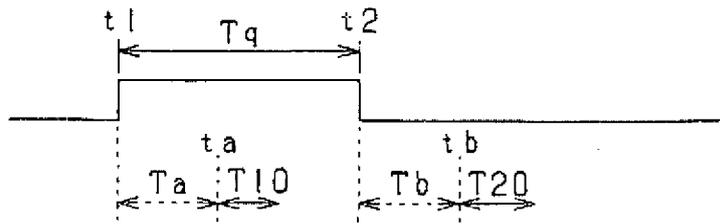


FIG. 2B

Einspritzrate

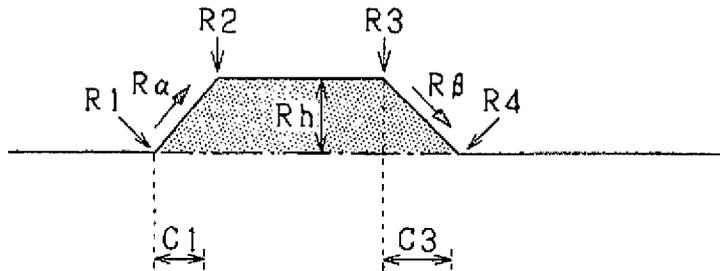


FIG. 2C

Detektionsdruck

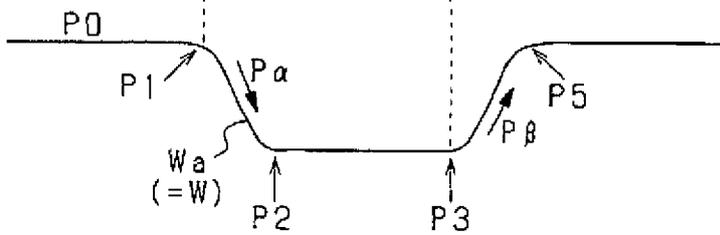


FIG. 3A

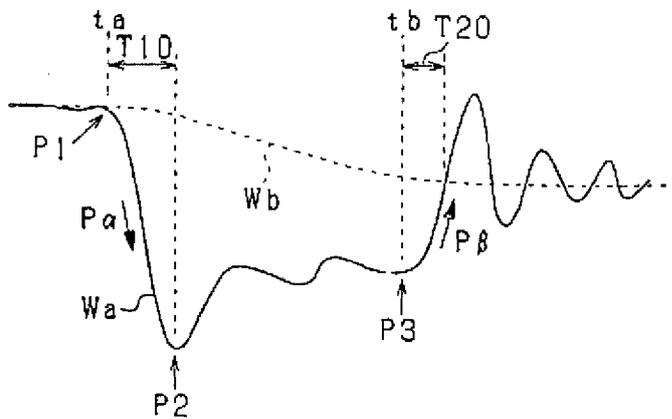


FIG. 3B

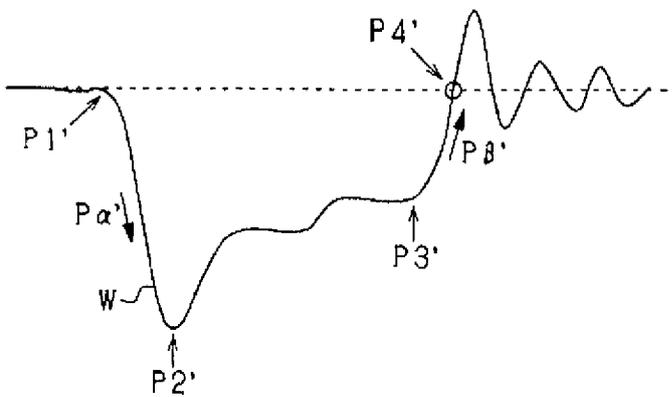


FIG. 4A

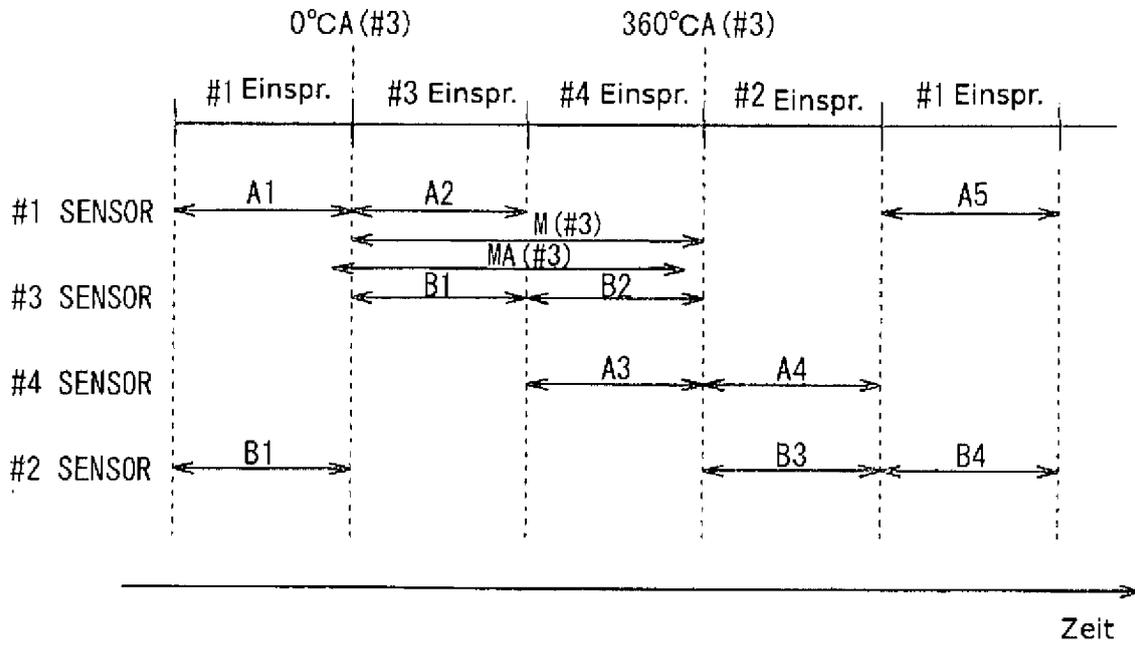
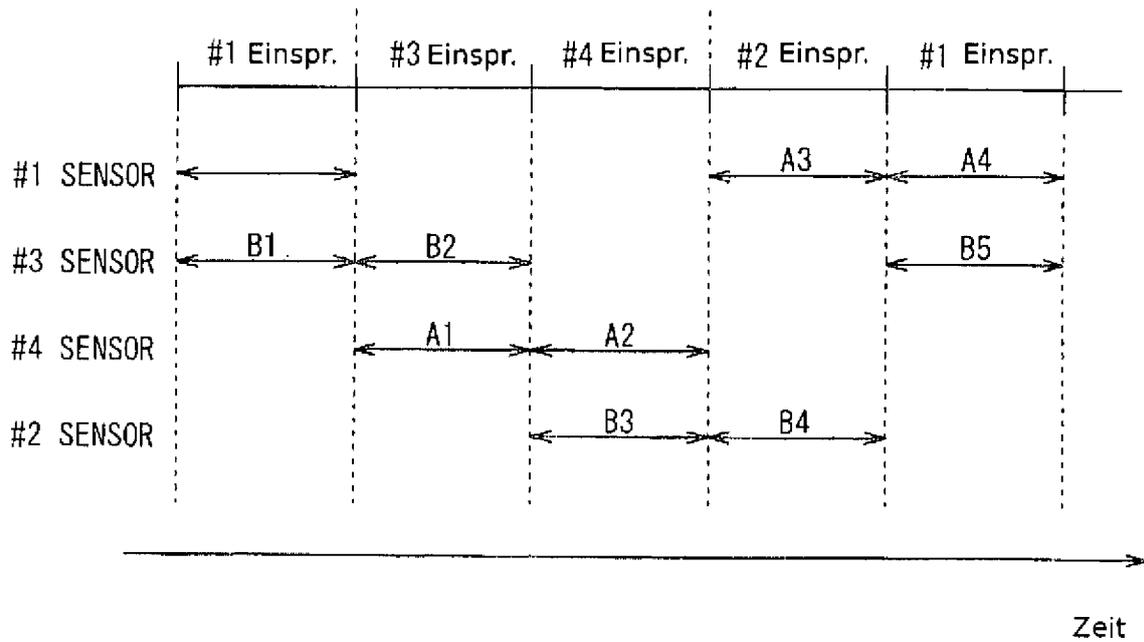


FIG. 4B



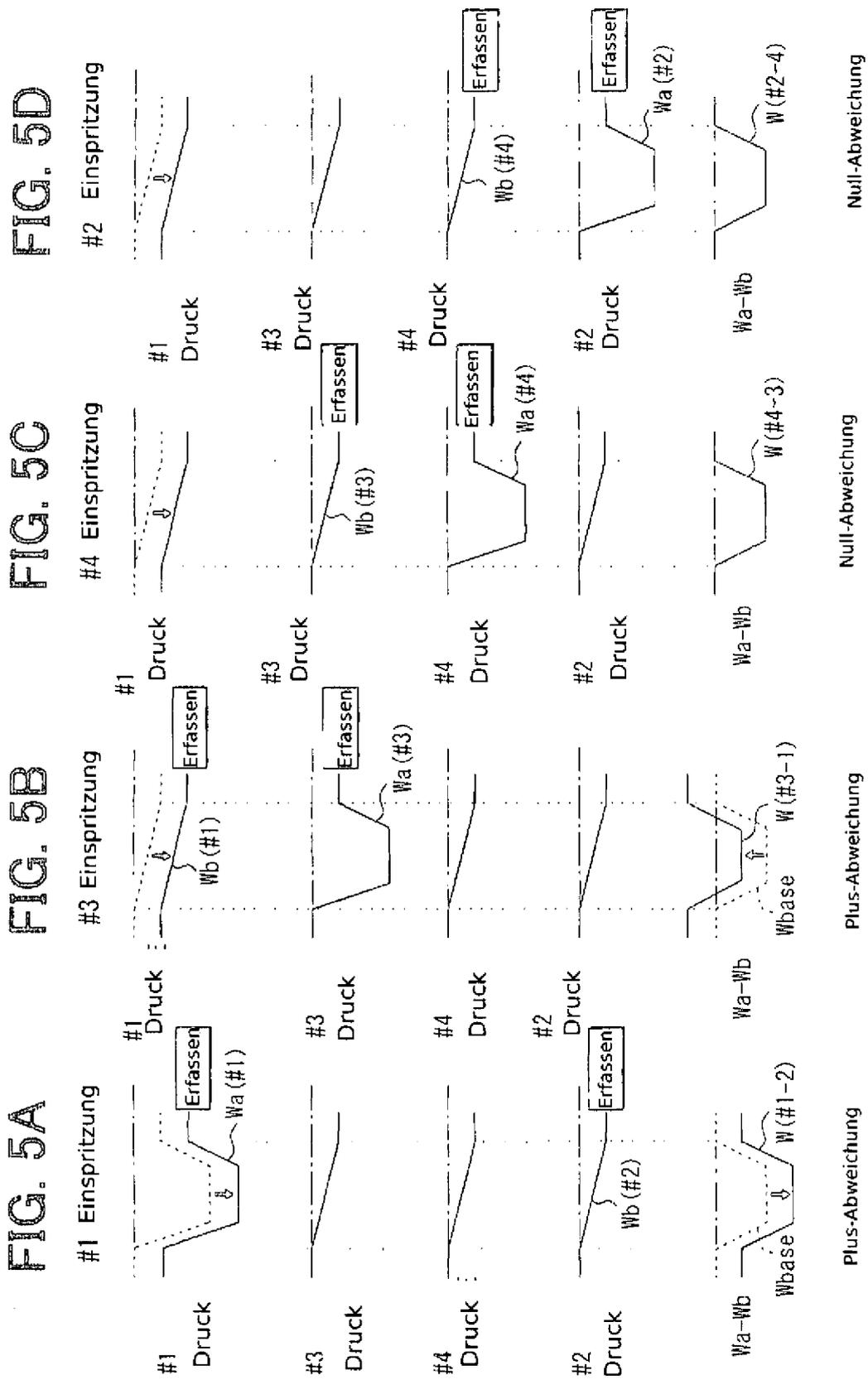


FIG. 6

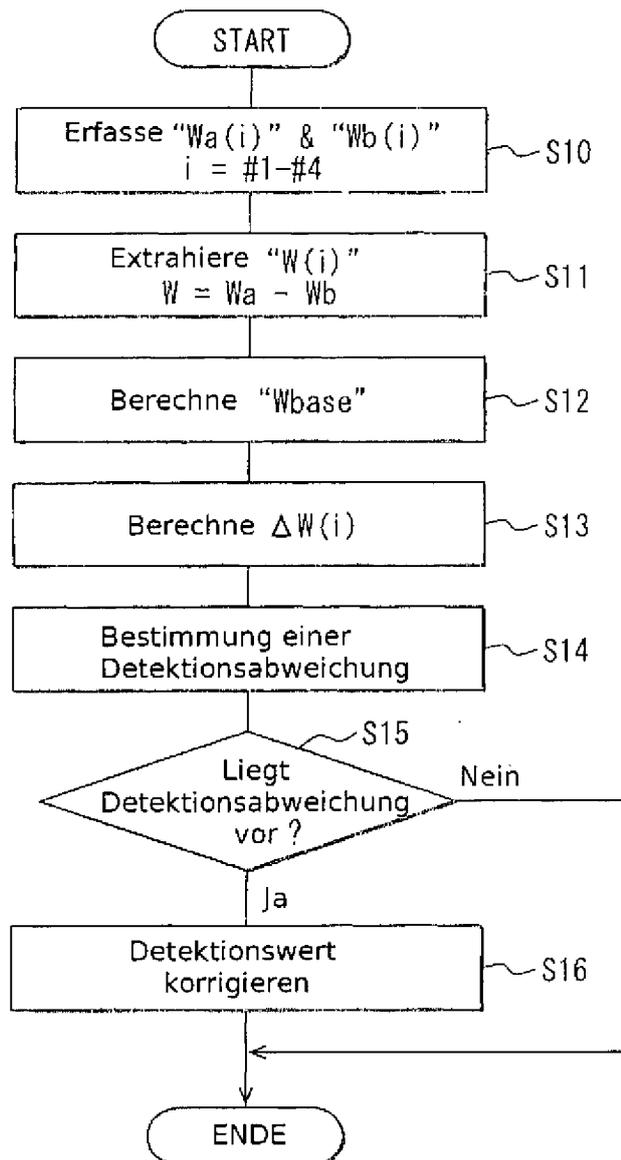


FIG. 7

Bestimmungsmuster Abweichung		J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
		$\Delta W(\#1-2)$	-	+	0	0	0	0	+
$\Delta W(\#3-1)$	+	-	-	+	0	0	0	0	
$\Delta W(\#4-3)$	0	0	+	-	-	+	0	0	
$\Delta W(\#2-4)$	0	0	0	0	+	-	-	+	
Ergebnis	Zylinder mit Abweichung	#1		#3		#4		#2	
	Richtung der Abweichung	-	+	-	+	-	+	-	+