



(10) **DE 10 2011 113 552 B4** 2015.07.23

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 113 552.2**
(22) Anmeldetag: **15.09.2011**
(43) Offenlegungstag: **22.03.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.07.2015**

(51) Int Cl.: **F01N 11/00 (2006.01)**
F01N 3/10 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
12/885,821 20.09.2010 US

(73) Patentinhaber:
**GM Global Technology Operations LLC (n. d. Ges.
d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

(74) Vertreter:
**Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336
München, DE**

(72) Erfinder:
**Wang, Yue-Yun, Troy, Mich., US; Levijoki, Stephen
Paul, Swartz Creek, Mich., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen eines Reduktionsmittelinjektionsystems in einem Abgasnachbehandlungssystem**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Überwachen eines Reduktionsmittelinjektors (55) eines Reduktionsmittelinjektionsystems (40), wobei der Reduktionsmittelinjektor (55) derart konfiguriert ist, ein Reduktionsmittel in einen Abgasstrom einer Brennkraftmaschine (10) stromaufwärts einer Vorrichtung (60) für selektive katalytische Reduktion abzugeben, umfassend:

Erzeugen von Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Erfassen der Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Verifizieren, dass ein vorgeschriebener Reduktionsmitteldurchfluss (49) den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht;

Überwachen eines Fluiddrucks (37) in dem Reduktionsmittelinjektionsystem (40);

Schätzen einer ersten injizierten Menge Y1 des Reduktionsmittels entsprechend den Injektorpulsbreitenanweisungen (53), wobei das Schätzen der ersten injizierten Menge umfasst:

Berechnen eines gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Integrieren des gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53); und

Schätzen der ersten injizierten Menge des Reduktionsmittels auf Grundlage des integrierten gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Schätzen einer zweiten injizierten Menge Y2 des Reduktionsmittels entsprechend dem Fluiddruck (37) in dem Reduktionsmittelinjektionsystem (40), wobei das Schätzen der zweiten injizierten Menge umfasst:

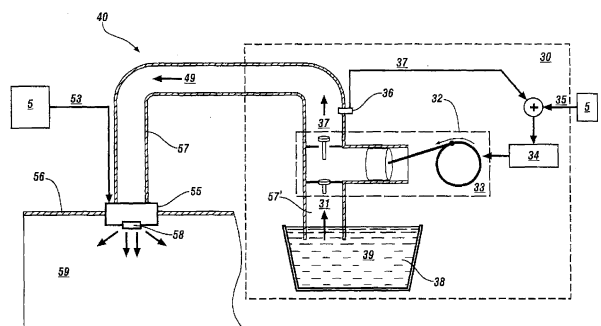
Berechnen einer korrigierten Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmitteldurchfluss unter Verwendung der Gleichung:

$$f(t) = \text{std}(\Delta p) \cdot \text{Verstärkung(PWM)},$$

wobei $\text{std}(\Delta p)$ die Standardabweichung eines Druckfehlers Δp ist, der eine Differenz zwischen einem bevorzugten Fluiddruck (35) und dem überwachten Fluiddruck (37) ist, und

Verstärkung(PWM) ein Skalarwert ist, der anhand einer Korrelation der Injektorpulsbreitenanweisungen (53) mit der Standardabweichung des Fluiddrucks (37) abgeleitet wird; und

Schätzen der zweiten injizierten Menge Y2 an Reduktionsmittel anhand eines zeitintegrierten Werts der korrigierten Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmitteldurchfluss gemäß: ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2009 / 0 248 361 A1
US 2010 / 0 212 417 A1

Bosch, Krafffahrtechnisches Taschenbuch.
23. Auflage. Wiesbaden : Friedr. Vieweg & Sohn
Verlag/ GWV Fachverlage GmbH, 2003. S. 64. -
ISBN 3-528-23876-3

Horst Kuchling: Taschenbuch der Physik. 20.
Auflage. München : Fachbuchverlag Leipzig im
Carl Hanser Verlag, 2011. S. 254. - ISBN 978-3-446-
42457-9

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Diese Offenbarung betrifft allgemein Abgasnachbehandlungssysteme für Brennkraftmaschinen.

HINTERGRUND

[0002] Die Anmerkungen in diesem Abschnitt stellen lediglich Hintergrundinformation in Verbindung mit der vorliegenden Offenbarung dar und brauchen keinen Stand der Technik zu bilden.

[0003] Bekannte Maschinensteuerstrategien zur Verbesserung der Kraftstoffwirtschaftlichkeit und Reduktion des Kraftstoffverbrauchs in Brennkraftmaschinen umfassen einen Betrieb bei einem mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis. Dies umfasst Maschinen, die derart konfiguriert sind, in Kompressionszündungs- oder Magerverbrennungs-Funkenzündungsverbrennungsmoden zu arbeiten. Maschinen, die mit mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnissen arbeiten, können erhöhte Verbrennungstemperaturen aufweisen, was zu erhöhten NO_x-Emissionen führt.

[0004] Ein bekanntes Abgasnachbehandlungssystem und eine Steuerstrategie zum Regulieren und Reduzieren von NO_x-Emissionen umfassen ein Reduktionsmittelinjektionssteuersystem sowie eine zugeordnete Vorrichtung für reduktionsmittelselektive katalytische Reduktion. Das Reduktionsmittelinjektionssteuersystem injiziert ein Reduktionsmittel, z. B. Harnstoff, in einen Abgaszustrom stromaufwärts einer Vorrichtung für ammoniakselektive katalytische Reduktion, um NO_x-Moleküle zu Stickstoff und Sauerstoff zu reduzieren. Bekannte Vorrichtungen für ammoniakselektive katalytische Reduktion zersetzen Harnstoff zu Ammoniak, und der Ammoniak reagiert mit den NO_x-Molekülen in der Anwesenheit eines Katalysators, um Stickstoff zu erzeugen. Eine gewisse Menge von Ammoniak kann in der Vorrichtung für ammoniakselektive katalytische Reduktion gespeichert werden, was eine fortgesetzte Reduktion der NO_x-Moleküle ermöglicht, wenn das Harnstoffinjektionssteuersystem nicht in der Lage ist, eine gesteuerte Menge an Harnstoff abzugeben.

[0005] Bekannte Steuersysteme umfassen ein Abgeben von Reduktionsmittel mit einer Rate, die Konzentrationen von Maschinenausgangs-NO_x-Emissionen entspricht, um eine NO_x-Reduktion ohne Verwendung übermäßiger Mengen an Reduktionsmittel zu erreichen, d. h. Abgabe von Reduktionsmittel bei einem stöchiometrischen Verhältnis von Reduktionsmittel/NO_x.

[0006] Aus der US 2009/0248361 A1 sind ein Verfahren und ein System zum Überwachen eines Reduktionsmittelinjektors eines Reduktionsmittelinjektionsystems bekannt. Der Reduktionsmittelinjektor ist derart konfiguriert, ein Reduktionsmittel in einen Abgaszustrom einer Brennkraftmaschine stromaufwärts einer Vorrichtung für selektive katalytische Reduktion abzugeben. Injektorpulsbreitenanweisungen werden erzeugt und erfasst, und es wird verifiziert, dass ein vorgeschriebener Reduktionsmitteldurchfluss den Injektorpulsbreitenanweisungen entspricht. Ferner wird ein Fluiddruck in dem Reduktionsmittelinjektionsystem überwacht, und es wird eine injizierte Menge an Reduktionsmittel mittels einer Kalibrierungskurve für einen Druckabfall geschätzt und mit dem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss verglichen, um gegebenenfalls einen Fehler des Reduktionsmittelinjektors zu detektieren.

[0007] Die US 2010/0212417 A1 beschreibt ähnliche Verfahren und Systeme, bei denen jedoch zur Detektion des Fehlers ein erwartetes Drucksignal mit einem Ist-Drucksignal verglichen wird.

[0008] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zum Überwachen eines Reduktionsmittelinjektors und ein System zum Abgeben eines Reduktionsmittels zu schaffen, bei denen ein Fehler des Reduktionsmittelinjektors auf zuverlässige Weise erkennbar ist.

ZUSAMMENFASSUNG

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein System mit den Merkmalen des Anspruchs 5.

[0010] Ein Reduktionsmittelinjektor ist derart konfiguriert, dass er ein Reduktionsmittel in einen Abgaszustrom einer Brennkraftmaschine stromaufwärts einer Vorrichtung für selektive katalytische Reduktion abgibt. Der Reduktionsmittelinjektor eines Reduktionsmittelinjektionsystems wird überwacht durch Erzeugen von Injektorpulsbreitenanweisungen, die einem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss entsprechen, Überwa-

chen der Injektorpulsbreitenanweisungen, Verifizieren, dass der vorgeschriebene Reduktionsmitteldurchfluss den Injektorpulsbreitenanweisungen entspricht, Überwachen eines Fluiddrucks in dem Reduktionsmittelinjektionssystem, Schätzen einer ersten injizierten Menge des Reduktionsmittels entsprechend den Injektorpulsbreitenanweisungen, Schätzen einer zweiten injizierten Menge des Reduktionsmittels entsprechend dem Fluiddruck in dem Reduktionsmittelinjektionssystem, und Vergleichen der ersten und zweiten injizierten Menge an Reduktionsmittel.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Es werden nun ein oder mehrere Ausführungsformen nur beispielhaft unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in welchen:

[0012] Fig. 1 ein schematisches Schaubild eines Maschinen- und Abgasnachbehandlungssystems gemäß der vorliegenden Offenbarung ist;

[0013] Fig. 2 ein schematisches Schaubild eines Harnstoffinjektionssystems für ein Abgasnachbehandlungssystem gemäß der vorliegenden Offenbarung ist;

[0014] Fig. 3 graphisch Daten, die dem Betrieb eines beispielhaften Reduktionsmittelinjektionssystems zugeordnet sind und einen Reduktionsmittelmassendurchfluss und eine zeitkorrelierte Messung des Drucks aufweisen, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt;

[0015] Fig. 4 graphisch eine erste und zweite Schätzung der injizierten Menge an Reduktionsmittel, die als eine Funktion der verstrichenen Zeit für ein beispielhaftes System aufgetragen ist, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt; und

[0016] Fig. 5 graphisch einen Injektorbetriebszyklus und einen entsprechenden Reduktionsmitteldruck, der als eine Funktion der verstrichenen Zeit für ein beispielhaftes System aufgetragen ist, gemäß der vorliegenden Offenbarung zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0017] Nun Bezug nehmend auf die Zeichnungen, in denen das Gezeigte nur dem Zweck der Veranschaulichung gewisser beispielhafter Ausführungsformen und nicht dem Zweck der Beschränkung derselben dient, veranschaulicht Fig. 1 schematisch eine Brennkraftmaschine **10**, ein Nachbehandlungssystem **45** und ein begleitendes Steuersystem, das ein Steuermodul **5** aufweist, das gemäß einer Ausführungsform der Offenbarung aufgebaut worden ist. Eine beispielhafte Brennkraftmaschine **10** ist eine Viertakt-Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern und Direktinjektion, der hauptsächlich bei einem mageren Luft/Kraftstoff-Verhältnis arbeitet. Die beispielhafte Maschine **10** kann eine Kompressionszündmaschine, eine funkengezündete Direktinjektionsmaschine oder andere Maschinenkonfigurationen aufweisen, die unter Verwendung eines Verbrennungszyklus arbeiten, der einen Magerbetrieb aufweist.

[0018] Die Maschine **10** ist mit verschiedenen Erfassungsvorrichtungen ausgestattet, die einen Maschinenbetrieb überwachen, einschließlich einem Abgassensor **42**, der derart konfiguriert ist, den Abgaszustrom zu überwachen. Der Abgassensor **42** ist bevorzugt eine Vorrichtung, die derart konfiguriert ist, ein Signal zu erzeugen, das mit einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgaszustroms korrelierbar ist, aus dem der Sauerstoffgehalt bestimmt werden kann. Alternativ oder zusätzlich kann der Abgassensor **42** eine Vorrichtung sein, die derart konfiguriert ist, ein Signal zu erzeugen, das mit einer NO_x-Konzentration in dem Abgaszustrom korrelierbar ist. Alternativ dazu kann eine virtuelle Erfassungsvorrichtung, die als ein Algorithmus in dem Steuermodul **5** ausgeführt wird, als ein Ersatz für den Abgassensor **42** verwendet werden, wobei eine NO_x-Konzentration in dem Abgaszustrom auf Grundlage von Maschinenbetriebsbedingungen geschätzt wird, einschließlich Maschinendrehzahl, Kraftstoffmassenlieferrate und andere Faktoren. Die Maschine **10** ist bevorzugt mit einem Luftmassenströmungssensor ausgestattet, um eine Ansaugluftströmung zu messen, aus der die Abgasluftmassenströmung bestimmt werden kann. Alternativ oder in Kombination dazu kann ein Algorithmus ausgeführt werden, um eine Luftmassenströmung durch die Maschine **10** auf Grundlage einer Maschinendrehzahl, eines Hubraums und eines Volumenwirkungsgrades zu bestimmen.

[0019] Das Steuersystem weist das Steuermodul **5** auf, das signaltechnisch mit einer Mehrzahl von Erfassungsvorrichtungen verbunden ist, die derart konfiguriert sind, die Maschine **10**, den Abgaszustrom und das Abgasnachbehandlungssystem **45** zu überwachen. Das Steuermodul **5** ist funktional mit Aktuatoren der Ma-

schine **10** und des Abgasnachbehandlungssystems **45** verbunden. Das Steuersystem führt Steuerschemata aus, bevorzugt einschließlich Steueralgorithmen und Kalibrierungen, die in dem Steuermodul **5** gespeichert sind, um die Maschine **10** und das Abgasnachbehandlungssystem **45** zu steuern. Im Betrieb überwacht das Steuersystem einen Betrieb der Brennkraftmaschine **10** und des Abgasnachbehandlungssystems **45** und steuert ein Reduktionsmittelinjektionsystem **40**, das ein Reduktionsmittelliefersystem **30** aufweist, das fluidtechnisch mit einem Reduktionsmittelinjektor **55** über ein Rohr **57** gekoppelt ist, wie hier beschrieben ist. Das Steuersystem führt ein oder mehrere Steuerschemata aus, um die Maschine **10** so zu steuern, dass eine Regeneration des Abgasnachbehandlungssystems **45** bewirkt wird.

[0020] Steuermodul, Modul, Controller, Steuereinheit, Prozessor und ähnliche Begriffe bezeichnen jegliche geeignete oder verschiedene Kombinationen aus einem oder mehreren von anwendungsspezifischer/n integrierte(n) Schaltung(en) (ASIC), elektronischer Schaltung(en), Zentralverarbeitungseinheit(en) (bevorzugt Mikroprozessor(en)) und zugeordnetem Speicher und Speicherung (Nurlese, programmierbarer Nurlese, Direktzugriff, Festplatte, etc.), die eine oder mehrere Software- oder Firmwareprogramme ausführen, kombinatorische Logikschaltung(en), Eingabe/Ausgabe-Schaltung(en) und -vorrichtungen, geeignete Signalkonditionierungs- und Pufferschaltung und andere geeignete Komponenten, um die beschriebene Funktionalität bereitzustellen. Das Steuermodul weist Steueralgorithmen auf, die residente Softwareprogrammanweisungen und Kalibrierungen umfassen, die im Speicher gespeichert sind und zum Bereitstellen der erwünschten Funktionen ausgeführt werden. Die Algorithmen werden bevorzugt während voreingestellter Schleifenzyklen ausgeführt. Die Algorithmen werden, wie durch eine Zentralverarbeitungseinheit, ausgeführt und dienen dazu, um Eingaben von Erfassungsvorrichtungen und anderen vernetzten Steuermodulen zu überwachen und Steuer- und Diagnoseroutinen zur Steuerung des Betriebs von Aktuatoren auszuführen. Schleifenzyklen können in regelmäßigen Intervallen, beispielsweise alle 3,125, 6,25, 12,5, 25 und 100 Millisekunden während des laufenden Maschinen- und Fahrzeugbetriebs ausgeführt werden. Alternativ dazu können die Algorithmen in Ansprechen auf das Auftreten eines Ereignisses ausgeführt werden.

[0021] Die Maschine **10** wird gesteuert, um bei einem bevorzugten Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu arbeiten, um Leistungsparameter, die in Verbindung mit Bedieneranforderungen, Kraftstoffverbrauch, Emissionen und Fahrverhalten stehen, zu erreichen, wobei die Maschinenkraftstoffbelieferung und/oder die Ansaugluftströmung gesteuert werden, um das bevorzugte Luft/Kraftstoff-Verhältnis zu erreichen.

[0022] Das Abgasnachbehandlungssystem **45** ist fluidtechnisch mit einem Abgaskrümmer der Maschine **10** gekoppelt, um den Abgaszustrom mitzuführen. Das Abgasnachbehandlungssystem **45** umfasst eine Mehrzahl von Nachbehandlungsvorrichtungen, die fluidtechnisch in Reihe geschaltet sind. Bei einer Ausführungsform, die in **Fig. 1** gezeigt ist, sind die erste, zweite und dritte Nachbehandlungsvorrichtung **50**, **60** und **70** fluidtechnisch in Reihe unter Verwendung bekannter Rohre und Verbinder geschaltet, einschließlich dem Abgasrohr **56**, das zwischen der ersten und zweiten Abgasnachbehandlungsvorrichtung **50** und **60** angeordnet ist. Jede der Abgasnachbehandlungsvorrichtungen **50**, **60** und **70** umfasst eine Vorrichtung, die Technologie einsetzt, die verschiedene Fähigkeiten zur Behandlung der Bestandteilelemente des Abgaszustroms besitzt, einschließlich Oxidation, selektive katalytische Reduktion unter Verwendung eines Reduktionsmittels und Partikelfilterung. Konstruktionsmerkmale für jede der Nachbehandlungsvorrichtungen **50**, **60** und **70**, beispielsweise Volumen, Raumgeschwindigkeit, Zellendichte, Washcoatdichte und Metallbeladung, können für spezifische Anwendungen bestimmt werden. Bei der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform weist die erste Nachbehandlungsvorrichtung **50** einen Oxidationskatalysator auf, die zweite Nachbehandlungsvorrichtung **60** weist bei einer Ausführungsform eine ammoniakselektive katalytische Reaktorvorrichtung auf, und die dritte Nachbehandlungsvorrichtung **70** weist einen katalysierten Partikelfilter auf, obwohl die hier beschriebenen Konzepte nicht so beschränkt sind. Die erste, zweite und dritte Nachbehandlungsvorrichtung **50**, **60** und **70** können in einzelne Aufbauten zusammengebaut werden, die fluidtechnisch verbunden sind, und in einen Maschinenraum und einen Fahrzeugunterboden mit einer oder mehreren dazwischen angeordneten Erfassungsvorrichtungen eingebaut sein. Der Fachmann kann andere Einbaukonfigurationen erdenken.

[0023] Die erste Nachbehandlungsvorrichtung **50** umfasst bevorzugt eine Oxidationskatalysatorvorrichtung, die ein Kordieritsubstrat mit einem aluminiumbasierten Washcoat aufweist, der ein oder mehrere Platingruppenmetalle enthält, beispielsweise Platin oder Palladium. Bei einer Ausführungsform kann die erste Nachbehandlungsvorrichtung **50** weggelassen werden.

[0024] Die zweite Nachbehandlungsvorrichtung **60** weist bei einer Ausführungsform die ammoniakselektive katalytische Reaktorvorrichtung auf, bevorzugt ein Kordieritsubstrat, das mit einem Washcoat beschichtet ist. Bei einer Ausführungsform weist die zweite Nachbehandlungsvorrichtung **60** zwei beschichtete Substrate auf, die in Reihe angeordnet sind. Der bevorzugte Washcoat verwendet als katalytisches Material ammoniakse-

lektive Katalysator Technologien auf Basis von Cu-Zeolit, Fe-Zeolit oder anderem Metall-Zeolit. Bei einer Ausführungsform weist der ammoniakselektive katalytische Reaktor einen Typ von Metallion und eine geeignete Zeolitstruktur auf, die auf einem Kordieritsubstrat getragen ist.

[0025] Die dritte Nachbehandlungsvorrichtung **70** umfasst bevorzugt einen zweiten Oxidationskatalysator, der mit einem Partikelfilter kombiniert ist. Die dritte Nachbehandlungsvorrichtung **70** kann ferner einzeln oder in Kombination andere Abgasnachbehandlungsvorrichtungen, einschließlich katalysierter oder nicht katalysierter Partikelfilter, Luftpumpen, externer Heizvorrichtungen, Schwefelfängern, Phosphorfängern, Vorrichtungen für selektive Reduktion und andere, gemäß Spezifikationen und Betriebscharakteristiken einer spezifischen Maschinen- und Antriebsstranganwendung aufweisen.

[0026] Das Abgasnachbehandlungssystem **45** weist das Reduktionsmittelinjektionssystem **40** auf, das den Reduktionsmittelinjektor **55** aufweist, der fluidtechnisch mit dem Reduktionsmittelliefersystem **30** verbunden ist, wie unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben ist. Das Reduktionsmittelliefersystem **30** und der Reduktionsmittelinjektor **55** werden jeweils durch das Steuermodul **5** gesteuert, um einen vorgeschriebenen Massendurchfluss des Harnstoffreduktionsmittels in den Abgaszustrom stromaufwärts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** abzugeben.

[0027] Erfassungsvorrichtungen, die einer Überwachung des Nachbehandlungssystems **45** zugeordnet sind, können den Abgassensor **42**, eine erste Erfassungsvorrichtung **52** unmittelbar stromabwärts der ersten Nachbehandlungsvorrichtung **50**, eine zweite Erfassungsvorrichtung **54** unmittelbar stromaufwärts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60**, eine dritte Erfassungsvorrichtung **66** stromabwärts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** und eine vierte Erfassungsvorrichtung **72** stromabwärts der dritten Nachbehandlungsvorrichtung **70** aufweisen. Die Erfassungsvorrichtungen können ferner einen ersten und zweiten Temperaturüberwachungssensor **62** und **64** aufweisen, die derart konfiguriert sind, Temperaturen, die der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** zugeordnet sind, zu überwachen. Alternativ oder zusätzlich kann eine virtuelle Erfassungsvorrichtung zur Überwachung des Nachbehandlungssystems **45** verwendet werden. Eine virtuelle Erfassungsvorrichtung kann als ein Algorithmus in dem Steuermodul **5** ausgeführt und gegen einen entsprechenden Abgassensor ersetzt werden. Beispielsweise kann eine NO_x-Konzentration in dem Abgaszustrom auf Grundlage von Maschinenbetriebsbedingungen geschätzt werden, die unter Verwendung von Maschinenerfassungsvorrichtungen überwacht werden. Die beschriebenen Erfassungsvorrichtungen, die der Überwachung des Nachbehandlungssystems **45** zugeordnet sind, sind als illustrativ gemeint.

[0028] Die erste Erfassungsvorrichtung **52** ist stromaufwärts der zweiten Nachbehandlungsvorrichtung **60** angeordnet und bevorzugt derart konfiguriert, die Temperatur des Abgaszustroms stromabwärts der ersten Nachbehandlungsvorrichtung **50** zu überwachen. Die erste Erfassungsvorrichtung **52** erzeugt ein Signal, das mit einer Temperatur des Abgaszustroms, der in die ammoniakselektive katalytische Reaktorvorrichtung **60** eintritt, korrelierbar ist.

[0029] Die zweite Erfassungsvorrichtung **54** ist unmittelbar stromaufwärts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** und stromabwärts des Reduktionsmittelinjektors **55** angeordnet. Die zweite Erfassungsvorrichtung **54** erzeugt ein Signal, das mit Konzentrationen spezifischer Gase korrelierbar ist, beispielsweise NO_x, Kohlenwasserstoffe, Wasserstoffcyanid und/oder Acetaldehyd, die in dem Abgaszustrom nach einem Austritt aus der ersten Nachbehandlungsvorrichtung **50** enthalten sind.

[0030] Die dritte Erfassungsvorrichtung **66** überwacht den Abgaszustrom nach der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** und stromaufwärts der dritten Nachbehandlungsvorrichtung **70** und ist bevorzugt derart konfiguriert, Bestandteilelemente des Abgaszustromes, beispielsweise eine NO_x-Konzentration zu überwachen. Die dritte Erfassungsvorrichtung **66** erzeugt ein Signal, das mit der NO_x-Konzentration des Abgaszustroms oder einem anderen Parameter (beispielsweise Ammoniak (NH₃)) korrelierbar ist.

[0031] Die vierte Erfassungsvorrichtung **72** überwacht den Abgaszustrom stromabwärts der dritten Nachbehandlungsvorrichtung **70** und ist bevorzugt derart konfiguriert, Bestandteilelemente des Abgaszustromes, beispielsweise eine NO_x-Konzentration, zu überwachen. Die vierte Erfassungsvorrichtung **72** erzeugt ein Signal, das mit einer NO_x-Konzentration oder einem anderen Abgasbestandteil in dem Abgaszustrom korrelierbar ist. Jede der ersten, zweiten, dritten und vierten Erfassungsvorrichtung **52**, **54**, **66** und **72** ist signaltechnisch mit dem Steuermodul **5** verbunden.

[0032] Der erste Temperaturüberwachungssensor **62** misst eine Temperatur stromaufwärts oder innerhalb eines Vorderabschnitts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60**, um deren Betriebstemperatur zu bestimmen. Der erste Temperaturüberwachungssensor **62** kann derart konfiguriert sein, eine Temperatur des Abgaszustroms zu überwachen, und kann alternativ konfiguriert sein, eine Temperatur der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** zu überwachen.

[0033] Der zweite Temperaturüberwachungssensor **64** misst eine Temperatur stromabwärts oder innerhalb eines rückwärtigen Abschnitts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60**, um deren Betriebstemperatur zu bestimmen. Der zweite Temperaturüberwachungssensor **64** kann derart konfiguriert sein, die Temperatur des Abgaszustroms zu überwachen und kann alternativ dazu konfiguriert sein, die Temperatur der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** zu überwachen.

[0034] Fig. 2 zeigt Einzelheiten des Reduktionsmittelinjektionsystems **40**, das das Reduktionsmittelliefersystem **30** und den Reduktionsmittelinjektor **55** aufweist. Der Reduktionsmittelinjektor **55** ist derart konfiguriert, dass er das Reduktionsmittel über eine Düse **58** abgibt, die in das Abgasrohr **56** eingesetzt ist. Der Reduktionsmittelinjektor **55** gibt das Reduktionsmittel in den Abgaszustrom ab, der durch das Abgasrohr **56** gelangt. Die Düse **58** des Reduktionsmittelinjektors **55** ist in das Abgasrohr **56** stromaufwärts der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** eingesetzt. Der Abgasdruck **59** in dem Abgasrohr **56** kann mit einem Abgasdrucksensor gemessen werden oder kann alternativ dazu auf Grundlage von Maschinenbetriebsbedingungen, einschließlich dem Abgasdurchfluss, geschätzt werden.

[0035] Der Reduktionsmittelinjektor **55** ist fluidtechnisch mit dem Reduktionsmittelliefersystem **30** über das Rohr **57** verbunden, das druckbeaufschlagtes Reduktionsmittelfluid führt, wodurch eine Lieferung eines druckbeaufschlagten Reduktionsmittels an den Reduktionsmittelinjektor **55** bereitgestellt wird. Der Reduktionsmittelinjektor **55** ist funktionell mit dem Steuermodul **5** verbunden und umfasst bevorzugt ein solenoidgesteuertes Fluidströmungssteuerventil, das fluidtechnisch mit der Düse **58** gekoppelt ist, die in das Abgasrohr **56** eingesetzt ist, um das Reduktionsmittel in den Abgaszustrom zu injizieren. Das Steuermodul **5** führt einen algorithmischen Code aus, um Betriebsbedingungen der Maschine **10** und Betriebsparameter des Nachbehandlungssystems **45** zu überwachen und einen Massendurchfluss des Abgaszustroms einschließlich einer Konzentration und einem Massendurchfluss von NO_x-Emissionen zu bestimmen. Es wird ein vorgeschriebener Reduktionsmittelmassendurchfluss **49** angewiesen. Der vorgeschriebene Reduktionsmittelmassendurchfluss **49** erreicht bevorzugt ein stöchiometrisches Verhältnis von Reduktionsmittel/NO_x und stellt einen ausreichenden Massendurchfluss des Reduktionsmittels bereit, um die Konzentration und die Massenströmung von NO_x-Emissionen zu Stickstoff in der Anwesenheit des katalytischen Materials der ammoniakselektiven katalytischen Reaktorvorrichtung **60** zu reduzieren.

[0036] Das Steuermodul **5** führt algorithmischen Code aus, um ein Injektorsteuersignal, beispielsweise ein pulsweitenmoduliertes Steuersignal **53**, zu dem Reduktionsmittelinjektor **55** bei einem angewiesenen Druck in dem Rohr **57** zu erzeugen, das dem vorgeschriebenen Reduktionsmittelmassendurchfluss **49** entspricht.

[0037] Das Reduktionsmittelliefersystem **30** weist eine Reduktionsmittelpumpe **32** und ein zugeordnetes Pumpensteuermodul **34** und einen Reduktionsmittelspeichertank **38** auf, der fluidtechnisch mit einem Einlassrohr **57'** zu der Reduktionsmittelpumpe **32** verbunden ist. Bei einer Ausführungsform weist die Reduktionsmittelpumpe **32** einen motorgetriebenen Verdrängerpumpenmechanismus auf, der einen Hubkolben aufweist, der in einem Gehäuse, das Einlass- und Auslassventile besitzt, enthalten ist. Die Hubbewegung des Kolbens wird durch einen elektrisch betriebenen Motor bewirkt, der durch das Pumpensteuermodul **34** betätigt wird. Ein Übersetzungsgetriebe zwischen dem Motor und dem Pumpenmechanismus kann ein Übersetzungsverhältnis für die Pumpe bereitstellen. In dem Reduktionsmittelspeichertank **38** gespeichertes Reduktionsmittel kann hinsichtlich einer Reduktionsmitteltemperatur **39** und einem Reduktionsmitteldruck **31** charakterisiert werden, wobei der Reduktionsmitteldruck **31** dem Einlassdruck zu der Reduktionsmittelpumpe **32** zugeordnet ist. Bevorzugt ist das Reduktionsmittelliefersystem **30** derart konfiguriert, dass eine Schwerkraftströmung von Reduktionsmittel von dem Reduktionsmittelspeichertank **38** zu dem Einlass der Reduktionsmittelpumpe **32** erfolgt. Der Auslass der Reduktionsmittelpumpe **32** ist fluidtechnisch mit dem Rohr **57** verbunden, das druckbeaufschlagtes Reduktionsmittel zu dem Reduktionsmittelinjektor **55** führt. Ein Drucksensor **36** ist derart konfiguriert, einen Reduktionsmitteldruck **37** in dem Rohr **57** bei einer Ausführungsform zu überwachen. Im Betrieb steuert das Steuermodul **5** das Reduktionsmittelliefersystem **30** auf einen bevorzugten Betriebszustand, beispielsweise durch Erzeugen eines bevorzugten Drucks **35** für das Reduktionsmittelliefersystem **30**. Eine Differenz zwischen dem überwachten Reduktionsmitteldruck **37** und dem bevorzugten Druck **35** in dem Rohr **57** wird bestimmt und an das Pumpensteuermodul **34** geliefert, das ein Pumpensteuersignal zum Betrieb der Reduktionsmittelpumpe **32** erzeugt. Das Pumpensteuermodul **34** steuert den Betrieb der Reduktionsmittelpumpe **32** in Ansprechen

auf das Pumpensteuersignal. Ein Steuerparameter für die Reduktionsmittelpumpe **32** kann ein Pumpensteuersignal aufweisen, das eine Pumpenmotordrehzahl oder einen Pumpenmotorbetriebszyklus **33** der Reduktionsmittelpumpe **32** aufweist. Bei einer Ausführungsform liegt der bevorzugte Druck **35** bei 6000 mbar (abs). Das Pumpensteuermodul **34** kann von dem Steuermodul **5** getrennt oder in dieses integriert sein. Sowohl das Steuermodul **5** als auch das Pumpensteuermodul **34** sind Teil des hier beschriebenen Steuersystems.

[0038] Während des fortlaufenden Betriebs führt das Steuermodul **5** eine Mehrzahl von Steuerschemata zur Steuerung des Reduktionsmittelinjektionssystems **40** und des Reduktionsmittelinjektors **55** aus, um Reduktionsmittel in den Abgasstrom bei einem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss \dot{U}_c abzugeben. Dies umfasst eine Ausführung von Steuerschemata zur Überwachung des Reduktionsmittelinjektors **55**.

[0039] Das Reduktionsmittelinjektionssystem **40** weist den Reduktionsmittelinjektor **55** an, bei einer Pulsbreite zu arbeiten, die dem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss entspricht. Ein Element zur Überwachung des Reduktionsmittelinjektors **55** umfasst bevorzugt ein Verifizieren, dass die angewiesene Injektorpulsbreite der Harnstoffinjektionsanweisung, die dem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss zugeordnet ist, entspricht. Die angewiesenen Injektorpulsbreiten und der Fluiddruck in dem Reduktionsmittelinjektionssystem **40** werden bevorzugt über eine vorbestimmte Zeitperiode koinzident überwacht. Eine erste Schätzung der injizierten Menge des Reduktionsmittels, die den angewiesenen Injektorpulsbreiten über die vorbestimmte Zeitperiode entspricht, wird berechnet. Eine zweite Schätzung der injizierten Menge des Reduktionsmittels, die dem koinzident überwachten Injektorpulsbreiten entspricht, wird berechnet. Die erste und zweite geschätzte injizierte Menge des Reduktionsmittels werden verglichen, und ein Fehler, der dem Reduktionsmittelinjektor **55** zugeordnet wird, wird festgestellt, wenn eine Differenz zwischen der ersten und zweiten geschätzten injizierten Menge des Reduktionsmittels eine Schwelle überschreitet. Dann kann eine anschließende Abhilfeaktion von dem Steuersystem auf Grundlage des detektierten Fehlers unternommen werden, die eine Modifikation des Pumpensteuersignals zum Betrieb der Reduktionsmittelpumpe **32** und des pulsbreitenmodulierten Steuersignals **53** zum Betrieb des Reduktionsmittelinjektors **55** einschließt.

[0040] Ein Steuerschema verifiziert, dass die angewiesene Injektorpulsbreite der Harnstoffinjektionsanweisung, die dem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss zugeordnet ist, entspricht, d. h. verifiziert, dass die angewiesene Injektorpulsbreite korrekt zu der Harnstoffinjektionsanweisung passt, die dem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss entspricht. Dies umfasst ein Verifizieren, dass der vorgeschriebene Reduktionsmittelmassendurchfluss \dot{U}_c mit dem Injektorsteuersignal korreliert, beispielsweise dem pulsbreitenmodulierten Steuersignal **53**.

[0041] Eine physikalische Beziehung zwischen einem Reduktionsmittelmassendurchfluss \dot{U} und dem pulsbreitenmodulierten Steuersignal **53** kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$\dot{U} = f_{FLÄCHE}(PWM) \sqrt{2 \frac{P}{RT_0} (P - P_{st})} \quad [1]$$

wobei

$f_{FLÄCHE}(PWM)$	eine äquivalente effektive offene Fläche der Düse 58 des Reduktionsmittelinjektors 55 ist, die unter Verwendung des pulsbreitenmodulierten Steuersignals 53 berechnet wird und diesem entspricht;
P	der Reduktionsmitteldruck 37 in dem Rohr 57 ist;
T_0	die Reduktionsmitteltemperatur 39 ist;
P_{st}	der Abgasdruck 59 in dem Abgasrohr 56 ist, in das die Düse 58 des Reduktionsmittelinjektors 55 eingesetzt ist; und
R	die ideale Gaskonstante ist.

[0042] Somit kann die in Gleichung 1 ausgedrückte physikalische Beziehung dazu verwendet werden, eine Beziehung zwischen einem vorgeschriebenen Reduktionsmittelmassendurchfluss \dot{U}_c und dem pulsbreitenmodulierten Steuersignal **53** zu beschreiben, um zu verifizieren, dass das pulsbreitenmodulierte Steuersignal **53** mit dem angewiesenen Reduktionsmittelmassendurchfluss **49** korreliert, der der vorgeschriebene Reduktionsmittelmassendurchfluss \dot{U}_c ist, wie hier beschrieben ist.

[0043] Ein Steuerschema zur Verifikation, dass das pulsbreitenmodulierte Steuersignal **53** mit dem angewiesenen Reduktionsmittelmassendurchfluss **49** korreliert, kann eine Bewertung einer Energiedichte umfassen. Die Energiedichte ist ein Verhältnis einer zeitbasierten Integration des vorgeschriebenen Reduktionsmittel-massendurchflusses \dot{U}_c und einer entsprechenden zeitbasierten Integration der äquivalenten effektiven offenen Fläche der Düse **58** des Reduktionsmittelinjektors **55**, die dem pulsbreitenmodulierten Steuersignal **53** entspricht, d. h. $f_{FLÄCHE}(PWM)$. Bei einer Ausführungsform wird die Energiedichte wie folgt berechnet:

$$\frac{\int f_{FLÄCHE}(PWM) \cdot Verstärkung(T_0, P_{st})}{\int \dot{U}_c} \quad [2]$$

wobei Verstärkung (T_0, P_{st}) ein Skalarwert ist, der der Reduktionsmitteltemperatur **39** T_0 und dem Abgasdruck **59** in dem Abgasrohr **56** entspricht, d. h. P_{st} . Die Größe der Skalarwerte für Verstärkung (T_0, P_{st}) können unter Verwendung der in Gleichung 1 beschriebenen Beziehung vorbestimmt werden. Das pulsbreitenmodulierte Steuersignal **53** korreliert mit dem angewiesenen Reduktionsmittel-massendurchfluss **49**, wenn die unter Verwendung von Gleichung 2 berechnete Energiedichte etwa gleich 1,0 ist.

[0044] Ein Steuerschema, um zu verifizieren, dass das pulsbreitenmodulierte Steuersignal **53** mit dem angewiesenen Reduktionsmittel-massendurchfluss **49** korreliert, kann eine Ausführung einer PWM-Form-Korrelationsprüfung aufweisen. Die PWM-Form-Korrelationsprüfung umfasst ein Berechnen einer statistischen Korrelation zwischen der äquivalenten effektiven offenen Fläche der Düse **58** des Reduktionsmittelinjektors **55**, die dem pulsbreitenmodulierten Steuersignal **53** entspricht, d. h. $f_{FLÄCHE}(PWN)$, multipliziert mit der Verstärkung (T_0, P_{st}), und dem vorgeschriebenen Reduktionsmittel-massendurchfluss \dot{U}_c . Die statistische Korrelation wird bevorzugt fortlaufend über eine vorbestimmte Zeitperiode berechnet, wie folgt: $\text{korr}(f_{FLÄCHE}(PWM) \cdot Verstärkung(T_0, P_{st}), \dot{U}_c) > 0.8$ (normal)[3]

[0045] Das pulsbreitenmodulierte Steuersignal **53** korreliert mit dem angewiesenen Reduktionsmittel-massendurchfluss **49**, wenn der unter Verwendung von Gleichung 3 berechnete statistische Korrelationskoeffizient bei einer Ausführungsform größer als 0,8 ist.

[0046] Der Betrieb des Reduktionsmittelinjektors **55** wird nur überwacht, wenn verifiziert worden ist, dass das pulsbreitenmodulierte Steuersignal **53** mit dem angewiesenen Reduktionsmittel-massendurchfluss **49** bevorzugt unter Verwendung der Beziehungen, wie hier oben beschrieben ist, korreliert, d. h. innerhalb einer zulässigen Fehlerspanne liegt. Die angewiesenen Injektorpulsbreiten sowie der Injektor-druck werden bevorzugt über eine vorbestimmte Zeitperiode koinzident überwacht.

[0047] Eine erste Schätzung $V1$ der injizierten Menge des Reduktionsmittels, die den angewiesenen Injektorpulsbreiten über die vorbestimmte Zeitperiode entspricht, wird berechnet. Dies umfasst ein Überwachen des pulsbreitenmodulierten Steuersignals **53** und das Berechnen eines Durchschnittswerts des pulsbreitenmodulierten Steuersignals **53** über eine Zeitperiode. Bei einer Ausführungsform ist der berechnete Durchschnittswert des pulsbreitenmodulierten Steuersignals **53** ein gleitender Durchschnitt, der als $f_{MA}(PWM)$ ausgedrückt und unter Verwendung bekannter statistischer Verfahren berechnet wird und Faktoren berücksichtigt, die mit Zykluszeiten und einem Betrieb in Verbindung stehen, um Fehler zu entfernen. Der berechnete gleitende Durchschnitt des pulsbreitenmodulierten Steuersignals **53**, d. h. $f_{MA}(PWM)$, wird als eine Funktion der Zeit integriert, was wie folgt ausgedrückt wird:

$$Y1 = A \cdot \int f_{MA}(PWM) dt \quad [4]$$

wobei A ein Skalarterm ist. Der zeitintegrierte Wert des berechneten gleitenden Durchschnitts des pulsbreitenmodulierten Steuersignals **53** wird dazu verwendet, die erste Schätzung $Y1$ der injizierten Menge an Reduktionsmittel unter Verwendung der in Gleichung 1 ausgedrückten Beziehung zu berechnen.

[0048] Fig. 3 zeigt graphisch Daten, die einem Betrieb eines beispielhaften Reduktionsmittelinjektions-systems **40** zugeordnet sind und einen Reduktionsmittel-massendurchfluss **310** (in mg/s) aufweisen, der über eine verstrichene Zeit (in s) **330** für eine Mehrzahl von Injektorsteuersignalen, beispielsweise pulsbreitenmodulierten Steuersignalen **53** aufgetragen ist. Die Daten umfassen auch eine zeitkorrelierte Messung des Drucks **320**, d. h. des Drucks **37** in dem Rohr **57** des Reduktionsmittelinjektions-systems **40**. Es ist eine berechnete Druckvarianz **340**, die der zeitkorrelierten Messung des Drucks **320** entspricht, gezeigt. Die Daten geben an, dass eine Beziehung zwischen dem Reduktionsmittel-massendurchfluss **310** und der berechneten Druckvarianz **340**

besteht. Wie gezeigt ist, steigt die berechnete Druckvarianz **340** mit einer Zunahme des Reduktionsmittelmassendurchflusses **310**. Diese Beziehung erlaubt die Herstellung einer Korrelation zwischen einem pulsweitenmodulierten Steuersignal **53** und der Varianz des Drucks **37** in dem Rohr **57** des Reduktionsmittelinjektionsystems **40** für ein beispielhaftes System, das wie hier beschrieben aufgebaut ist.

[0049] Die zweite Schätzung Y_2 der injizierten Menge an Reduktionsmittel, die dem koinzident überwachten Injektordruck entspricht, kann unter Verwendung der Beziehung zwischen dem pulsweitenmodulierten Steuersignal **53** und einer Varianz des Drucks **37** in dem Rohr **57** des Reduktionsmittelinjektionsystems **40** berechnet werden. Dies umfasst eine Überwachung des Drucks **37** in dem Rohr **57** des Reduktionsmittelinjektionsystems **40** und eine fortwährende Berechnung eines Druckfehlers Δp , der eine arithmetische Differenz zwischen dem vorher erwähnten bevorzugten Druck **35** und dem überwachten Reduktionsmitteldruck **37** in dem Rohr **57** ist.

[0050] Eine Standardabweichung des Druckfehlers Δp wird berechnet und dazu verwendet, eine korrigierte Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmittelmassendurchfluss zu berechnen, wie folgt:

$$f(t) = \text{std}(\Delta p) \cdot \text{Verstärkung(PWM)} \quad [5]$$

wobei $\text{std}(\Delta p)$ die Standardabweichung des Druckfehlers Δp ist; und Verstärkung(PWM) ein Skalarwert ist, der aus der in **Fig. 3** gezeigten Beziehung abgeleitet ist, um die Varianz des Drucks **37** in dem Rohr **57** des Reduktionsmittelinjektionsystems **40** in einen korrelierten Reduktionsmittelmassendurchfluss umzuwandeln.

[0051] Die korrigierte Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmittelmassendurchfluss wird über die Zeit integriert, was wie folgt ausgedrückt wird:

$$Y_2 = \int f(t) dt \quad [6]$$

[0052] Der zeitintegrierte Wert der korrigierten Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmittelmassendurchfluss wird dazu verwendet, die zweite Schätzung Y_2 der injizierten Menge des Reduktionsmittels zu bestimmen, die dem koinzident überwachten Druck **37** in dem Rohr **57** des Reduktionsmittelinjektionsystems **40** entspricht.

[0053] Die erste und zweite geschätzte injizierte Menge von Reduktionsmittel, d. h. Y_1 bzw. Y_2 , werden verglichen, und es wird ein Fehler, der dem Reduktionsmittelinjektor **55** zugeordnet ist, identifiziert, wenn eine Differenz zwischen der ersten und zweiten injizierten Menge des Reduktionsmittels eine Schwelle überschreitet.

[0054] **Fig. 4** zeigt graphisch eine erste und zweite Schätzung Y_1 **410** bzw. Y_2 **420** der injizierten Menge an Reduktionsmittel, aufgetragen als eine Funktion der verstrichenen Zeit **430** für ein beispielhaftes Reduktionsmittelinjektionsystem **40**. Wie vorher beschrieben wurde, kann ein dem Reduktionsmittelinjektor **55** zugeordneter Fehler festgestellt werden, wenn eine Differenz zwischen der ersten und zweiten Schätzung Y_1 **410** bzw. Y_2 **420** der injizierten Menge an Reduktionsmittel eine Schwelle überschreitet.

[0055] **Fig. 5** zeigt graphisch einen Injektorbetriebszyklus **53** und einen entsprechenden Reduktionsmitteldruck **37** in dem Rohr **57**, aufgetragen als eine Funktion der verstrichenen Zeit **330** für eine Ausführungsform des hier beschriebenen Systems. Anfänglich wird das System bei einem fixierten PWM-Betriebszyklus von etwa 38% betrieben. Wie an verschiedenen Punkten an dem Graph gezeigt ist, resultiert eine Abnahme des Injektorbetriebszyklus **53** in einer entsprechenden Zunahme des Reduktionsmitteldrucks **37** in dem Rohr **57**, und eine Zunahme des Injektorbetriebszyklus **53** resultiert in einer entsprechenden Abnahme des Reduktionsmitteldrucks **37** in dem Rohr **57**. Jede Änderung des Injektorbetriebszyklus **53** resultiert auch in einem Welligkeitseffekt auf den Reduktionsmitteldruck **37** in dem Rohr **57**. Somit kann der Injektorbetriebszyklus **53** dazu verwendet werden, die erste Schätzung Y_1 der injizierten Menge des Reduktionsmittels zu berechnen.

[0056] Die Offenbarung hat bestimmte bevorzugte Ausführungsformen und Modifikationen daran beschrieben. Weitere Modifikationen und Abwandlungen können dem Fachmann beim Lesen und Verstehen der Beschreibung offensichtlich werden. Daher ist es beabsichtigt, dass die Offenbarung nicht auf die bestimmte(n) Ausführungsform(en) beschränkt ist, die als die beste Art offenbart ist/sind, die zur Ausführung dieser Offenbarung denkbar ist, sondern dass die Offenbarung alle Ausführungsformen umschließt, die in den Schutzzumfang der angefügten Ansprüche fallen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Überwachen eines Reduktionsmittelinjektors (55) eines Reduktionsmittelinjektionsystems (40), wobei der Reduktionsmittelinjektor (55) derart konfiguriert ist, ein Reduktionsmittel in einen Abgaszustrom einer Brennkraftmaschine (10) stromaufwärts einer Vorrichtung (60) für selektive katalytische Reduktion abzugeben, umfassend:

Erzeugen von Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Erfassen der Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Verifizieren, dass ein vorgeschriebener Reduktionsmitteldurchfluss (49) den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht;

Überwachen eines Fluiddrucks (37) in dem Reduktionsmittelinjektionsystem (40);

Schätzen einer ersten injizierten Menge Y1 des Reduktionsmittels entsprechend den Injektorpulsbreitenanweisungen (53), wobei das Schätzen der ersten injizierten Menge umfasst:

Berechnen eines gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Integrieren des gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53); und

Schätzen der ersten injizierten Menge des Reduktionsmittels auf Grundlage des integrierten gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53);

Schätzen einer zweiten injizierten Menge Y2 des Reduktionsmittels entsprechend dem Fluiddruck (37) in dem Reduktionsmittelinjektionsystem (40), wobei das Schätzen der zweiten injizierten Menge umfasst:

Berechnen einer korrigierten Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmitteldurchfluss unter Verwendung der Gleichung:

$$f(t) = \text{std}(\Delta p) \cdot \text{Verstärkung(PWM)},$$

wobei $\text{std}(\Delta p)$ die Standardabweichung eines Druckfehlers Δp ist, der eine Differenz zwischen einem bevorzugten Fluiddruck (35) und dem überwachten Fluiddruck (37) ist, und

Verstärkung(PWM) ein Skalarwert ist, der anhand einer Korrelation der Injektorpulsbreitenanweisungen (53) mit der Standardabweichung des Fluiddrucks (37) abgeleitet wird; und

Schätzen der zweiten injizierten Menge Y2 an Reduktionsmittel anhand eines zeitintegrierten Werts der korrigierten Standardfunktion $f(t)$ für den Reduktionsmitteldurchfluss gemäß:

$$Y2 = \int f(t) dt; \text{ und}$$

Vergleichen der ersten und zweiten injizierten Menge Y1 und Y2 an Reduktionsmittel;

Detektieren eines Fehlers, der dem Reduktionsmittelinjektor (55) zugeordnet ist, wenn eine Differenz zwischen der ersten und zweiten injizierten Menge Y1 und Y2 des Reduktionsmittels eine Schwelle überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verifizieren, dass der vorgeschriebene Reduktionsmitteldurchfluss (49) den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht, ein Berechnen eines erwarteten Reduktionsmitteldurchflusses entsprechend einer äquivalenten effektiven offenen Fläche einer Düse des Reduktionsmittelinjektors (55), die den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht, dem Fluiddruck (37) in dem Reduktionsmittelinjektionsystem (40) und einer Temperatur des Reduktionsmittels umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verifizieren, dass der vorgeschriebene Reduktionsmitteldurchfluss (49) den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht, ferner ein Berechnen eines Verhältnisses einer Integration des vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchflusses (49) und einer koinzidenten Integration der äquivalenten effektiven offenen Fläche einer Düse (58) des Reduktionsmittelinjektors (55) umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verifizieren, dass der vorgeschriebene Reduktionsmitteldurchfluss (49) den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht, ein Berechnen einer statistischen Korrelation zwischen einer äquivalenten effektiven offenen Fläche einer Düse (58) des Reduktionsmittelinjektors (55), die den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entspricht, und dem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss (49) umfasst.

5. System zum Abgeben eines Reduktionsmittels in einen Abgaszustrom einer Brennkraftmaschine (10) stromaufwärts einer Vorrichtung (60) für selektive katalytische Reduktion, umfassend:

eine Quelle (38) für druckbeaufschlagtes Reduktionsmittel;

einen Reduktionsmittelinjektor (55), der derart konfiguriert ist, das druckbeaufschlagte Reduktionsmittel aufzunehmen und das Reduktionsmittel in den Abgaszustrom abzugeben;

einen Drucksensor (36), der derart konfiguriert ist, den Druck des druckbeaufschlagten Reduktionsmittels zu überwachen; und
 ein Steuermodul (5),
 das Injektorpulsbreitenanweisungen (53) entsprechend einem vorgeschriebenen Reduktionsmitteldurchfluss (49) zu dem Reduktionsmittelinjektor (55) bereitstellt,
 das den Drucksensor (36) überwacht,
 das eine erste injizierte Menge Y1 des Reduktionsmittels entsprechend den Injektorpulsbreitenanweisungen (53) nach einem Berechnen eines gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53) und nach einem Integrieren des gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53) auf Grundlage des integrierten gleitenden Durchschnitts der Injektorpulsbreitenanweisungen (53) schätzt,
 das eine zweite injizierte Menge Y2 des Reduktionsmittels entsprechend der Größe der Varianz (340) des Fluiddrucks (37) in dem Reduktionsmittelinjektionssystem (40) schätzt,
 indem das Steuermodul (5) eine korrigierte Standardfunktion f(t) für den Reduktionsmitteldurchfluss unter Verwendung der Gleichung berechnet:

$$f(t) = \text{std}(\Delta p) \cdot \text{Verstärkung(PWM)},$$

wobei $\text{std}(\Delta p)$ die Standardabweichung eines Druckfehlers Δp ist, der eine Differenz zwischen einem bevorzugten Fluiddruck (35) und dem überwachten Fluiddruck (37) ist, und
 Verstärkung(PWM) ein Skalarwert ist, der anhand einer Korrelation der Injektorpulsbreitenanweisungen (53) mit der Standardabweichung des Fluiddrucks (37) abgeleitet ist; und
 indem das Steuermodul (5) die zweite injizierte Menge Y2 an Reduktionsmittel anhand eines zeitintegrierten Werts der korrigierten Standardfunktion f(t) für den Reduktionsmitteldurchfluss schätzt gemäß:

$$Y2 = \int f(t) dt; \text{ und}$$

das die erste und zweite injizierte Menge Y1 und Y2 an Reduktionsmittel vergleicht, und
 das einen Fehler, der dem Reduktionsmittelinjektor (55) zugeordnet ist, detektiert, wenn eine Differenz zwischen der ersten und zweiten injizierten Menge Y1 und Y2 des Reduktionsmittels eine Schwelle überschreitet.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

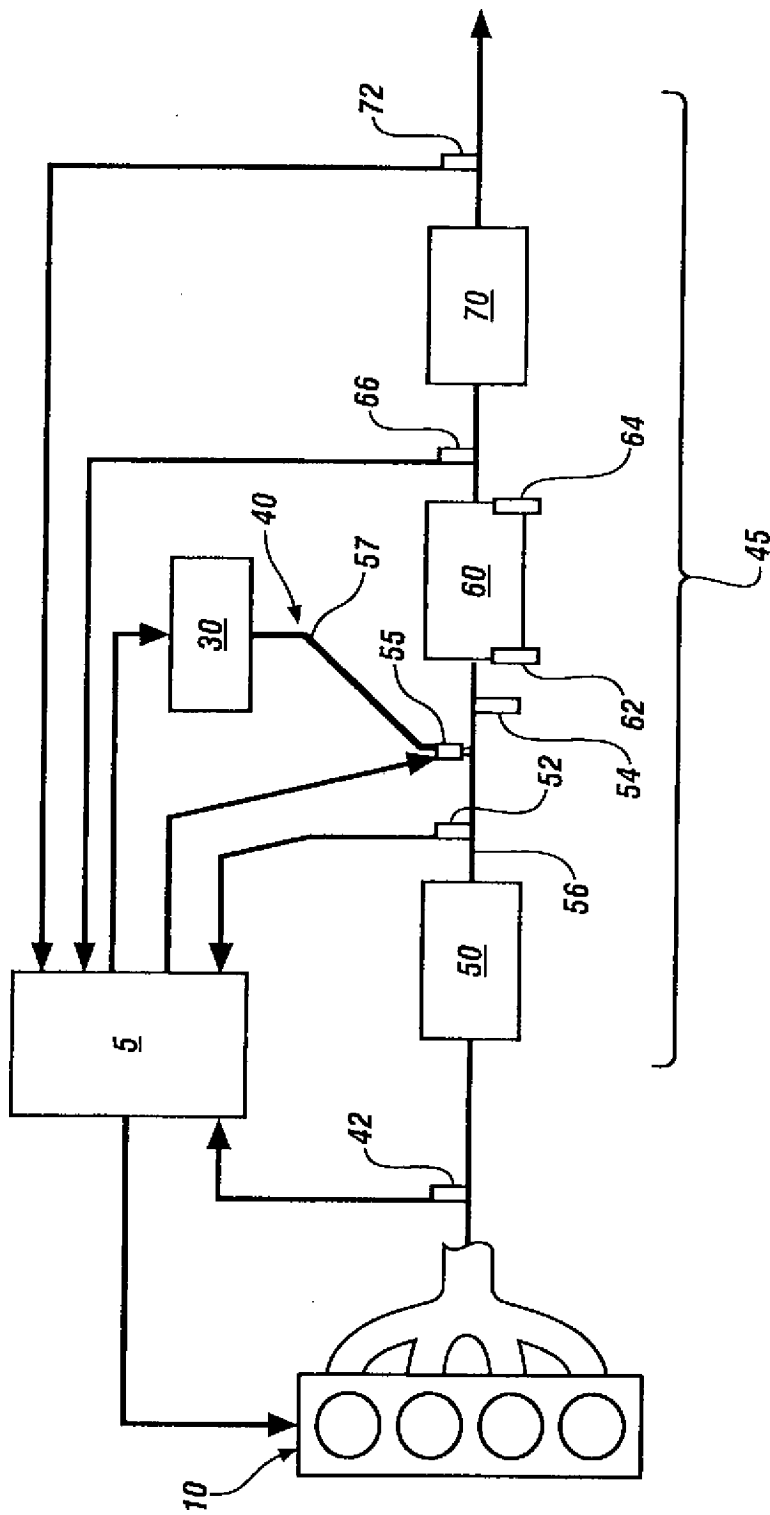


FIG. 1

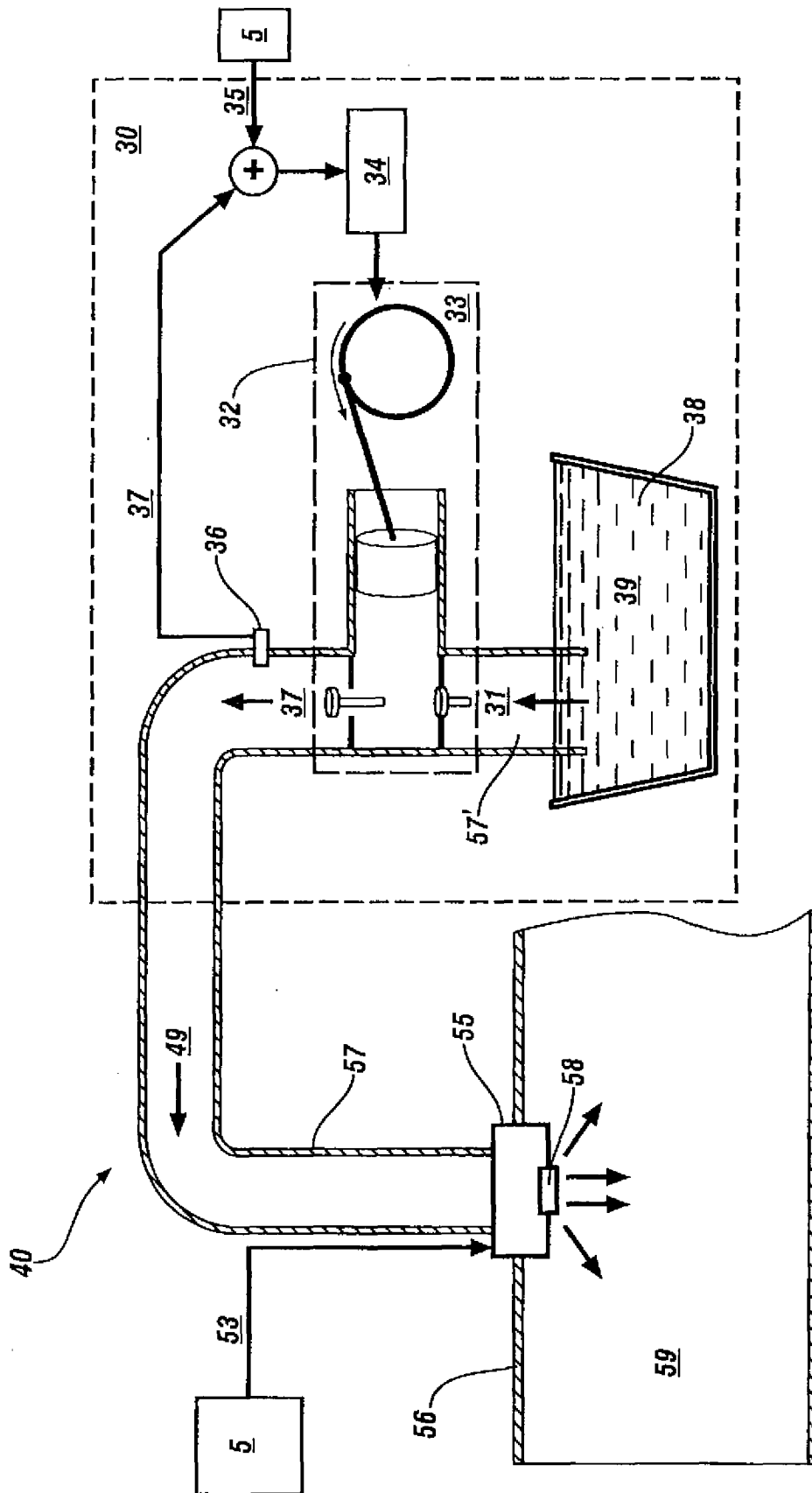


FIG. 2

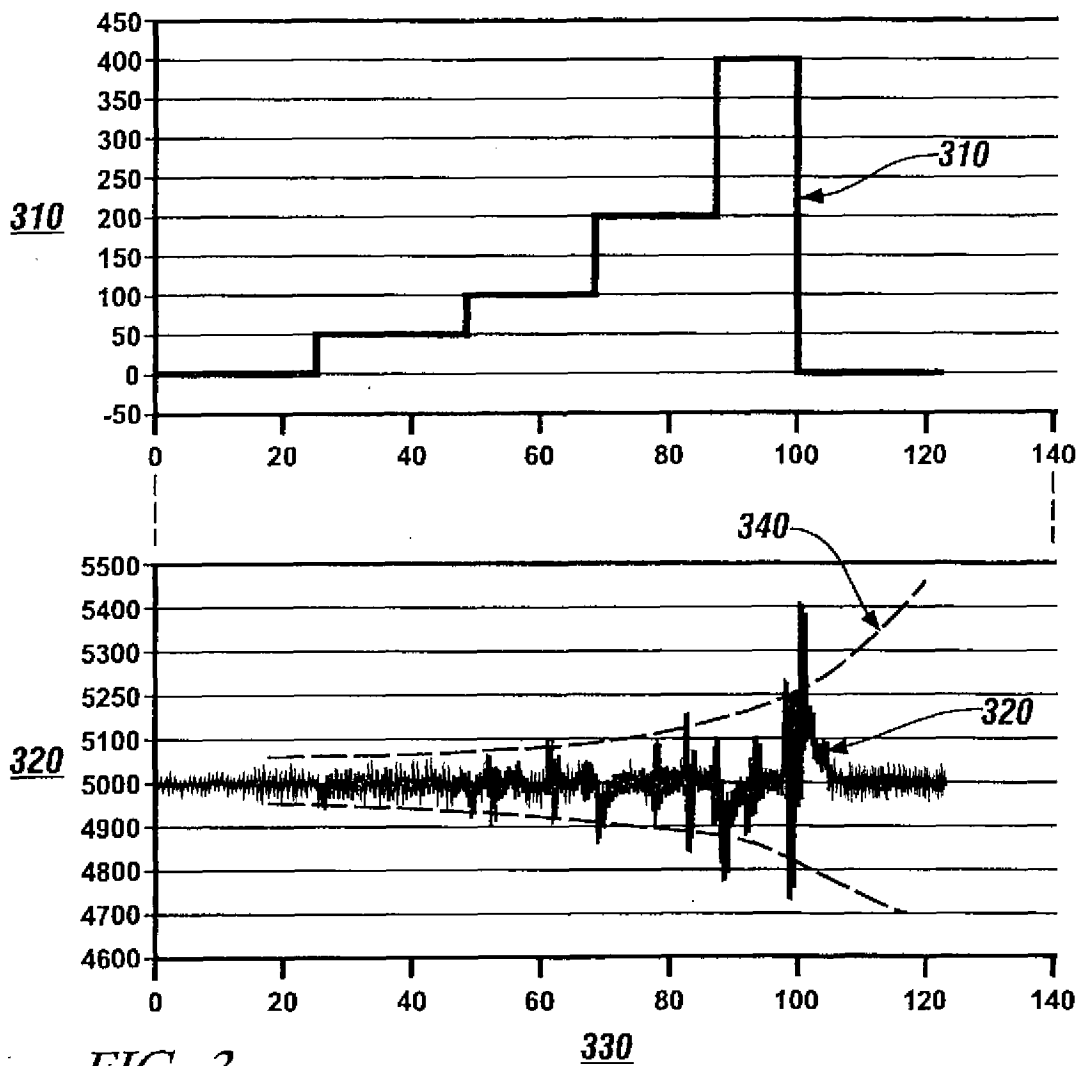


FIG. 3

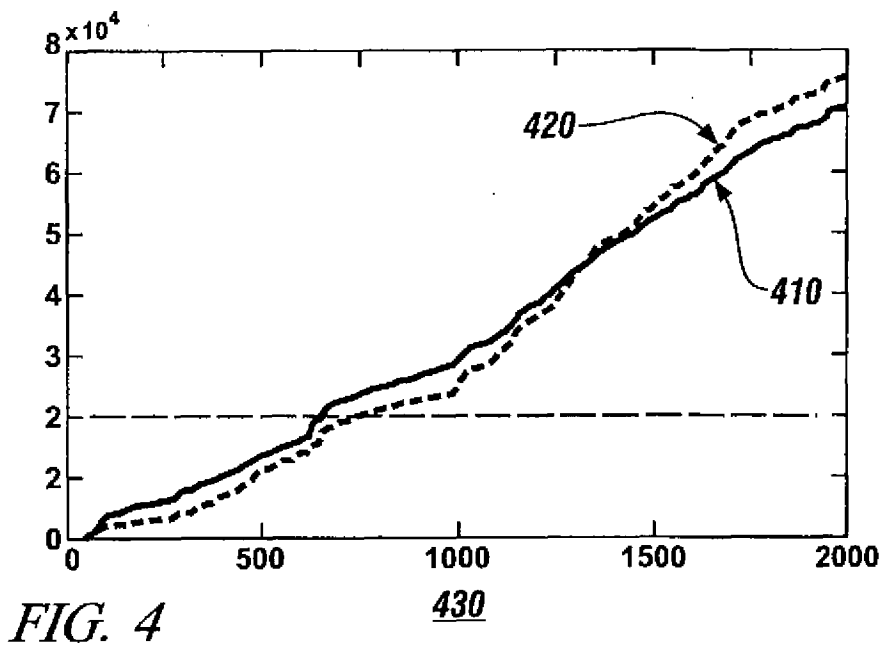


FIG. 4

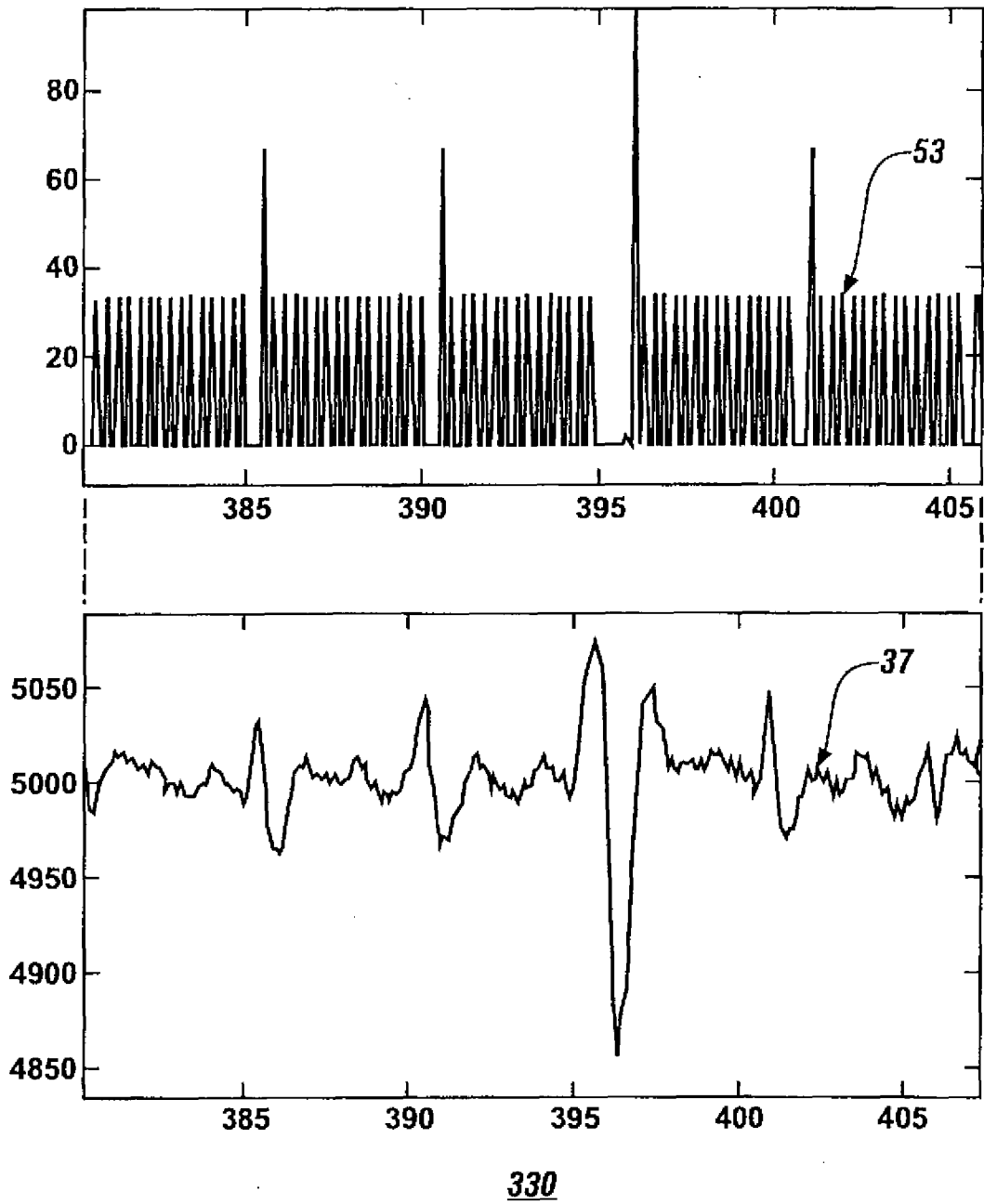


FIG. 5