



(12) **Gebrauchsmusterschrift**

(21) Aktenzeichen: **20 2015 008 555.5**
(22) Anmeldetag: **14.12.2015**
(47) Eintragungstag: **16.03.2017**
(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **27.04.2017**

(51) Int Cl.: **F01N 9/00 (2006.01)**
F01N 3/08 (2006.01)

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:
**GM Global Technology Operations LLC (n. d.
Gesetzen des Staates Delaware), Detroit, Mich.,
US**

(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:
**Spitzfaden, Ralf, Dr., 65428 Rüsselsheim am Main,
DE**

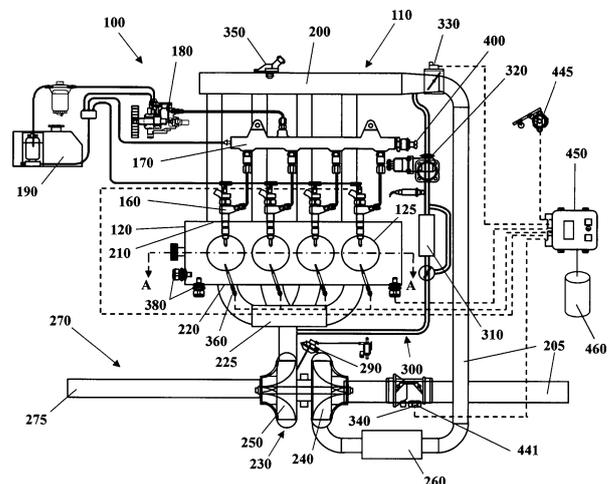
(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 10 2015 103 031 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Computerprogramm zur Steuerung eines Injektors zur Einspritzung eines Reduktionsmittels in ein Abgassystem eines Verbrennungsmotors**

(57) Hauptanspruch: Computerprogramm zur Steuerung eines Injektors (287) zur Einspritzung eines Reduktionsmittels (286) in ein Abgasnachbehandlungssystem (270) eines Verbrennungsmotors (110), das einen Programmcode umfasst, der, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird, die folgenden Schritte durchführt:

- Bestimmen einer in einem selektiven katalytischen Reduktionssystem (282) gespeicherten Reduktionsmittelmenge auf Basis einer in einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) des selektiven katalytischen Reduktionssystems (282) gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer in einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) des selektiven katalytischen Reduktionssystems (282) gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge;
- Bestimmen eines Sollwerts des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem (282) gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) angeordneten Substrats (284');
- Berechnen einer Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert;
- Anpassen einer in das Abgasnachbehandlungssystem (270) eingespritzten Reduktionsmitteldosis auf Basis der berechneten Differenz; und
- Betätigen des Injektors (287), um die angepasste Dosis an Reduktionsmittel (286) einzuspritzen.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Computerprogramm zur Steuerung eines Injektors zur Einspritzung eines Reduktionsmittels in ein Abgasnachbehandlungssystem eines Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs, typischerweise eines Dieselmotors, der mit Abgasnachbehandlungssystemen ausgestattet ist, die Katalysatoren zur selektiven katalytischen Reduktion umfassen.

HINTERGRUND

[0002] Selektive katalytische Reduktionssysteme (SCR-Systeme), die dafür ausgelegt sind, Stickoxide (NO_x) durch Stickstoffverbindungen zu reduzieren, können in Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen eingebaut werden.

[0003] Bekannte Mehrkomponenten-SCR-Systeme, d. h. SCR-Systeme, die einen direktgekoppelten SCR-Katalysator auf einem Filter (SCRoF) und einen Unterboden-SCR-Katalysator umfassen, sind temperaturmäßig günstiger und führen im Vergleich zu Einkomponenten-SCR-Systemen zu einer signifikanten Verbesserung der gesamten NO_x-Umwandlung.

[0004] Um bei der Senkung der Emissionen einen maximalen Wirkungsgrad der NO_x-Umwandlung und einen minimalen Verbrauch an Reduktionsmittel (d. h. wässriger Harnstofflösung) durch die Mehrkomponenten-SCR-Systeme zu gewährleisten, ist es notwendig, die Steuerung der stromaufwärts vom SCRoF in den Abgasstrom eingespritzten Reduktionsmitteldosis zu verbessern.

[0005] Angesichts der obigen Ausführungen besteht ein Ziel der vorliegenden Offenbarung darin, eine Lösung für dieses Problem zu schaffen.

[0006] Diese und andere Ziele werden durch die Ausführungsformen der Erfindung erreicht, welche die in den unabhängigen Ansprüchen beschriebenen Merkmale aufweisen. Die abhängigen Ansprüche beschreiben bevorzugte und/oder besonders vorteilhafte Aspekte.

KURZBESCHREIBUNG

[0007] Eine Ausführungsform der Offenbarung schafft ein Computerprogramm zur Steuerung eines Injektors zur Einspritzung eines Reduktionsmittels in ein Abgasnachbehandlungssystem eines Verbrennungsmotors, das einen Programmcode umfasst, der, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird, die folgenden Schritte durchführt:

- Bestimmen einer in einem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittelmenge auf Basis einer in einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion des selektiven katalytischen Reduktionssystems gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer in einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion des selektiven katalytischen Reduktionssystems gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge;
- Bestimmen eines Sollwerts des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats;
- Berechnen einer Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert;
- Anpassen einer in das Abgasnachbehandlungssystem eingespritzten Reduktionsmitteldosis auf Basis der berechneten Differenz; und
- Betätigen des Injektors, um die angepasste Reduktionsmitteldosis einzuspritzen.

[0008] Dank dieser Lösung ist es möglich, die Steuerung der stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eines Mehrkomponenten-SCR-Systems in den Abgasstrom eingespritzten Reduktionsmitteldosis zu verbessern, die NO_x-Umwandlung des SCR-Systems zu maximieren und die durch das SCR-System in die äußere Umgebung freigesetzte Ammoniakmenge zu minimieren.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform kann der Sollwert als eine Summe eines ersten Sollwerts des im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten Reduktionsmittels und eines Produkts aus einem zweiten Sollwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten Reduktionsmittels und einem Multiplikator berechnet werden, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats basiert.

[0010] Dank dieser Lösung ist es möglich, die stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eines Mehrkomponenten-SCR-Systems in den Abgasstrom eingespritzte Reduktionsmitteldosis zu steuern und mit geringem Kalibrationsaufwand sowie geringer Rechenleistung zu korrigieren. Tatsächlich können bekannte Modelle der in ein Einkomponenten-SCR-System eingespritzten Reduktionsmitteldosis einfach angepasst werden, um die in ein Mehrkomponenten-SCR-System eingespritzte Reduktionsmitteldosis zu steuern.

[0011] Gemäß einer Ausführungsform kann die Reduktionsmittelmenge als eine Summe der ersten Reduktionsmittelmenge und eines Produkts aus der zweiten Reduktionsmittelmenge und einem zweiten

Multiplikator berechnet werden, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats basiert.

[0012] Dank dieser Lösung ist es möglich, die stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator in den Abgasstrom eingespritzte Reduktionsmitteldosis als Funktion der maximalen Speicherkapazität des SCR-Systems bei der tatsächlichen Temperatur der SCR-Katalysatoren des SCR-Systems zu steuern.

[0013] Gemäß einer Ausführungsform kann der erste Multiplikator gleich dem zweiten Multiplikator sein.

[0014] Dank dieser Lösung kann die Bestimmung des Sollwerts mit geringem Kalibrationsaufwand und geringer Rechenleistung durchgeführt werden.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens des ersten Sollwerts den Schritt des Schätzens des ersten Sollwerts auf Basis einer Temperatur eines im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten ersten Substrats und eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases umfassen.

[0016] Dank dieser Lösung kann der erste Sollwert unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im ersten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens des zweiten Sollwerts den Schritt des Schätzens des zweiten Sollwerts auf Basis einer Temperatur des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats und eines Massendurchsatzes des durch den zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases umfassen.

[0018] Dank dieser Lösung kann der zweite Sollwert unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im zweiten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens der ersten Menge den Schritt des Schätzens der ersten Menge auf Basis einer Temperatur des in den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion eintretenden Abgases, eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Re-

duktion strömenden Abgases und eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion umfassen.

[0020] Dank dieser Lösung kann die erste Menge unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im ersten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens der zweiten Menge den Schritt des Schätzens der zweiten Menge auf Basis eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion sowie auf Basis eines Reduktionsmittelanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion umfassen.

[0022] Dank dieser Lösung kann die zweite Menge unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im zweiten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0023] Die vorliegende Lösung kann auch in Form eines Computerprogrammprodukts ausgeführt sein, das einen Träger umfasst, auf dem das Computerprogramm gespeichert ist. Insbesondere kann die vorliegende Erfindung in Form einer Vorrichtung zur Steuerung eines Injektors zur Einspritzung eines Reduktionsmittels in ein Abgasrohr eines Verbrennungsmotors ausgeführt sein, die ein elektronisches Steuergerät, einen mit dem elektronischen Steuergerät verbundenen Datenträger und das in dem Datenträger gespeicherte Computerprogramm umfasst. Eine andere Ausführungsform kann ein elektromagnetisches Signal bereitstellen, das derart moduliert wird, dass es eine Sequenz von Datenbits trägt, die das Computerprogramm darstellen.

[0024] Eine andere Ausführungsform, die im Wesentlichen die gleichen Effekte wie das oben beschriebene Computerprogramm hat, schafft einen Verbrennungsmotor, umfassend:

- ein Abgasnachbehandlungssystem, umfassend ein selektives katalytisches Reduktionssystem mit einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion, der in Fluidverbindung mit dem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und steht und stromabwärts davon angeordnet ist, und einen Injektor, der in Fluidverbindung mit einem Redukti-

onsmittel steht und dafür ausgelegt ist, eine Reduktionsmitteldosis stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion in das Abgasnachbehandlungssystem einzuspritzen;

- ein Steuergerät, das dafür ausgelegt ist:
- eine in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherte Reduktionsmittelmenge auf Basis einer im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge zu bestimmen;
- einen Sollwert des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats zu bestimmen;
- eine Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert zu berechnen;
- die in das Abgasnachbehandlungssystem eingespritzte Reduktionsmitteldosis auf Basis der berechneten Differenz anzupassen; und
- den Injektor zu betätigen, um die angepasste Reduktionsmitteldosis einzuspritzen.

[0025] Eine andere Ausführungsform der Lösung schafft ein Kraftfahrzeugsystem, das mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet ist, wie er vorstehend offenbart wurde.

[0026] Eine weitere Ausführungsform der Lösung schafft ein Verfahren zur Steuerung eines Injektors zur Einspritzung eines Reduktionsmittels in ein Abgasnachbehandlungssystem eines Verbrennungsmotors, das die folgenden Schritte umfasst:

- Bestimmen einer in einem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittelmenge auf Basis einer in einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion des selektiven katalytischen Reduktionssystems gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer in einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion des selektiven katalytischen Reduktionssystems gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge;
- Bestimmen eines Sollwerts des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats;
- Berechnen einer Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert;

- Anpassen einer in das Abgasnachbehandlungssystem eingespritzten Reduktionsmitteldosis auf Basis der berechneten Differenz; und
- Betätigen des Injektors, um die angepasste Reduktionsmitteldosis einzuspritzen.

[0027] Dank dieser Lösung ist es möglich, die Steuerung der stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eines Mehrkomponenten-SCR-Systems in den Abgasstrom eingespritzten Reduktionsmitteldosis zu verbessern, die NO_x-Umwandlung des SCR-Systems zu maximieren und die durch das SCR-System in die äußere Umgebung freigesetzte Ammoniakmenge zu minimieren.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform kann der Sollwert als eine Summe eines ersten Sollwerts des im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten Reduktionsmittels und eines Produkts aus einem zweiten Sollwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten Reduktionsmittels und einem Multiplikator berechnet werden, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats basiert.

[0029] Dank dieser Lösung ist es möglich, die stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eines Mehrkomponenten-SCR-Systems in den Abgasstrom eingespritzte Reduktionsmitteldosis zu steuern und mit geringem Kalibrationsaufwand sowie geringer Rechenleistung zu korrigieren. Tatsächlich können bekannte Modelle der in ein Einkomponenten-SCR-System eingespritzten Reduktionsmitteldosis einfach angepasst werden, um die in ein Mehrkomponenten-SCR-System eingespritzte Reduktionsmitteldosis zu steuern.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform kann die Reduktionsmittelmenge als eine Summe der ersten Reduktionsmittelmenge und eines Produkts aus der zweiten Reduktionsmittelmenge und einem zweiten Multiplikator berechnet werden, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats basiert.

[0031] Dank dieser Lösung ist es möglich, die in den Abgasstrom stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eingespritzte Reduktionsmitteldosis als Funktion der maximalen Speicherkapazität des SCR-Systems bei der tatsächlichen Temperatur der SCR-Katalysatoren des SCR-Systems zu steuern.

[0032] Gemäß einer Ausführungsform kann der erste Multiplikator gleich dem zweiten Multiplikator sein.

[0033] Dank dieser Lösung kann die Bestimmung des Sollwerts mit geringem Kalibrationsaufwand und geringer Rechenleistung durchgeführt werden.

[0034] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens des ersten Sollwerts den Schritt des Schätzens des ersten Sollwerts auf Basis einer Temperatur eines im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten ersten Substrats und eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases umfassen.

[0035] Dank dieser Lösung kann der erste Sollwert unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im ersten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens des zweiten Sollwerts den Schritt des Schätzens des zweiten Sollwerts auf Basis einer Temperatur des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats und eines Massendurchsatzes des durch den zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases umfassen.

[0037] Dank dieser Lösung kann der zweite Sollwert unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im zweiten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0038] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens der ersten Menge den Schritt des Schätzens der ersten Menge auf Basis einer Temperatur des in den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion eintretenden Abgases, eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases und eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion umfassen.

[0039] Dank dieser Lösung kann die erste Menge unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im ersten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0040] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Schritt des Bestimmens der zweiten Menge den Schritt des Schätzens der zweiten Menge auf Basis eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion sowie auf Basis eines Reduktionsmittelanteils im Abgas stromauf-

wärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion umfassen.

[0041] Dank dieser Lösung kann die zweite Menge unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NO_x-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im zweiten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0042] Eine andere Ausführungsform der Lösung schafft eine Vorrichtung zur Steuerung eines Injektors zur Einspritzung eines Reduktionsmittels in ein Abgasnachbehandlungssystem eines Verbrennungsmotors, umfassend:

- Mittel zum Bestimmen einer in einem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittelmenge auf Basis einer in einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion des selektiven katalytischen Reduktionssystems gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer in einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion des selektiven katalytischen Reduktionssystems gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge;
- Mittel zum Bestimmen eines Sollwerts des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats;
- Mittel zum Berechnen einer Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert;
- Mittel zum Anpassen einer in das Abgasnachbehandlungssystem eingespritzten Reduktionsmitteldosis auf Basis der berechneten Differenz; und
- Mittel zum Betätigen des Injektors, um die angepasste Reduktionsmitteldosis einzuspritzen.

[0043] Dank dieser Lösung ist es möglich, die Steuerung der stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eines Mehrkomponenten-SCR-Systems in den Abgasstrom eingespritzten Reduktionsmitteldosis zu verbessern, die NO_x-Umwandlung des SCR-Systems zu maximieren und die durch das SCR-System in die äußere Umgebung freigesetzte Ammoniakmenge zu minimieren.

[0044] Gemäß einer Ausführungsform kann die Vorrichtung Mittel umfassen, um den Sollwert als eine Summe eines ersten Sollwerts des im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten Reduktionsmittels und eines Produkts aus einem zweiten Sollwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion gespeicherten Reduktionsmittels und einem Multiplikator zu berechnen, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Ka-

talysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats basiert.

[0045] Ist es möglich, die stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator eines Mehrkomponenten-SCR-Systems in den Abgasstrom eingespritzte Reduktionsmitteldosis zu steuern und mit geringem Kalibrationsaufwand sowie geringer Rechenleistung zu korrigieren. Tatsächlich können bekannte Modelle der in ein Einkomponenten-SCR-System eingespritzten Reduktionsmitteldosis einfach angepasst werden, um die in ein Mehrkomponenten-SCR-System eingespritzte Reduktionsmitteldosis zu steuern.

[0046] Gemäß einer Ausführungsform kann die Vorrichtung Mittel umfassen, um die Reduktionsmittelmengende als eine Summe der ersten Reduktionsmittelmengende und eines Produkts aus der zweiten Reduktionsmittelmengende und einem zweiten Multiplikator zu berechnen, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats basiert.

[0047] Dank dieser Lösung ist es möglich, die stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator in den Abgasstrom eingespritzte Reduktionsmitteldosis als Funktion der maximalen Speicherkapazität des SCR-Systems bei der tatsächlichen Temperatur der SCR-Katalysatoren des SCR-Systems zu steuern.

[0048] Gemäß einer Ausführungsform kann der erste Multiplikator gleich dem zweiten Multiplikator sein.

[0049] Dank dieser Lösung kann die Bestimmung des Sollwerts mit geringem Kalibrationsaufwand und geringer Rechenleistung durchgeführt werden.

[0050] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Mittel zum Bestimmen des ersten Sollwerts Mittel umfassen, um den ersten Sollwert auf Basis einer Temperatur eines im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten ersten Substrats und eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases zu schätzen.

[0051] Dank dieser Lösung kann der erste Sollwert unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NOx-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im ersten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0052] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Mittel zum Bestimmen des zweiten Sollwerts Mittel umfassen, um den zweiten Sollwert auf Basis einer Temperatur des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion angeordneten Substrats und eines Massendurchsatzes des durch den

zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases zu schätzen.

[0053] Dank dieser Lösung kann der zweite Sollwert unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NOx-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im zweiten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0054] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Mittel zum Bestimmen der ersten Menge Mittel umfassen, um die erste Menge auf Basis einer Temperatur des in den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion eintretenden Abgases, eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion strömenden Abgases und eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion zu schätzen.

[0055] Dank dieser Lösung kann die erste Menge unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NOx-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im ersten SCR-Katalysator beeinflussen.

[0056] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können die Mittel zum Bestimmen der zweiten Menge Mittel umfassen, um die zweite Menge auf Basis eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und auf Basis eines Reduktionsmittelanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion zu schätzen.

[0057] Dank dieser Lösung kann die zweite Menge unter Berücksichtigung der wichtigsten Parameter bestimmt werden, welche die NOx-Umwandlung und die resultierende Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) im zweiten SCR-Katalysator beeinflussen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0058] Nun sollen die verschiedenen Ausführungsformen beispielhaft unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben werden, wobei:

[0059] Fig. 1 ein Kraftfahrzeugsystem zeigt;

[0060] Fig. 2 ein Querschnitt eines zu dem Kraftfahrzeugsystem von Fig. 1 gehörenden Verbrennungsmotors ist;

[0061] Fig. 3 eine schematische Darstellung eines zu dem Kraftfahrzeugsystem von Fig. 1 gehörenden SCR-Systems ist;

[0062] Fig. 4 ein Fließdiagramm ist, das ein Verfahren zur Steuerung des Reduktionsmittelinjektors des SCR-Systems gemäß einer Ausführungsform der Erfindung darstellt.

GENAUE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0063] Einige Ausführungsformen können ein Kraftfahrzeugsystem **100** beinhalten, das in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigt ist und das einen Verbrennungsmotor (ICE) **110** mit einem Zylinderblock **120** besitzt, der mindestens einen Zylinder **125** mit einem Kolben **140** definiert, der eine Kopplung aufweist, mit der die Kurbelwelle **145** gedreht wird. Ein Zylinderkopf **130** arbeitet mit dem Kolben **140** zusammen, um einen Verbrennungsraum **150** zu definieren.

[0064] Ein Luft-Kraftstoffgemisch (nicht gezeigt) wird in den Verbrennungsraum **150** eingebracht und entzündet, was zu heißen expandierenden Verbrennungsgasen führt, die zu einer Hin- und Herbewegung des Kolbens **140** führen. Der Kraftstoff wird von mindestens einem Kraftstoffinjektor **160** zur Verfügung gestellt und die Luft durch mindestens einen Einlass **210**. Der Kraftstoff wird unter hohem Druck von einem Kraftstoffrohr **170**, das fluidzuleitend mit einer Hochdruckpumpe **180**, die den Druck des von einer Kraftstoffquelle **190** kommenden Kraftstoffs erhöht, verbunden ist, zum Kraftstoffinjektor **160** geführt. Das Kraftstoffeinspritzsystem mit den oben beschriebenen Komponenten ist als Common-Rail-Dieseleinspritzsystem (CR-System) bekannt. Es handelt sich dabei um ein relativ neues Einspritzsystem für Personenkraftwagen. Der Hauptvorteil dieses Einspritzsystems im Vergleich zu anderen besteht darin, dass es aufgrund des hohen Drucks im System und den elektromagnetisch gesteuerten Injektoren möglich ist, die korrekten Kraftstoffmengen genau zum richtigen Zeitpunkt einzuspritzen. Dies führt zu einem niedrigeren Kraftstoffverbrauch und zu geringeren Emissionen.

[0065] Jeder der Zylinder **125** hat mindestens zwei Ventile **215**, die von einer Nockenwelle **135** betrieben werden, die sich zeitgleich mit der Kurbelwelle **145** dreht. Die Ventile **215** lassen selektiv Luft vom Einlass **210** in den Verbrennungsraum **150** und erlauben alternierend den Auslass der Abgase durch den Auslass **220**. In einigen Beispielen wird ein Nockenwellenverstellsystem **155** genutzt, um selektiv die zeitliche Abfolge zwischen der Nockenwelle **135** und der Kurbelwelle **145** zu verändern.

[0066] Die Luft kann den Lufteinlässen **210** über einen Einlasskrümmer **200** zugeführt werden. Eine Lufteinlassleitung **205** führt dem Einlasskrümmer **200**

Umgebungsluft zu. In anderen Ausführungsformen kann eine Drosselklappe **330** gewählt werden, um den Luftstrom zum Einlasskrümmer **200** zu regeln. In weiteren Ausführungsformen wird ein System für komprimierte Luft wie beispielsweise ein Turbolader **230** mit einem Kompressor **240**, der sich zusammen mit einer Turbine **250** dreht, eingesetzt. Die Drehung des Kompressors **240** erhöht den Druck und die Temperatur der Luft in der Lufteinlassleitung **205** und dem Einlasskrümmer **200**. Ein in der Lufteinlassleitung **205** enthaltender Intercooler **260** kann die Temperatur der Luft reduzieren.

[0067] Die Turbine **250** dreht sich beim Einströmen der von einem Auslasskrümmer **225** kommenden Abgase, der Abgas vom Auslass **220** durch eine Serie von Leitschaufeln leitet, bevor es durch die Turbine **250** expandiert wird. Die Abgase verlassen die Turbine **250** und werden zu einem Abgasnachbehandlungssystem **270** geführt. Dieses Beispiel zeigt eine Turbine mit variabler Geometrie (VGT) **250** mit einem VGT-Aktuator **255**, der ausgebildet ist, um die Leitschaufeln bzw. Flügel zu bewegen, damit die Flügel das Strömen des Abgases durch die Turbine **250** ändern.

[0068] Das Abgasnachbehandlungssystem **270** kann eine Abgasleitung **275** aufweisen, die eine oder mehrere Abgasnachbehandlungsvorrichtungen **280** hat. Nachbehandlungsvorrichtungen **280** können beliebige Vorrichtungen sein, mit denen die Zusammensetzung der Abgase geändert werden kann. Einige Beispiele von Nachbehandlungsvorrichtungen **280** sind, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, katalytische (Zwei- und Drei-Wege-)Konverter, Oxidationskatalysatoren, zum Beispiel ein Dieseloxidationskatalysator (DOC) **281**, eine NOx-Falle für den Magerbetrieb (LNT), Kohlenwasserstoffadsorber oder eine Reduktionsmittelspeichervorrichtung wie z. B. ein selektives katalytisches Reduktionssystem (SCR-System).

[0069] In der dargestellten Ausführungsform ist das SCR-System **282** ein Mehrkomponenten-SCR-System, das einen ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR-Katalysator) **283** und einen zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR-Katalysator) **284** umfasst. Die Abgasleitung **275** und zum Beispiel der DOC **281** stellen eine Fluidverbindung zwischen dem Auslasskrümmer **225** und dem ersten SCR-Katalysator **283** her, so dass die Abgasleitung **275** durch den DOC **281** Abgas vom ICE **110** zum ersten SCR-Katalysator **283** befördert. Die Abgasleitung **275** definiert eine Passage, die eine Fluidverbindung zwischen dem ersten SCR-Katalysator **283** und dem zweiten SCR-Katalysator **284** herstellt.

[0070] Der erste SCR-Katalysator **283** ist in der Abgasleitung **275** stromaufwärts vom zweiten SCR-Katalysator **284** angeordnet.

[0071] In der dargestellten Ausführungsform ist der erste SCR-Katalysator **283** ein direktgekoppelter Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion auf einem Filter (SCRoF), d. h. ein Partikelfilter mit einer SCR-Beschichtung.

[0072] Der zweite SCR-Katalysator **284** ist ein Unterboden-Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR U/F).

[0073] Das SCR-System **282** umfasst einen Behälter **285** zur Aufnahme eines Reduktionspromoters **286**, wie z. B. Harnstoff oder eine wässrige Harnstofflösung (Harnstoff-Wasser-Lösung HWL), der in dem Behälter **285** gespeichert ist.

[0074] Ein Reduktionsmittelinjektor **287** ist dafür ausgelegt, den Reduktionspromoter **286**, d. h. die wässrige Harnstofflösung, aus dem Behälter **285** stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator **283** in die Abgasleitung **274** zu injizieren.

[0075] Aufgrund der hohen Abgastemperaturen an dieser Stelle der Abgasleitung **275** wird die wässrige Harnstofflösung thermolytisch zersetzt, wobei bei diesem Vorgang ein tatsächliches Reduktionsmittel, nämlich Ammoniak (NH₃), freigesetzt wird.

[0076] Insbesondere bei Temperaturen über 160°C beginnt ein Prozess, bei dem der Harnstoff einer Hydrolyse und thermischen Zersetzung unterworfen wird, was zur Bildung von Ammoniak führt. Das entstehende Gemisch aus Harnstoff/Ammoniak und Abgasen gelangt anschließend zum ersten SCR-Katalysator **283**, wo das Ammoniak mit den NO_x-Gasen reagiert, um Stickstoff und Wasser zu bilden.

[0077] Es kann eine Pumpe **288** verwendet werden, um den Reduktionspromoter **286** (d. h. die wässrige Harnstofflösung oder den Harnstoff) vom Behälter **285** zum Reduktionsmittelinjektor **287** zu befördern. Optional können auch Aufbereitungsmittel, die die Homogenisierung und/oder den Abbau des Harnstoffs fördern, zwischen dem Reduktionsmittelinjektor **287** und dem ersten SCR-Katalysator **283** vorhanden sein.

[0078] Das freigesetzte Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) wird entweder in einem ersten katalytischen Substrat **283'** des ersten SCR-Katalysators **283** und/oder in einem zweiten katalytischen Substrat **284'** des zweiten SCR-Katalysators **284** gespeichert, oder es wird hier mit den Stickoxiden der Abgase des ICE **110** direkt katalytisch umgesetzt, wobei diese Oxide anschließend reduziert werden, um Stickstoff N₂ zu bilden.

[0079] Das Kraftfahrzeugsystem **100** kann weiterhin ein elektronisches Steuergerät (ECM) **450** aufweisen, das dazu konfiguriert ist, Signale von oder nach verschiedenen, mit dem ICE **110** verbundenen Sensoren und/oder Geräten zu senden bzw. zu empfangen. Das ECM **450** kann Eingangssignale von verschiedenen Sensoren empfangen, die dafür ausgelegt sind, die Signale zu erzeugen, die proportional zu verschiedenen physikalischen Parametern in Zusammenhang mit dem ICE **110** sind. Die Sensoren umfassen, ohne jedoch darauf beschränkt zu sein, einen Luftmassenfluss-, Druck- und Temperatursensor **340**, einen Druck- und Temperatursensor **350** für den Krümmer, einen Sensor **360** für den Druck im Verbrennungsraum, Sensoren **380** für die Kühflüssigkeits- und die Öltemperatur und/oder den zugehörigen Füllstand, einen Drucksensor **400** für den Kraftstoff, einen Nockenwellenpositionssensor **410**, einen Kurbelwellenpositionssensor **420**, Sensoren **430** für den Druck und die Temperatur der Abgase, einen Sauerstoffsensoren, zum Beispiel eine Breitbandsonde für Sauerstoff (UEGO) oder eine Lambdasonde, oder einen Stickoxidsensoren sowie einen Gaspedalpositionssensoren **445**.

[0080] Die Sensoren umfassen auch NO_x-Sensoren, die dafür ausgelegt sind, die Menge an NO_x (Stickoxiden) im Abgas zu bestimmen, z. B. in Teilen pro Million.

[0081] Beispielsweise ist ein erster NO_x-Sensor **440'** in der Abgasleitung **275** stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator **283** angeordnet.

[0082] Ein zweiter NO_x-Sensor **440''** kann in der Abgasleitung **275** zum Beispiel stromabwärts vom zweiten SCR-Katalysator **284** angeordnet sein.

[0083] Der Massendurchsatz der in den Einlasskrümmer **200** strömenden Luft wird mithilfe eines Luftmassenmessers (MAF) **441** gemessen.

[0084] Ein erster Abgastemperatursensoren **442'** ist an oder nahe bei einem Einlass des ersten SCR-Katalysators **283** angeordnet, z. B. in der Abgasleitung **275** stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator **283**.

[0085] Das ECM **450** kann dafür ausgelegt sein, die Temperatur des im ersten SCR-Katalysator **283** angeordneten ersten katalytischen Substrats **283'** zu schätzen, nämlich eines keramikbeschichteten Substrats, das zum Beispiel aus einem Kordierit-Material hergestellt ist und eine Vielzahl von Durchflusspassagen aufweist, die mit einer Grundierung und katalytischen Materialien beschichtet sind, um das Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu speichern, das mit den im zugeführten Abgasstrom vorhandenen NO_x-Molekülen reagiert. Insbesondere kann das ECM **450** die Temperatur des katalytischen Substrats **283'** auf Basis der Temperatur des in den ersten SCR-Katalysa-

tor **283** eintretenden Abgases (gemessen durch den ersten Abgastemperatursensor **442'**) und des Abgas-Massendurchsatzes schätzen.

[**0086**] Ein zweiter Abgastemperatursensor **442''** ist an oder nahe bei einem Einlass des zweiten SCR-Katalysators **284** angeordnet, z. B. in der Abgasleitung **275** stromaufwärts vom zweiten SCR-Katalysator **284** und stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator **283**.

[**0087**] Das ECM **450** kann dafür ausgelegt sein, die Temperatur des im zweiten SCR-Katalysator **284** angeordneten zweiten katalytischen Substrats **284'** zu schätzen, nämlich eines keramikbeschichteten Substrats, das zum Beispiel aus einem Kordierit-Material hergestellt ist und eine Vielzahl von Durchflussspassagen aufweist, die mit einer Grundierung und katalytischen Materialien beschichtet sind, um das Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu speichern, das mit den im zugeführten Abgasstrom vorhandenen NOx-Molekülen reagiert. Insbesondere kann das ECM **450** die Temperatur des zweiten katalytischen Substrats **284'** auf Basis der Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases (gemessen durch den zweiten Abgastemperatursensor **442''**) und des Abgas-Massendurchsatzes schätzen.

[**0088**] Das ECM **450** kann die Rate, mit der die Temperatur des ersten und zweiten katalytischen Substrats **283'**, **284'** angepasst wird, in Reaktion auf eine Änderung der Abgastemperatur erhöhen, wenn der Abgas-Massendurchsatz steigt.

[**0089**] Die Temperatur jedes Katalysators zur selektiven katalytischen Reduktion (SCR-Katalysators) **283**, **284** (d. h. des ersten und zweiten katalytischen Substrats **283'**, **284'**) beeinflusst die Effizienz der Reaktionen im jeweiligen SCR-Katalysator, welche die Stickoxide reduzieren, und hat auch eine Auswirkung auf die Fähigkeit des SCR-Katalysators, das Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu speichern. Wenn die Temperatur des SCR-Katalysators niedrig ist und z. B. weniger als 144 Grad Celsius (°C) beträgt, ist die Effizienz der Reaktionen, welche die Stickoxide im SCR-Katalysator reduzieren, nahe null. Selbst wenn der SCR-Katalysator Ammoniak enthält, reagiert das Ammoniak daher nicht mit den Stickoxiden und reduziert diese nicht. Wenn die Temperatur des SCR-Katalysators hoch ist, z. B. höher als 400°C, ist der SCR-Katalysator nicht in der Lage, Ammoniak zu speichern.

[**0090**] Die Temperatur des SCR-Katalysators wird durch den Abstand zwischen dem ICE **110** und dem SCR-Katalysator beeinflusst. Der Abstand zwischen dem ICE **110** und dem ersten SCR-Katalysator **283**, der unmittelbar stromabwärts vom DOC **281** angeordnet ist, kann relativ kurz sein, d. h. kürzer als der

Abstand zwischen dem ICE **110** und dem zweiten SCR-Katalysator **284**.

[**0091**] Wenn der ICE **110** anfänglich gestartet wird, kann die Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** daher zu niedrig sein, so dass die Stickoxide nicht effizient reduziert werden, wobei eine durch den Reduktionsmittelinjektor **287** einzuspritzende Dosis an Reduktionspromoter **286** bestimmt werden kann, um der reduzierten Speicherkapazität des SCR-Systems **282** Rechnung zu tragen.

[**0092**] Andererseits kann, wenn der ICE **110** läuft und die Temperatur des Abgases signifikant steigt, die Temperatur des ersten SCR-Katalysators **283** zu hoch sein, so dass das Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) nicht effizient gespeichert wird, das in Richtung auf den zweiten SCR-Katalysator **284** entweicht, wobei eine durch den Reduktionsmittelinjektor **287** einzuspritzende Dosis an Reduktionspromoter **286** bestimmt werden kann, um der reduzierten Speicherkapazität des SCR-Systems **282** Rechnung zu tragen.

[**0093**] Weiterhin kann das ECM **450** an verschiedene Steuergeräte Ausgangssignale ausgeben, um den Betrieb des ICE **110** zu steuern, beispielsweise, aber nicht ausschließlich, an die Kraftstoffinjektoren **160**, an die Drossel **330**, an das EGR-Ventil **320**, an den VGT-Aktuator **255**, an das Nockenwellenverstellungssystem **155**, an die Pumpe **288** und an den Reduktionsmittelinjektor **287**. Es ist anzumerken, dass gestrichelte Linien benutzt werden, um verschiedene Verbindungen zwischen den verschiedenen Sensoren, Vorrichtungen und dem ECM **450** anzudeuten, wobei aber andere zu Zwecken der Klarheit weggelassen sind.

[**0094**] Das Steuergerät **450** kann eine mit einem Speichersystem und einem Bussystem datenverbundene digitale Mikroprozessoreinheit (CPU **460**) besitzen. Die CPU ist ausgebildet, Befehle, die als ein im Speichersystem abgelegtes Programm ausgeführt sind, abzuarbeiten, Eingangssignale vom Datenbus zu erfassen und Ausgangssignale an den Datenbus abzugeben. Das Speichersystem kann verschiedene Speichermedien wie optische, magnetische, Festkörper- und andere nicht-flüchtige Medien besitzen. Der Datenbus kann dafür ausgelegt sein, analoge und/oder digitale Signale an die verschiedenen Sensoren und Steuervorrichtungen zu senden, von diesen zu empfangen und diese Signale zu modulieren. Das Programm kann derart beschaffen sein, dass es die hier beschriebenen Verfahren verkörpert bzw. auszuführen imstande ist, sodass die CPU die Schritte solcher Verfahren ausführen kann und damit den ICE **110** steuern kann.

[**0095**] Das im Speichersystem abgelegte Programm wird dem Steuergerät von außen kabelgebunden oder per Funk zugeführt. Außerhalb des Kraftfahr-

zeugsystems **100** tritt es regelmäßigerweise auf einem Computerprogrammprodukt in Erscheinung, welches im Fachgebiet auch als computer- oder maschinenlesbares Medium bezeichnet wird, und das als ein Computerprogrammcode auf einem Träger verstanden werden soll. Der Träger kann dabei flüchtiger oder nicht-flüchtiger Natur sein mit der Folge, dass man auch von einer flüchtigen oder nicht-flüchtigen Natur des Computerprogrammprodukts sprechen kann.

[0096] Ein Beispiel für ein flüchtiges Computerprogrammprodukt ist ein Signal, bspw. ein elektromagnetisches Signal wie ein optisches Signal, das ein flüchtiger Träger für den Computerprogrammcode ist. Das Tragen des Computerprogrammcodes kann durch Modulieren des Signals mit einem konventionellen Modulationsverfahren wie QPSK für digitale Daten erreicht werden, so dass binäre Daten, die den Computerprogrammcode repräsentieren, dem flüchtigen elektromagnetischen Signal aufgeprägt sind. Solche Signale werden zum Beispiel benutzt, wenn ein Computerprogrammcode kabellos über eine Wi-Fi-Verbindung zu einem Laptop übertragen wird.

[0097] Im Fall eines nicht-flüchtigen Computerprogrammprodukts ist der Computerprogrammcode in einem substratgebundenen Speichermedium verkörpert. Das Speichermedium ist dann der oben genannte nicht-flüchtige Träger, so dass der Computerprogrammcode permanent oder nicht-permanent auf abrufbare Weise in oder auf dem Speichermedium abgelegt ist. Das Speichermedium kann konventioneller Art sein, wie es im Bereich der Computertechnologie bekannt ist, bspw. ein flash memory, ein Asic, eine CD und dergleichen.

[0098] Anstelle eines Motorsteuergeräts **450** kann das Kraftfahrzeugsystem **100** eine andere Art von Prozessor haben, um die elektronische Logik bereitzustellen, bspw. ein eingebettetes Steuergerät (engl. embedded controller), einen Bordcomputer oder jede andere Art von Prozessor, die in einem Fahrzeug verwendet werden kann.

[0099] Ein elektronisches Steuergerät, d. h. das ECM **450**, ist operativ mit dem Reduktionsmittelinjektor **287** verbunden, um eine Dosis an Reduktionspromoter **286** zu steuern, die durch den Reduktionsmittelinjektor **287** eingespritzt wird.

[0100] Insbesondere indem es den Druck des Reduktionspromoters **286**, der durch die Pumpe **288** zum Reduktionsmittelinjektor **287** übertragen wird, und eine Betriebszeit des Reduktionsmittelinjektors **287** steuert, steuert das ECM **450** die Dosis an Reduktionspromoter **286**, die vom Reduktionsmittelinjektor **287** eingespritzt wird.

[0101] Das ECM **450** ist dafür ausgelegt, ein Verfahren auszuführen, bei dem das ECM **450** eine im ersten SCR-Katalysator **283** gespeicherte erste Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) bestimmt (Block S1).

[0102] Das ECM **450** ist dafür ausgelegt, einen Massendurchsatz des vom ICE **110** kommenden und durch das Abgasnachbehandlungssystem **270** strömenden Abgases zu bestimmen (Block S2).

[0103] Beispielsweise bestimmt das ECM **450** einen Abgas-Massendurchsatz vom ICE **110** auf Basis eines Massendurchsatzes der in den ICE **110** eintretenden Luft und einer Kraftstoffzufuhr rate zum ICE **110**. Dazu kann das ECM **450** den Luftmassendurchsatz vom Luftmassenmesser **441** erhalten. Das ECM **450** kann die Kraftstoffzufuhr rate von einem Kraftstoffmesser erhalten, der den Massendurchsatz an Kraftstoff durch das Kraftstoffrohr **170** bestimmt. Der Abgas-Massendurchsatz kann auf einer Summe eines Massendurchsatzes der in den ICE **110** eintretenden Luft und einer Kraftstoffzufuhr rate zum ICE **110** basieren (oder gleich dieser sein).

[0104] Das ECM **450** ist dafür ausgelegt, einen Stickoxidanteil im Abgas zu bestimmen (Block S3). Das ECM **450** kann den in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Stickoxidanteil auf Basis einer Eingabe seitens des NOx-Sensors, zum Beispiel des ersten NOx-Sensors **440'**, bestimmen.

[0105] Das ECM **450** schätzt die im ersten SCR-Katalysator **283** gespeicherte erste Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak). Insbesondere kann das ECM **450** die erste Menge auf Basis des (wie oben offenbart bestimmten) Abgas-Massendurchsatzes, des (wie oben offenbart bestimmten) in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Stickoxidanteils und der Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases schätzen. Die Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases kann zum Beispiel durch den ersten Abgastemperatursensor **442'** gemessen werden (Block S4) oder auf andere Weise mithilfe von im Fachgebiet bekannten Schätzmethoden geschätzt werden.

[0106] Beispielsweise kann die erste Menge als Ausgabe eines vorkalibrierten ersten Modells (MO1) bereitgestellt werden, das als Eingaben den Abgas-Massendurchsatz, den in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Stickoxidanteil und die Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases erhält. Dieses erste Modell kann im Rahmen von Versuchen vorausbestimmt und im Speichersystem gespeichert werden.

[0107] Das erste Modell ergibt als Ausgaben einen aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Stickoxidanteil und einen Anteil an Reduktionsmittel

(d. h. Ammoniak), der aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austritt (und in Richtung auf den zweiten SCR-Katalysator **284** entweicht).

[0108] Das erste Modell besteht aus einem phänomenologischen chemischen Modell (Mehrschicht-1DK-Modell), das den wichtigsten Parametern Rechnung trägt, welche die NO_x-Umwandlung und die daraus resultierende Speicherung des Reduktionsmittels (d. h. Ammoniak) beeinflussen: Raumgeschwindigkeit, Temperatur des SCR-Katalysators, NO₂/NO_x-Verhältnis im Abgasstrom, Kapazität zur Speicherung von Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) des SCR-Katalysators usw.

[0109] Für den Fachmann wird es offensichtlich sein, wie dieses erste Modell durch die Ausführung der erforderlichen Test- oder Simulationsvorgänge erstellt werden kann. Um dies genauer zu erläutern, wird jedoch im Folgenden erklärt, wie dieses erste Modell erstellt werden kann.

[0110] Beispielsweise kann ein Techniker im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des ersten Modells ein Kalibrationsverfahren mit wenigstens einem Test-Verbrennungsmotor durchführen, zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotor, der dem ICE **110** gleicht und mit Folgendem ausgestattet ist: mit einem SCR-System, das dem SCR-System **282** gleicht, und mit Sensoren, die geeignet sind, den Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) und den NO_x-Anteil zu detektieren, wie z. B. mit einem NO_x-Sensor und/oder einem FTIR-Sensor, der stromabwärts vom ersten SCR-Katalysator des SCR-Systems angeordnet ist. Dieses Kalibrationsverfahren kann die folgenden Schritte umfassen:

- Verändern der Eingaben (d. h. Abgas-Massendurchsatz, in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretender Stickoxidanteil und Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases) innerhalb eines jeweiligen Betriebsbereichs, der zum Beispiel sämtliche Betriebszustände des Verbrennungsmotors abdeckt; um die Eingaben zu verändern, kann der ICE **110** beispielsweise an unterschiedlichen Betriebspunkten (d. h. mit unterschiedlichen Motordrehzahlen und Motorlasten) betrieben werden, wobei jeder Betriebspunkt beispielsweise während eines vorbestimmten Zeitraums konstant gehalten wird, wie dies dem Fachmann bekannt ist;
- Verändern der durch den Reduktionsmittelinjektor eingespritzten Menge an Reduktionsmittelpromoter;
- für eine Vielzahl von Eingaben und eine Vielzahl von eingespritzten Reduktionspromotermengen erfolgendes Messen der entsprechenden Werte des NO_x-Anteils und des Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) (stromabwärts vom ersten SCR-Katalysator) mithilfe der Sensoren;

- Schätzen der im ersten SCR-Katalysator gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge zum Beispiel mithilfe eines im ECM **450** enthaltenen virtuellen Sensors, der dafür ausgelegt ist, die Reduktionsmittelkonzentration auf dem beschichteten ersten Substrat des ersten SCR-Katalysators während des laufenden Betriebs des ICE **110** zu schätzen. Der virtuelle Sensor wird erzielt, indem ein algorithmischer Code und eine Vielzahl von Kalibrationsfelder ausgeführt werden, welche die Konzentration des im beschichteten ersten Substrat gespeicherten Reduktionsmittels zeitlich bestimmen, wie dies im Patent Nr. US 8,333,062 offenbart wird; und

- Speichern der ersten Mengen, der NO_x-Anteile und der Anteile an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) in einem ersten Modell, das jede Vielzahl von Eingaben (und die jeweilige eingespritzte Menge an Reduktionsmittelpromoter) mit jeder Dreiergruppe an Ausgaben (d. h. eine erste Menge, ein NO_x-Anteil und ein Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak)) in Beziehung setzt.

[0111] Das ECM **450** ist dafür ausgelegt, eine im zweiten SCR-Katalysator **284** gespeicherte zweite Reduktionsmittelmenge (d. h. Ammoniak) zu bestimmen (Block S5).

[0112] Dazu kann das ECM **450** die im zweiten SCR-Katalysator **284** gespeicherte zweite Reduktionsmittelmenge schätzen. Insbesondere kann das ECM **450** die zweite Menge auf ähnliche Weise, wie dies oben im Zusammenhang mit der ersten Menge offenbart wurde, auf Basis des (wie oben offenbart bestimmten) Abgas-Massendurchsatzes, des (wie oben offenbart bestimmten) in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Stickoxidanteils und der Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases schätzen.

[0113] Alternativ dazu kann das ECM **450** die zweite Menge auf Basis des aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Stickoxidanteils (Block S6) und des aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) (Block S7) schätzen, die durch das erste Modell ermittelt wurden.

[0114] Dazu kann die zweite Menge als Ausgabe eines vorkalibrierten zweiten Modells bereitgestellt werden (Block MO2), das als Eingaben den aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Stickoxidanteil und den aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) erhält. Dieses zweite Modell kann im Rahmen von Versuchen vorausbestimmt und im Speichersystem gespeichert werden.

[0115] Dieses zweite Modell kann aus einem phänomenologischen chemischen Modell (Mehrschicht-1DK-Modell) bestehen.

[0116] Für den Fachmann wird es offensichtlich sein, wie dieses zweite Modell durch die Ausführung der erforderlichen Test- oder Simulationsvorgänge erstellt werden kann. Um dies genauer zu erläutern, wird jedoch im Folgenden erklärt, wie dieses zweite Modell erstellt werden kann.

[0117] Beispielsweise kann ein Techniker im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des zweiten Modells ein Kalibrationsverfahren mit wenigstens einem Test-Verbrennungsmotor durchführen, zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotor, der dem ICE **110** gleicht und mit einem SCR-System ausgestattet ist, das dem SCR-System **282** gleicht. Dieses Kalibrationsverfahren kann die folgenden Schritte umfassen:

- Verändern der Eingaben (d. h. aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretender Stickoxidanteil und aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak)) innerhalb eines jeweiligen Betriebsbereichs, der zum Beispiel sämtliche Betriebszustände des Verbrennungsmotors abdeckt, bei denen ein Entweichen von Reduktionsmittel stromabwärts vom ersten SCR-Katalysator beobachtet wird; um die Eingaben zu verändern, kann der ICE **110** beispielsweise an unterschiedlichen Betriebspunkten (d. h. mit unterschiedlichen Motordrehzahlen und Motorlasten) betrieben werden, wobei jeder Betriebspunkt beispielsweise während eines vorbestimmten Zeitraums konstant gehalten wird, wie dies dem Fachmann bekannt ist;
- Schätzen der im zweiten SCR-Katalysator gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge, zum Beispiel mithilfe eines im ECM **450** enthaltenen virtuellen Sensors, der dafür ausgelegt ist, die Reduktionsmittelkonzentration auf dem beschichteten zweiten Substrat des zweiten SCR-Katalysators während des laufenden Betriebs des ICE **110** zu schätzen. Der virtuelle Sensor wird erzielt, indem ein algorithmischer Code und eine Vielzahl von Kalibrationsfelder ausgeführt werden, welche die Konzentration des im beschichteten ersten Substrat gespeicherten Reduktionsmittels zeitlich bestimmen, wie dies im Patent Nr. US 8,333,062 offenbart wird; und
- Speichern der zweiten Mengen in einem zweiten Modell, das jede Vielzahl von Eingaben (jeden NO_x-Anteil und jeden Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak)) mit jeder Ausgabe (d. h. einer zweiten Menge) in Beziehung setzt.

[0118] Nachdem die erste Menge und die zweite Menge bekannt sind, kann das ECM **450** eine Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) bestimmen (Block S8), die tatsächlich im SCR-System **282**, d. h.

im ersten SCR-Katalysator **283** und im zweiten SCR-Katalysator **284**, gespeichert ist.

[0119] Die tatsächliche Menge stellt die Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) dar, die in dem SCR-System **282** tatsächlich Stickoxide reduziert.

[0120] Eine in den SCR-Katalysatoren gespeicherte tatsächliche Ammoniakmenge wird als Funktion der ersten Menge und der zweiten Menge sowie der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** berechnet (Block S9), die zum Beispiel durch den zweiten Abgastemperatursensor **442** gemessen wird.

[0121] Dazu wird auf Basis der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** ein erster Multiplikator bestimmt.

[0122] Die Werte des ersten Multiplikators können abhängig von der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** zwischen 0 und 1 betragen.

[0123] Die in den SCR-Katalysatoren gespeicherte tatsächliche Ammoniakmenge wird als Summe der ersten Menge und eines Produkt aus dem ersten Multiplikator und der zweiten Menge bestimmt.

[0124] Der erste Multiplikator kann als Ausgabe eines vorkalibrierten ersten Kennfelds bereitgestellt werden, das als Eingabe die Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** erhält. Dieses erste Kennfeld kann im Rahmen von Versuchen vorausbestimmt und im Speichersystem gespeichert werden.

[0125] Beispielsweise kann ein Techniker im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des ersten Kennfelds ein Kalibrationsverfahren mit wenigstens einem Test-Verbrennungsmotor durchführen, zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotor, der dem ICE **110** gleicht und mit einem SCR-System ausgestattet ist, das dem SCR-System **282** gleicht. Dieses Kalibrationsverfahren kann die folgenden Schritte umfassen:

- Verändern der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators innerhalb eines jeweiligen Betriebsbereichs, der zum Beispiel sämtliche Betriebszustände des Verbrennungsmotors abdeckt;
- Schätzen der im SCR-System gespeicherten tatsächlichen Reduktionsmittelmenge zum Beispiel mithilfe eines im ECM **450** enthaltenen virtuellen Sensors, der dafür ausgelegt ist, die Reduktionsmittelkonzentration auf den beschichteten Substraten des SCR-Systems während des laufenden Betriebs des ICE **110** zu schätzen. Der virtuelle Sensor wird erzielt, indem ein algorithmischer Code und eine Vielzahl von Kalibrationsfelder ausgeführt werden, welche die Konzentration des in den beschichteten Substraten gespeicherten Reduktionsmittels zeitlich bestimmen, wie dies im Patent Nr. US 8,333,062 offenbart wird; und

- Berechnen einer Differenz zwischen jeder geschätzten tatsächlichen Menge und jeder ersten Menge;
- Berechnen jedes ersten Multiplikators als Verhältnis zwischen der Differenz und jeder jeweiligen zweiten Menge; und
- Speichern des ersten Multiplikators in einem ersten Kennfeld, das jede Vielzahl von Eingabepaaren mit einem jeweiligen ersten Multiplikator in Beziehung setzt.

[0126] Die Schätzung der in den SCR-Katalysatoren des SCR-Systems **282** gespeicherten Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) auf Basis der Temperatur des durch die SCR-Katalysatoren strömenden Abgases stellt sicher, dass der bei hohen Temperaturen nachlassenden Fähigkeit des SCR-Katalysators, Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu speichern, Rechnung getragen wird. Die Schätzung der in den SCR-Katalysatoren des SCR-Systems **282** gespeicherten tatsächlichen Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) mithilfe des ersten Multiplikators stellt sicher, dass der sinkenden Reaktionseffizienz (und/oder Reduktionsmittelspeicherkapazität) des zweiten SCR-Katalysators **284** bei niedrigen Temperaturen Rechnung getragen wird.

[0127] Wenn mehr als ein weiterer SCR-Katalysator stromabwärts vom zweiten SCR-Katalysator **284** angeordnet ist, kann ein erster Multiplikator auf die geschätzte weitere Reduktionsmittelmenge angewendet werden, die in jedem weiteren SCR-Katalysator gespeichert ist, der stromabwärts vom zweiten SCR-Katalysator **284** angeordnet ist.

[0128] Das ECM **450** ist auch dafür ausgelegt, einen ersten Sollwert der im ersten SCR-Katalysator **283** gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge zu bestimmen (Block S10).

[0129] Das ECM **450** schätzt den ersten Sollwert. Insbesondere kann das ECM **450** den ersten Sollwert auf Basis des (wie oben offenbart bestimmten) Abgas-Massendurchsatzes und der Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases geschätzt werden, die zum Beispiel wie oben offenbart gemessen wird (z. B. durch den ersten Abgastemperatursensor **442'**).

[0130] Beispielsweise kann der erste Sollwert als Ausgabe eines vorkalibrierten dritten Modells bereitgestellt werden (Block MO3), das als Eingaben den Abgas-Massendurchsatz und die Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases erhält. Dieses dritte Modell kann im Rahmen von Versuchen vorausbestimmt und im Speichersystem gespeichert werden.

[0131] Um dieses dritte Modell zu füllen, ist es notwendig, für jeden Betriebspunkt des ersten SCR-

Katalysators **283** (d. h. Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases und/oder Temperatur des ersten katalytischen Substrats **283'** und Raumgeschwindigkeit, d. h. Massendurchsatz des in den ersten SCR-Katalysator **283** eintretenden Abgases) die maximale Speicherkapazität des ersten SCR-Katalysators **283** zu bestimmen.

[0132] Für den Fachmann wird es offensichtlich sein, wie dieses dritte Modell durch die Ausführung der erforderlichen Test- oder Simulationsvorgänge erstellt werden kann. Um dies genauer zu erläutern, wird jedoch im Folgenden erklärt, wie dieses dritte Modell erstellt werden kann.

[0133] Beispielsweise kann ein Techniker im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des dritten Modells ein Kalibrationsverfahren mit wenigstens einem Test-Verbrennungsmotor durchführen, zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotor, der dem ICE **110** gleicht und mit Folgendem ausgestattet ist: mit einem SCR-System, das einen ersten SCR-Katalysator umfasst, und mit Sensoren, die geeignet sind, den Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu detektieren, wie z. B. mit einem NO_x-Sensor und/oder einem FTIR-Sensor, der stromabwärts vom ersten SCR-Katalysator (der dem ersten SCR-Katalysator **283** gleicht) des SCR-Systems angeordnet ist. Dieses Kalibrationsverfahren kann die folgenden Schritte umfassen:

- für jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases innerhalb eines jeweiligen Betriebsbereichs, der zum Beispiel sämtliche Betriebszustände des Verbrennungsmotors abdeckt, erfolgreiches Verändern der eingespritzten Reduktionspromoterdosis, indem der Reduktionsmittelinjektor entsprechend betätigt wird; um den Abgas-Massendurchsatz und die Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases zu verändern, kann der Verbrennungsmotor beispielsweise an unterschiedlichen Betriebspunkten (d. h. mit unterschiedlichen Motordrehzahlen und Motorlasten) betrieben werden, wobei jeder Betriebspunkt beispielsweise während eines vorbestimmten Zeitraums konstant gehalten wird, wie dies dem Fachmann bekannt ist;
- für jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Messen des Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) stromabwärts vom ersten SCR-Katalysator, bis der gemessene Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, der zum Beispiel zwischen 0 und 10 ppm beträgt;
- für jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Setzen des gemessenen Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammo-

niak), welcher der zuletzt eingespritzten Reduktionspromoterdosis entspricht, bei welcher der gemessene Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) niedriger als der vorbestimmte Schwellenwert ist, als ersten Sollwert;

- Speichern jedes ersten Sollwerts in einem dritten Modell, das jede Vielzahl von Eingaben (jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases) mit jeder Ausgabe (jedem ersten Sollwert) in Beziehung setzt.

[0134] Das ECM **450** ist auch dafür ausgelegt, einen zweiten Sollwert der im zweiten SCR-Katalysator **284** gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge zu bestimmen (Block S11).

[0135] Das ECM **450** schätzt den zweiten Sollwert. Insbesondere kann das ECM **450** den zweiten Sollwert auf Basis des Abgas-Massendurchsatzes und der Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases schätzen, die zum Beispiel wie oben offenbart gemessen wird (z. B. durch den zweiten Abgastempersensoren **442**).

[0136] Der Massendurchsatz des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases kann der Massendurchsatz des aus dem ersten SCR-Katalysator **283** austretenden Abgases sein, wobei er auf Basis des (wie oben offenbart bestimmten) Abgas-Massendurchsatzes geschätzt werden kann. Beispielsweise kann der Massendurchsatz des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases gleich dem (wie oben offenbart bestimmten) Abgas-Massendurchsatz sein.

[0137] Beispielsweise kann der zweite Sollwert als Ausgabe eines vorkalibrierten vierten Modells bereitgestellt werden (Block MO4), das als Eingabe den Abgas-Massendurchsatz und die Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases erhält. Dieses vierte Modell kann im Rahmen von Versuchen vorausbestimmt und im Speichersystem gespeichert werden.

[0138] Um dieses vierte Modell zu füllen, ist es notwendig, für jeden Betriebspunkt des zweiten SCR-Katalysators **284** (d. h. Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases und/oder Temperatur seines zweiten katalytischen Substrats **284**' und Raumgeschwindigkeit, d. h. Massendurchsatz des in den zweiten SCR-Katalysator **284** eintretenden Abgases) die maximale Speicherkapazität des zweiten SCR-Katalysators **284** zu bestimmen.

[0139] Für den Fachmann wird es offensichtlich sein, wie dieses vierte Modell durch die Ausführung der erforderlichen Test- oder Simulationsvorgänge erstellt werden kann. Um dies genauer zu erläutern, wird je-

doch im Folgenden erklärt, wie dieses erste Modell erstellt werden kann.

[0140] Beispielsweise kann ein Techniker im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des vierten Modells ein Kalibrationsverfahren mit wenigstens einem Test-Verbrennungsmotor durchführen, zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotor, der dem ICE **110** gleicht und mit Folgendem ausgestattet ist: mit einem SCR-System, das einen zweiten SCR-Katalysator umfasst (der dem zweiten SCR-Katalysator **284** gleicht, und mit einem Sensor, der geeignet ist, den Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu detektieren, wie z. B. mit einem NO_x-Sensor und/oder einem FTIR-Sensor, der stromabwärts vom zweiten SCR-Katalysator des SCR-Systems angeordnet ist. Dieses Kalibrationsverfahren kann die folgenden Schritte umfassen:

- für jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases innerhalb eines jeweiligen Betriebsbereichs, der zum Beispiel sämtliche Betriebszustände des Verbrennungsmotors abdeckt, erfolgreiches Verändern der eingespritzten Reduktionspromoterdosis, indem der Reduktionsmittelinjektor entsprechend betätigt wird;

- für jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Messen des Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) stromabwärts vom zweiten SCR-Katalysator, bis der gemessene Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, der zum Beispiel zwischen 0 und 10 ppm beträgt;

- für jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Setzen des gemessenen Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak), welcher der zuletzt eingespritzten Reduktionspromoterdosis entspricht, bei welcher der gemessene Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) niedriger als der vorbestimmte Schwellenwert ist, als zweiten Sollwert;

- Speichern jedes zweiten Sollwerts in einem vierten Modell, das jede Vielzahl von Eingaben (jeden Abgas-Massendurchsatz und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases) mit jeder Ausgabe (jedem ersten Sollwert) in Beziehung setzt.

[0141] Nachdem dieser erste Sollwert und dieser zweite Sollwert bekannt sind, kann das ECM **450** einen tatsächlichen Sollwert für die tatsächlichen Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) bestimmen (Block S12), die in dem SCR-System **282**, d. h. im ersten SCR-Katalysator **283** und im zweiten SCR-Katalysator **284**, gespeichert ist.

[0142] Der tatsächliche Sollwert wird als Funktion des ersten Sollwerts, des zweiten Sollwerts und der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** berechnet (Block S13), die zum Beispiel durch den zweiten Abgastemperatursensor **442** gemessen wird.

[0143] Dazu wird auf Basis der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** ein zweiter Multiplikator bestimmt.

[0144] Die Werte des zweiten Multiplikators können abhängig von der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** zwischen 0 und 1 betragen.

[0145] Der tatsächliche Sollwert wird als Summe des ersten Sollwerts und eines Produkts aus dem zweiten Multiplikator und dem zweiten Sollwert bestimmt.

[0146] Der zweite Multiplikator kann gleich dem ersten Multiplikator sein.

[0147] Alternativ dazu kann der zweite Multiplikator als Ausgabe eines vorkalibrierten zweiten Kennfelds bereitgestellt werden, das als Eingabe die Temperatur des zweiten SCR-Katalysators **284** erhält. Dieses zweite Kennfeld kann im Rahmen von Versuchen vorausbestimmt und im Speichersystem gespeichert werden.

[0148] Beispielsweise kann ein Techniker im Rahmen von Versuchen zur Bestimmung des zweiten Kennfelds ein Kalibrationsverfahren mit wenigstens einem Test-Verbrennungsmotor durchführen, zum Beispiel mit einem Verbrennungsmotor, der dem ICE **110** gleicht und mit Folgendem ausgestattet ist: mit einem SCR-System, das dem SCR-System **282** gleicht, und einem Sensor, der geeignet ist, den Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) zu detektieren, wie z. B. mit einem NOx-Sensor und/oder einem FTIR-Sensor, der stromabwärts vom zweiten SCR-Katalysator des SCR-Systems angeordnet ist. Dieses Kalibrationsverfahren kann die folgenden Schritte umfassen:

- für jeden Abgas-Massendurchsatz, jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases innerhalb eines jeweiligen Betriebsbereichs, der zum Beispiel sämtliche Betriebszustände des Verbrennungsmotors abdeckt, erfolgreiches Verändern der eingespritzten Reduktionspromoterdosis, indem der Reduktionsmittelinjektor entsprechend betätigt wird;
- für jeden Abgas-Massendurchsatz, jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Messen des Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) stromabwärts vom zwei-

ten SCR-Katalysator, bis der gemessene Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) einen vorbestimmten Schwellenwert übersteigt, der zum Beispiel zwischen 0 und 10 ppm beträgt;

- für jeden Abgas-Massendurchsatz, jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Setzen des gemessenen Anteils an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak), welcher der zuletzt eingespritzten Reduktionspromoterdosis entspricht, bei welcher der gemessene Anteil an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) niedriger als der vorbestimmte Schwellenwert ist, als tatsächlichen Sollwert;
- für jeden Abgas-Massendurchsatz, jede Temperatur des in den ersten SCR-Katalysator eintretenden Abgases und jede Temperatur des in den zweiten SCR-Katalysator eintretenden Abgases erfolgreiches Berechnen einer Differenz zwischen jedem tatsächlichen Sollwert und jedem entsprechenden ersten Sollwert;
- Berechnen jedes zweiten Multiplikators als Verhältnis zwischen jeder Differenz und jedem jeweiligen zweiten Sollwert; und
- Speichern des zweiten Multiplikators in einem zweiten Kennfeld, das jede Vielzahl von Eingaben mit einem jeweiligen ersten Multiplikator in Beziehung setzt.

[0149] Das ECM **450** ist dafür ausgelegt, die im SCR-System **282** gespeicherte tatsächliche Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) und den tatsächlichen Sollwert zur Steuerung des Reduktionsmittelinjektors **287** zu verwenden (Block S14), um insbesondere die durch den Reduktionsmittelinjektor **287** eingespritzte Dosis an Reduktionspromoter **286** zu steuern.

[0150] Dazu ist das ECM **450** dafür ausgelegt, eine Differenz zwischen dem tatsächlichen Sollwert und der tatsächlichen Reduktionsmittelmenge zu berechnen und die durch den Reduktionsmittelinjektor **287** eingespritzte Dosis an Reduktionspromoter **286** (d. h. wässriger Harnstofflösung) anzupassen, um die Differenz zu minimieren.

[0151] Wenn zum Beispiel die im SCR-System **282** gespeicherte tatsächliche Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) geringer als der tatsächliche Sollwert ist, veranlasst das ECM **450** den Reduktionsmittelinjektor **287**, eine zusätzliche Dosis an Reduktionspromoter **286** in das Abgasnachbehandlungssystem **270** stromaufwärts vom ersten SCR-Katalysator **283** einzuspritzen, wobei der Wert der zusätzlichen Dosis an Reduktionspromoter **286** auf der Differenz zwischen dem tatsächlichen Sollwert und der tatsächlichen Reduktionsmittelmenge basiert.

[0152] Beispielsweise kann die zusätzliche Dosis an Reduktionspromoter **286** derart berechnet werden, dass durch den Wert der zusätzlichen Dosis an Reduktionspromoter **286** eine (stöchiometrische) Menge an Reduktionsmittel, d. h. Ammoniak, freigesetzt wird, die gleich der Differenz ist.

[0153] Wenn die tatsächliche Menge an Reduktionsmittel (d. h. Ammoniak) größer oder gleich dem tatsächlichen Sollwert ist, veranlasst das ECM **450** den Reduktionsmittelinjektor **287** nicht dazu, eine zusätzliche Dosis an Reduktionspromoter **286** in das Abgasnachbehandlungssystem **270** einzuspritzen.

[0154] In der vorstehenden Zusammenfassung und genauen Beschreibung wurde wenigstens eine beispielhafte Ausführungsform vorgestellt; es sollte jedoch beachtet werden, dass es eine große Anzahl von Abänderungsmöglichkeiten gibt. Es sollte auch beachtet werden, dass die beispielhafte Ausführungsform oder die beispielhaften Ausführungsformen nur Beispiele sind und nicht dazu dienen, den Schutzzumfang, die Anwendbarkeit oder den Aufbau in welcher Weise auch immer einzuschränken. Vielmehr wird die vorstehende Zusammenfassung und genaue Beschreibung dem Fachmann eine praktische Anleitung zur Umsetzung von wenigstens einer beispielhaften Ausführungsform bieten, wobei es sich von selbst versteht, dass verschiedene Abänderungen bei den Funktionen und Anordnungen der anhand einer beispielhaften Ausführungsform beschriebenen Elemente vorgenommen werden können, ohne den Schutzzumfang zu verlassen, wie er in den beiliegenden Ansprüchen und ihren rechtlichen Äquivalenten definiert ist.

Bezugszeichenliste

100	Kraftfahrzeugsystem
110	Verbrennungsmotor
120	Zylinderblock
125	Zylinder
130	Zylinderkopf
135	Nockenwelle
140	Kolben
145	Kurbelwelle
150	Verbrennungsraum
155	Nockenwellenverstellungssystem
160	Kraftstoffinjektor
170	Kraftstoffrohr
180	Kraftstoffpumpe
190	Kraftstoffquelle
200	Einlasskrümmer
205	Lufteinlassleitung
210	Einlass
215	Ventile
220	Auslass
225	Auslasskrümmer
230	Turbolader
240	Kompressor

250	Turbine
255	VGT-Aktuator
260	Intercooler
270	Abgasnachbehandlungssystem
275	Abgasleitung
280	Nachbehandlungsvorrichtungen
281	Dieseloxydationskatalysator (DOC)
282	SCR-System
283	erster SCR-Katalysator
283'	erstes katalytisches Substrat
284	zweiter SCR-Katalysator
284'	zweites katalytisches Substrat
285	Behälter
286	Reduktionspromoter
287	Reduktionsmittelinjektor
288	Pumpe
300	Abgasrückführungsleitung
310	EGR-Kühler
320	EGR-Ventil
330	Drosselklappe
340	Massenfluss-, Druck- und Temperatursensor für die Luft
350	Sensor für Krümmerdruck und -temperatur
360	Verbrennungsdrucksensor
380	Sensoren für Kühlflüssigkeitstemperatur und den zugehörigen Füllstand
385	Sensoren für Öltemperatur und den zugehörigen Füllstand
400	digitaler Kraftstoffleistendrucksensor
410	Nockenwellenpositionssensor
420	Kurbelwellenpositionssensor
430	Sensoren für Druck und Temperatur der Abgase
440'	erster NOx-Sensor
440''	zweiter NOx-Sensor
441	Luftmassenmesser
442'	erster Abgastemperatursensor
442''	zweiter Abgastemperatursensor
445	Gaspedalpositionssensor
450	elektronisches Steuergerät (ECM)/Regler
460	Mikroprozessoreinheit
S1–S14	Blöcke
MO1–MO4	Modelle

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

- US 8333062 [0110, 0117, 0125]

Schutzansprüche

1. Computerprogramm zur Steuerung eines Injektors (287) zur Einspritzung eines Reduktionsmittels (286) in ein Abgasnachbehandlungssystem (270) eines Verbrennungsmotors (110), das einen Programmcode umfasst, der, wenn er auf einem Computer ausgeführt wird, die folgenden Schritte durchführt:

- Bestimmen einer in einem selektiven katalytischen Reduktionssystem (282) gespeicherten Reduktionsmittelmenge auf Basis einer in einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) des selektiven katalytischen Reduktionssystems (282) gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer in einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) des selektiven katalytischen Reduktionssystems (282) gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge;
- Bestimmen eines Sollwerts des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem (282) gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) angeordneten Substrats (284');
- Berechnen einer Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert;
- Anpassen einer in das Abgasnachbehandlungssystem (270) eingespritzten Reduktionsmitteldosis auf Basis der berechneten Differenz; und
- Betätigen des Injektors (287), um die angepasste Dosis an Reduktionsmittel (286) einzuspritzen.

2. Computerprogramm nach Anspruch 1, wobei der Sollwert als Summe eines ersten Sollwerts des im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) gespeicherten Reduktionsmittels und eines Produkts aus einem zweiten Sollwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) gespeicherten Reduktionsmittels und einem Multiplikator berechnet wird, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) angeordneten Substrats (284') basiert.

3. Computerprogramm nach den Ansprüchen 1 oder 2, wobei die Reduktionsmittelmenge als Summe der ersten Reduktionsmittelmenge und eines Produkts aus der zweiten Reduktionsmittelmenge und einem zweiten Multiplikator berechnet wird, der auf dem Temperaturwert des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) angeordneten Substrats (284') basiert.

4. Computerprogramm nach den Ansprüchen 2 und 3, wobei der erste Multiplikator gleich dem zweiten Multiplikator ist.

5. Computerprogramm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens des ersten Sollwerts den Schritt des Schät-

zens des ersten Sollwerts auf Basis einer Temperatur eines im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) angeordneten ersten Substrats (283') und eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) strömenden Abgases umfasst.

6. Computerprogramm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens des zweiten Sollwerts den Schritt des Schätzens des zweiten Sollwerts auf Basis einer Temperatur des im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) angeordneten Substrats (284') und eines Massendurchsatzes des durch den zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) strömenden Abgases umfasst.

7. Computerprogramm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens der ersten Menge den Schritt des Schätzens der ersten Menge auf Basis einer Temperatur des in den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) eintretenden Abgases, eines Massendurchsatzes des durch den ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) strömenden Abgases und eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) umfasst.

8. Computerprogramm nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Schritt des Bestimmens der zweiten Menge den Schritt des Schätzens der zweiten Menge auf Basis eines Stickoxidanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) und eines Reduktionsmittelanteils im Abgas stromaufwärts vom zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion und stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284) umfasst.

9. Verbrennungsmotor (110), umfassend:

- ein Abgasnachbehandlungssystem (270), umfassend ein selektives katalytisches Reduktionssystem (282) mit einem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) und einem zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (284), der in Fluidverbindung mit dem ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) steht und stromabwärts davon angeordnet ist, und einen Injektor (287), der in Fluidverbindung mit einem Reduktionsmittel (286) steht und dafür ausgelegt ist, eine Reduktionsmitteldosis stromaufwärts vom ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (283) in das Abgasnachbehandlungssystem (270) einzuspritzen;
- eine Steuerungseinrichtung, die dafür ausgelegt ist:
- eine in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem (282) gespeicherte Reduktionsmittelmenge

auf Basis einer im ersten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (**283**) gespeicherten ersten Reduktionsmittelmenge und einer im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (**284**) gespeicherten zweiten Reduktionsmittelmenge zu bestimmen;

– einen Sollwert des in dem selektiven katalytischen Reduktionssystem (**282**) gespeicherten Reduktionsmittels als Funktion eines Temperaturwerts eines im zweiten Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion (**284**) angeordneten Substrats (**284'**) zu bestimmen;

– eine Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge und dem Sollwert zu berechnen;

– die in das Abgasnachbehandlungssystem (**270**) eingespritzte Dosis an Reduktionsmittel (**286**) auf Basis der berechneten Differenz anzupassen; und

– den Injektor (**287**) zu betätigen, um die angepasste Dosis an Reduktionsmittel (**286**) einzuspritzen.

10. Kraftfahrzeugsystem, das mit einem Verbrennungsmotor (**110**) nach Anspruch 9 ausgestattet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

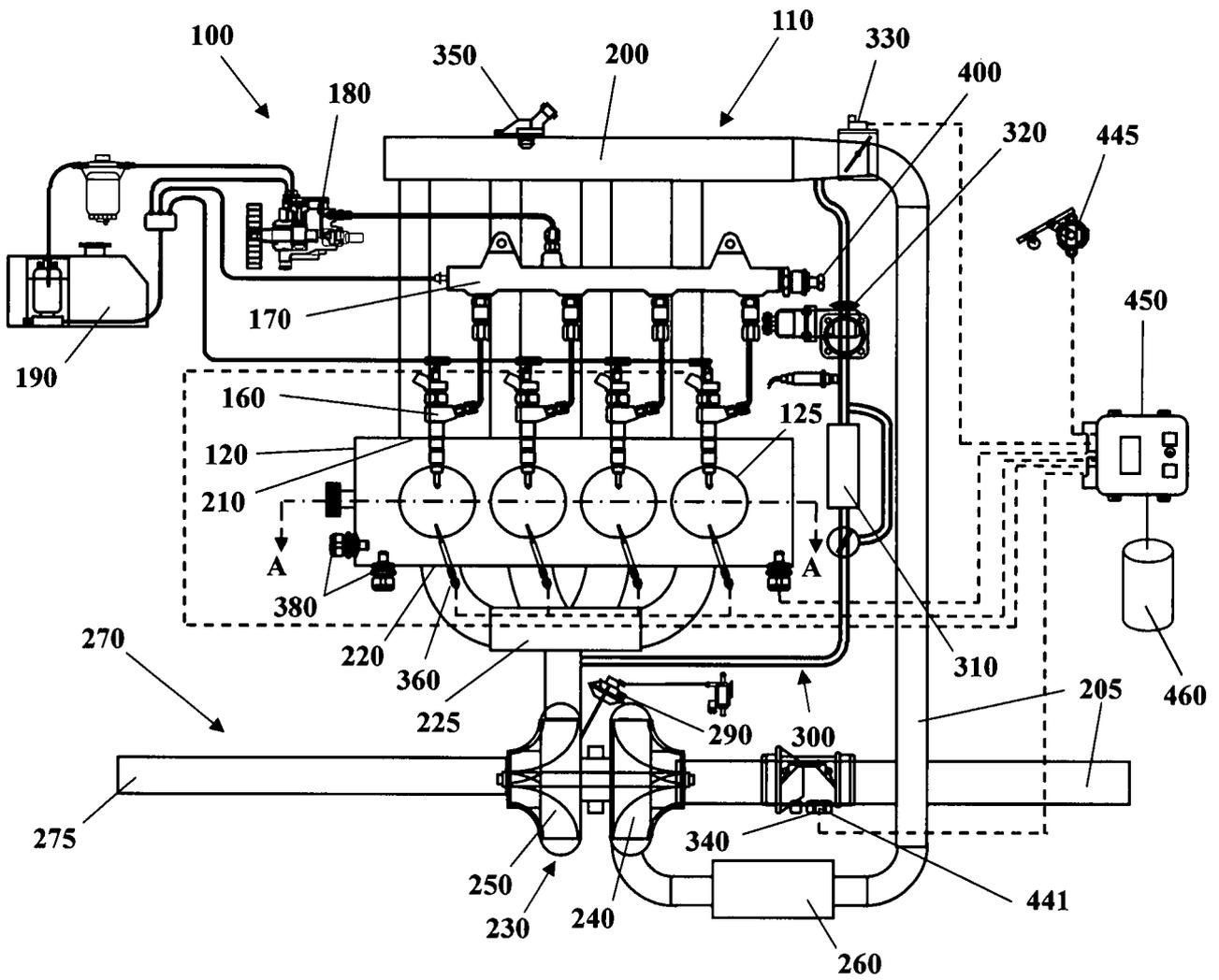


FIG.1

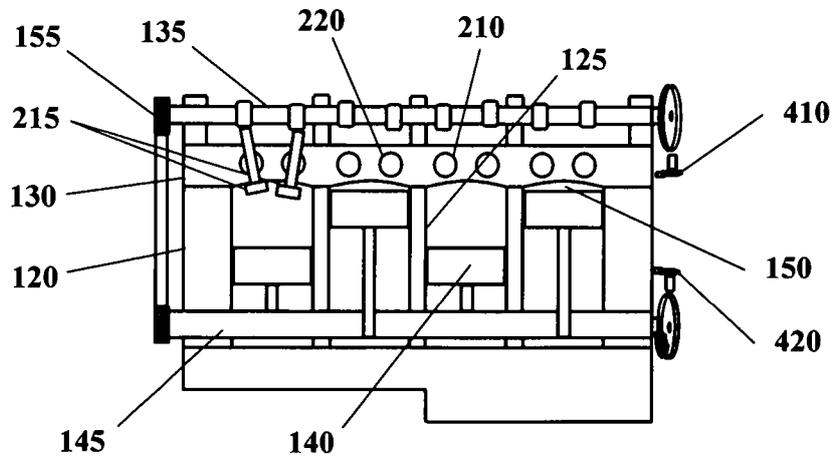


FIG.2

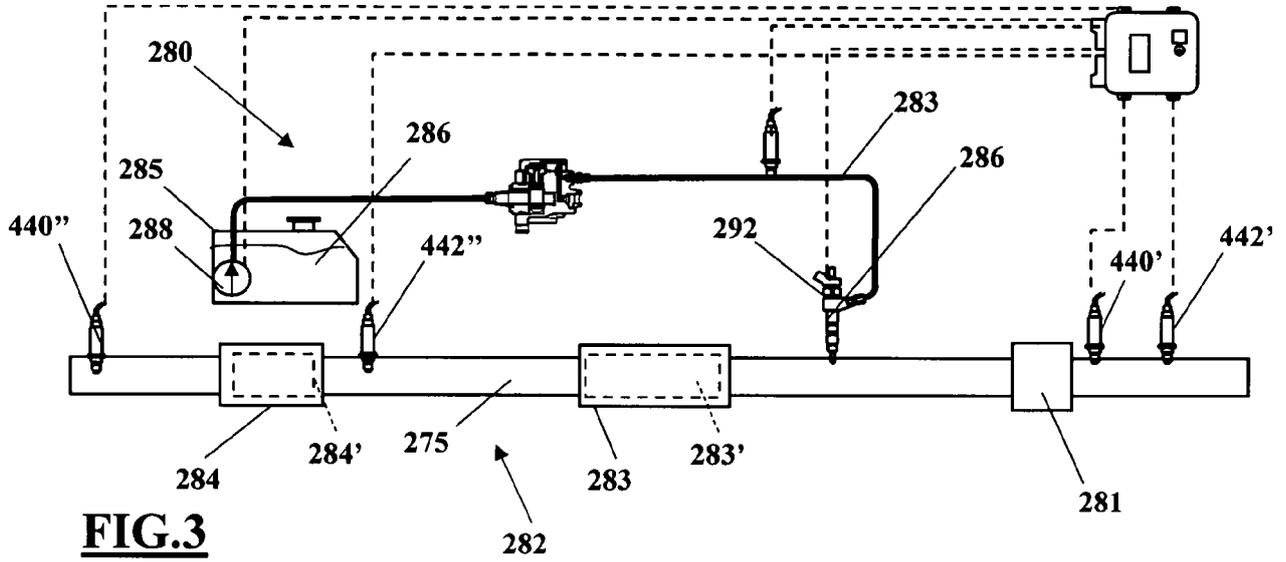


FIG.3

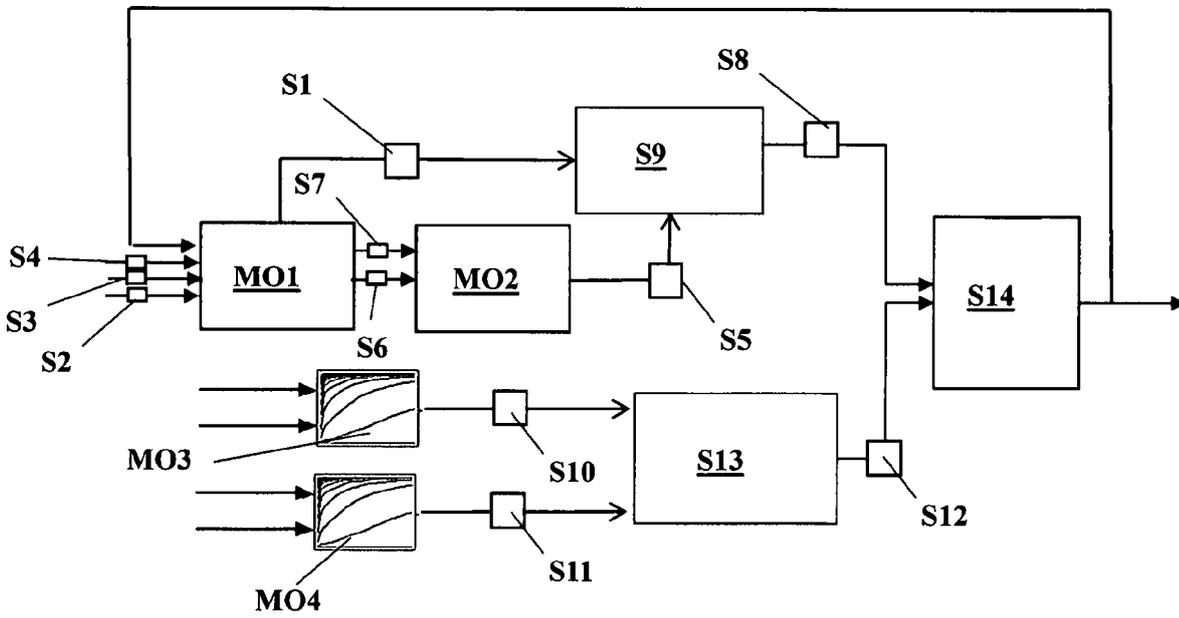


FIG.4