



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.01.2009 Patentblatt 2009/02

(51) Int Cl.:
F02D 41/22 (2006.01) F02D 41/38 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08104232.7**

(22) Anmeldetag: **03.06.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Kraemer, Michael**
70469, Stuttgart (DE)
• **Denys, Stefan**
54313, Ziemmer-Rodt (DE)

(30) Priorität: **02.07.2007 DE 102007030713**

(54) **Verfahren zur Plausibilisierung des Ausgangssignals eines Raildrucksensors**

(57) Ein Verfahren zur Plausibilisierung des Ausgangssignals eines Raildrucksensors einer direkt einspritzenden, ein Common-Rail-System aufweisenden Brennkraftmaschine, ist gekennzeichnet durch folgende Schritte:

- es wird das Ausgabesignal des Raildrucksensors über einen vorgebbaren Zeitraum erfasst und aufgezeichnet;
- das Ausgabesignal wird in den Frequenzraum transformiert;
- es werden charakteristische Merkmale aus dem trans-

formierten Signal extrahiert;

- aufgrund der Merkmale und weiteren, vorgegebenen Einflussgrößen wird ein Raildruckwert berechnet;
- simultan hierzu wird aus dem Ausgabesignal des Raildrucksensors ein mittlerer Raildruckwert ermittelt;
- der mittlere Raildruckwert wird mit dem berechneten Raildruckwert verglichen;
- bei einer Abweichung des berechneten von dem mittleren Raildruckwert um einen vorgegebenen Grenzwert wird ein Fehlersignal ausgegeben und/oder in einem Fehlerspeicher gespeichert.

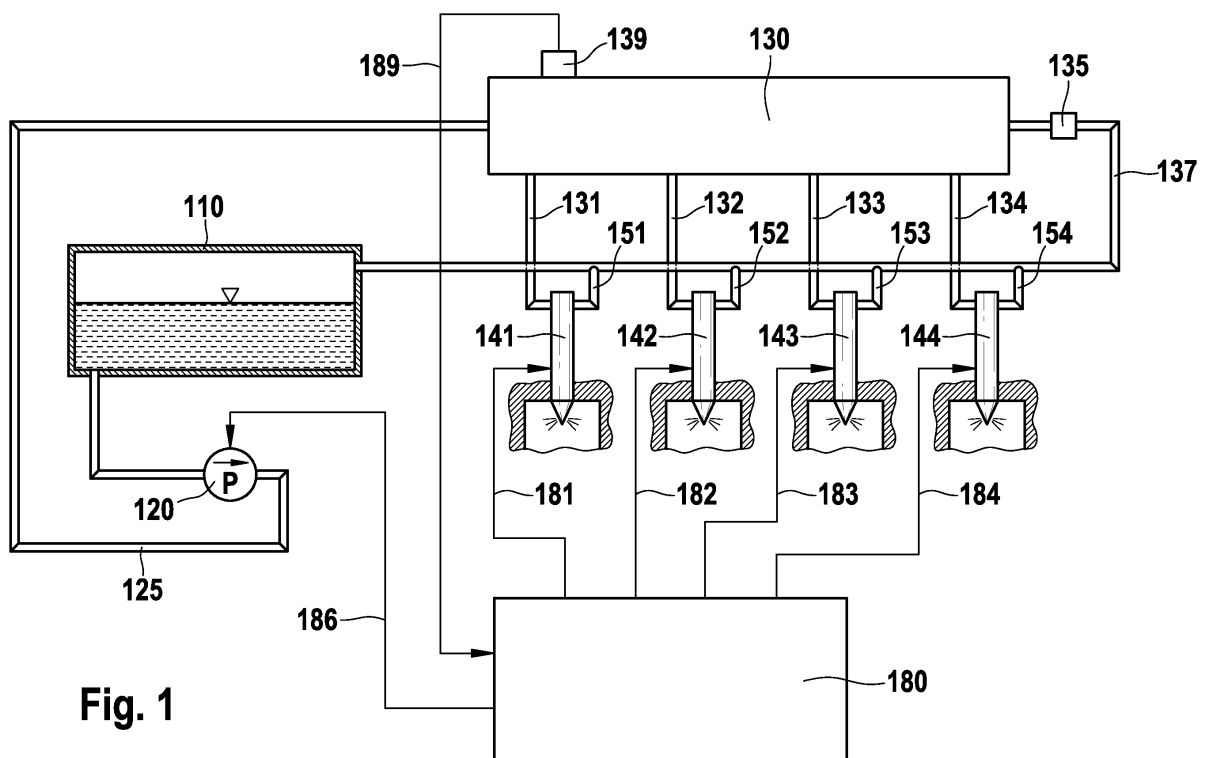


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zu Plausibilisierung des Ausgangssignals eines Raildrucksensors einer direkteinspritzenden, ein Common-Rail-System aufweisenden Brennkraftmaschine.

[0002] Gegenstand der Erfindung sind auch ein Computerprogramm sowie ein Computerprogrammprodukt mit einem Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des Verfahrens.

Stand der Technik

[0003] Die Anforderungen an moderne Verbrennungsmotoren - sowohl im Hinblick auf gesetzliche Rahmenbedingungen bezüglich zulässiger Emissionswerte, als auch im Hinblick auf gestiegene Erwartungen der Endverbraucher an Fahrkomfort, Laufruhe und niedrigen Verbrauch - steigen kontinuierlich.

[0004] Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine sehr genaue Steuerung der Kraftstoffverbrennung notwendig. Bei einer Brennkraftmaschine mit einem sogenannten Common-Rail-System wird über eine Hochdruckpumpe Kraftstoff unter hohem Druck in ein Rail genanntes gemeinsames Reservoir gefördert und in diesem gespeichert. Von diesem Rail wird der Kraftstoff zu Injektoren geleitet. Die für die Einspritzung erforderlichen Ansteuerparameter der Injektoren werden von einem Motorsteuergerät betriebspunktabhängig vorgegeben. Der Druck, den der Kraftstoff im Rail aufweist, und unter dem der Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt wird, ist für die Verbrennung eine entscheidende und zentrale Größe. Derartige Common-Rail-Systeme weisen einen Raildrucksensor auf, der integraler Bestandteil des Common-Rail-Einspritzsystems ist. Die Werte dieses Sensors werden in dem Motorsteuergerät ausgewertet und dazu benutzt, den gewünschten Soll-raildruck einzuregulieren und die für eine bestimmte Einspritzmenge erforderliche elektrische Ansteuerung des Einspritzstellers, beispielsweise eines Piezoinjektors oder eines Injektors mit einem Magnetventil, zu ermitteln. Eine nicht erkannte Dejustierung,/Drift dieses Raildrucksensors führt somit zu einer fehlerhaften Einspritzmenge und damit zu verschlechterten Emissionen. Aus diesem Grunde ist eine Überwachung des Raildrucksensors aufgrund der geltenden Vorschriften zur On-Board-Diagnose (OBD) erforderlich.

[0005] Rein prinzipiell könnte die Überwachung des Sensors durch den Einbau eines zweiten Sensors erfolgen. Dies scheidet jedoch aus Kostengründen aus.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat demgegenüber den

Vorteil, dass keine weitere Sensorik erforderlich ist, sondern dass eine Plausibilisierung des Ausgangssignals des Raildrucksensors allein aufgrund des Ausgabesignals des Raildrucksensors möglich ist.

[0007] Grundidee des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es, aus den dynamischen Eigenschaften des Ausgabesignals des Raildrucksensors einen Raildruckwert zu berechnen, der unabhängig von der zu plausibilisierenden Sensorkennlinie und nicht auf einen definierten Druckwert, wie zum Beispiel den Atmosphärendruck angewiesen ist. Es ist mithilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens möglich, eine Drift/Dejustage des Sensors im Fahrbetrieb ohne zusätzlicher Hardware onboard zu erkennen.

[0008] Dies geschieht durch folgende Schritte:

- es wird das Ausgabesignal des Raildrucksensors über einen vorgebbaren Zeitraum erfasst und aufgezeichnet;
- das Ausgabesignal wird in den Frequenzraum transformiert;
- es werden charakteristische Merkmale aus dem transformierten Signal extrahiert;
- aufgrund der Merkmale und weiteren, vorgegebenen Einflussgrößen wird ein Raildruckwert berechnet;
- simultan hierzu wird aus dem Ausgabesignal des Raildrucksensors ein mittlerer Raildruckwert ermittelt;
- der mittlere Raildruckwert wird mit dem berechneten Raildruckwert verglichen;
- bei einer Abweichung des berechneten von dem mittleren Raildruckwert um einen vorgegebenen Grenzwert wird ein Fehlersignal ausgegeben und/oder in einem Fehlerspeicher gespeichert.

[0009] Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in dem unabhängigen Anspruch angegebenen Verfahrens möglich.

[0010] So erfolgt die Transformation in den Frequenzraum bevorzugt durch eine Fouriertransformation.

[0011] Hierbei sieht eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens eine der folgenden Fouriertransformationen vor: eine Fast-Fouriertransformation (FFT) oder eine diskrete Fouriertransformation (DFT), gegebenenfalls auch unter Berücksichtigung des zero-padding, oder eine Kurzzeitfouriertransformation (STFT).

[0012] Als charakteristische Merkmale des transformierten Signals werden bevorzugt Frequenzmaxima oder das Integral über die Frequenz des Frequenzspektrums herangezogen.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung des Verfahrens wird der mittlere Raildruckwert, der aus dem Ausgabesignal des Raildrucksensors gewonnen wird, mittels einer in einem Speicher gespeicherten Kennlinie ermittelt.

[0014] Als vorgegebene Einflussgrößen werden vor-

zugsweise eine oder mehrere der folgenden Größen herangezogen: die Materialeigenschaften des Kraftstoffs, die Geometrie des Raildrucksystems, die Temperatur des Kraftstoffs. All diese Größen sind feste Größen, die vorab bestimmt werden können. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt des Weiteren die Erfassung des Ausgabesignals des Raildrucksensors über den vorgebbaren Zeitraum mit einer hohen Abtastrate. Eine solche hohe Abtastrate verbessert die Auflösung des Signals wesentlich und damit die nachfolgende Fast-Fourier-Transformation.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

- Fig. 1 schematisch ein Common-Rail-System für eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine, bei der das erfindungsgemäße Verfahren zum Einsatz kommt;
- Fig. 2 die Absolutwerte der Fouriertransformierten über der Frequenz bei unterschiedlichen Drücken und
- Fig. 3 schematisch das Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. Schaltungseinheiten zur Durchführung des Verfahrens.

Ausführungsformen der Erfindung

[0016] Ein in Fig. 1 gezeigtes Common-Rail-System einer (nicht dargestellten) Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs weist einen Tank 110 auf, aus dem eine Hochdruckpumpe 120 über eine Leitung 125 Kraftstoff mit hohem Druck in einen gemeinsamen Speicher, ein sogenanntes Rail 130 fördert.

[0017] Mit dem Rail sind über Leitungen 131, 132, 133, 134 Einspritzventile 141, 142, 143, 144 verbunden, die Kraftstoff unter hohem Druck in die Brennräume - in der Figur vier Brennräume - einer Brennkraftmaschine einspritzen.

[0018] Das Rail ist über ein Druckbegrenzungsventil 135 über eine Rücklaufleitung 137 mit dem Tank 110 verbunden.

[0019] In gleicher Weise weisen die Einspritzventile 141, 142, 143, 144 Rücklaufleitungen 151, 152, 153, 154 auf, die in die Leitung 137 münden. Die Einspritzventile 141, 142, 143, 144 sind über elektrische Steuerleitungen 181, 182, 183, 184 durch eine Steuereinrichtung, ein sogenanntes Motorsteuergerät 180, ansteuerbar. In entsprechender Weise ist die Hochdruckpumpe 120 durch eine elektrische Steuerleitung 186 von dem Motorsteuergerät 180 ansteuerbar.

[0020] Ein Raildrucksensor 139, der am Rail 130 angeordnet ist und den Raildruck erfasst, ist über eine Signalleitung 189 mit dem Steuergerät 180 verbunden. Der Raildruck wird in dem Steuergerät 180 auf die nachfol-

gend beschriebene Weise zur Plausibilisierung des Ausgabesignals des Raildrucksensors 139 ausgewertet.

[0021] Grundidee der Erfindung ist es, eine Drift/Dejustage des Raildrucksensors 139 ohne zusätzliche Hardware onboard während des Fahrbetriebs festzustellen. Rein prinzipiell könnte der Raildrucksensor 139 bei einem bekannten Druck im Rail 130 plausibilisiert werden, was bei dem vorliegenden Verfahren allerdings nicht erforderlich ist. Der dafür erforderliche definierte Druckwert stellt sich beispielsweise bei länger nicht betriebener Brennkraftmaschine, also bei länger stehendem Fahrzeug ein. In diesem Falle herrscht der Atmosphärendruck im Rail 130. Hierdurch kann ein Nullpunkt-Offset erkannt werden.

[0022] Das nachstehend beschriebene Verfahren berechnet nun aus dynamischen Eigenschaften des Drucksignals, das heißt des Ausgabesignals des Raildrucksensors 139 einen Raildruckwert, der unabhängig von einer zu plausibilisierenden Sensorkennlinie und nicht auf einem definierten Druckwert, wie zum Beispiel den Atmosphärendruckwert angewiesen ist. Es ist auf diese Weise möglich, die Plausibilisierung des Raildrucks während des Fahrbetriebs vorzunehmen.

[0023] Hierzu wird der Raildruck mit einer hohen Abtastrate aufgenommen und dieses Signal über beispielsweise eine Fast-Fouriertransformation (FFT) oder über eine diskrete Fouriertransformation (DFT), gegebenenfalls auch unter Berücksichtigung des zero-paddings, oder über eine Kurzzeit-Fouriertransformation (STFT) in den Frequenzraum transformiert. In Fig. 2 sind schematisch Absolutwerte der Fourier-Transformierten über der Frequenz bei unterschiedlichen Drücken dargestellt. Wie der Fig. 2 zu entnehmen ist, tauchen bei charakteristischen Frequenzen f der Druckwelle im Leistungs-Dichtespektrum Maxima 310, 320 auf, die bei Kenntnis der anderen Einflussgrößen, nämlich der Materialeigenschaften des Kraftstoffs, der Geometrie des Raildrucksystems, der Temperatur des Kraftstoffs eine Rückrechnung auf den real existierenden Druck ermöglichen. Verschiebt sich nun die Kennlinie des Raildrucksensors 139, so verschiebt sich bei gleich eingestelltem und vorgegebenen Raildruck, der mittels des Sensors 139 gemessen wird, auch die Lage der Maxima im Spektrum, da der wahre Raildruck ein anderer ist als der vom Raildrucksensor 139 gemessene, wobei gemessen hier die Bestimmung des Raildrucks aus einer Kennlinie aufgrund des Raildrucksignals bedeutet. Die Verschiebung kann detektiert werden. Die hierfür notwendigen technischen Möglichkeiten der Signalverarbeitung sind durch spezielle DSP-Befehlsätze in an sich bekannten und in heute üblichen Steuergeräten verwendeten TriCore-Prozessor gegeben. So können beispielsweise eine Fast-Fourier-Transformation FFT und verschiedene Filterfunktionen auf Assemblerebene hocheffizient umgesetzt werden, das heißt als Computerprogramm realisiert werden, wobei das Computerprogramm mittels beispielsweise eines Computerprogrammprodukts, welches einen Programmcode aufweist, der beispielsweise auf einem ma-

schinenlesbaren Träger gespeichert ist, auf dem Computer, der durch das Steuergerät der Brennkraftmaschine realisiert wird, implementiert werden kann.

[0024] Die erforderlichen hohen Abtastraten können steuergeräteseitig durch Verwendung eines Fast-Analog-Digital-Konverters in Verbindung mit heute üblichen Raildrucksensoren 139 erzielt werden. Auf diese Weise ist die Umsetzung des Verfahrens, welches nachfolgend in Verbindung mit Fig. 3 beschrieben wird, in heute üblichen Steuergeräten möglich und gegebenenfalls auch nachrüstbar durch Einspielen als entsprechenden Programms.

[0025] Das Verfahren wird im Detail nachfolgend anhand des in Fig. 3 dargestellten Diagramms beschrieben. Dabei sind die nachfolgend beschriebenen einzelnen Verfahrensschritte - wie erwähnt - durch ein entsprechendes Computerprogramm realisierbar. Es versteht sich aber, dass die Erfindung nicht hierauf beschränkt ist, sondern dass die einzelnen Verfahrensschritte auch in Form von Schaltungseinheiten realisiert werden kann. In diesem Falle ist Fig. 3 dann als Blockschaltbild zu verstehen.

[0026] Ein Ausgabesignal des Raildrucksensors 139, dargestellt durch einen Pfeil 410 wird einer (Schaltungs-) Einheit 420 zugeführt, in welcher eine Erfassung des Raildrucks mit hoher Abtastrate erfolgt. Simultan wird das Ausgabesignal, wie es durch einen Pfeil 411 angedeutet ist, einer (Schaltungs-) Einheit 425 zugeführt, in der der mittlere Raildruck aufgrund einer in einem Speicher (nicht dargestellt) hinterlegten Kennlinie ermittelt wird. Der mittels hoher Abtastrate erfasste Raildruck wird beispielsweise durch eine Fast-Fouriertransformation (FFT) 430 in den Frequenzraum transformiert. Es wird sodann in dem Schritt bzw. in der (Schaltungs-) Einheit 440 eine Extraktion charakteristischer Frequenzen des Absolutwerts der Fourier-Transformierten oder durch Bildung des Integrals des Fourierspektrums über der Frequenz bestimmt und aufgrund dieser Größen in einem Schritt bzw. in einer (Schaltungs-) Einheit 460 auf den "wahren", das heißt real existierenden Raildruck zurückgerechnet. Der berechnete Raildruckwert wird mit dem mittleren Raildruckwert, der aufgrund der Kennlinie in Einheit 425 ermittelt wird, in Schritt 470 bzw. in einer (Schaltungs-) Einheit verglichen. Bei Abweichung des berechneten von dem mittleren Raildruckwert um einen vorgegebenen Grenzwert wird ein Fehlersignal, das heißt eine Fehlermeldung ausgegeben, beispielsweise optisch oder akustisch, und/oder in einem Federspeicher gespeichert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Plausibilisierung des Ausgangssignals eines Raildrucksensors einer direkteinspritzenden, ein Common-Rail-System aufweisenden Brennkraftmaschine, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:

- es wird das Ausgabesignal des Raildrucksensors über einen vorgebbaren Zeitraum erfasst und aufgezeichnet;
- das Ausgabesignal wird in den Frequenzraum transformiert;
- es werden charakteristische Merkmale aus dem transformierten Signal extrahiert;
- aufgrund der Merkmale und weiteren, vorgegebenen Einflussgrößen wird ein Raildruckwert berechnet;
- simultan hierzu wird aus dem Ausgabesignal des Raildrucksensors ein mittlerer Raildruckwert ermittelt;
- der mittlere Raildruckwert wird mit dem berechneten Raildruckwert verglichen;
- bei einer Abweichung des berechneten von dem mittleren Raildruckwert um einen vorgegebenen Grenzwert wird ein Fehlersignal ausgegeben und/oder in einem Fehlerspeicher gespeichert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Transformation in den Frequenzraum durch eine Fouriertransformation erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Fouriertransformation eine Fast-Fouriertransformation (FFT) oder eine diskrete Fouriertransformation (DFT) oder eine diskrete Fouriertransformation (DFT) unter Berücksichtigung des zero-padding oder eine Kurzzeit-Fouriertransformation (STFT) verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Merkmale Frequenzmaxima oder Integrale des Frequenzspektrums über die Frequenz verwendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der mittlere Raildruckwert aufgrund einer gespeicherten Kennlinie ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorgegebenen Einflussgrößen eine oder mehrere der folgenden Größen sind: Materialeigenschaften des Kraftstoffs, Geometrie des Raildrucksystems, Temperatur des Kraftstoffs.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassung des Ausgabesignals des Raildrucksensors über den vorgebbaren Zeitraum mit einer hohen Abtastrate erfolgt.
8. Computerprogramm, das alle Schritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausführt, wenn es auf einem Rechenggerät, insbesondere einem Steuergerät abläuft.

9. Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wenn das Programm auf einem Computer oder einem Steuergerät ausgeführt wird. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

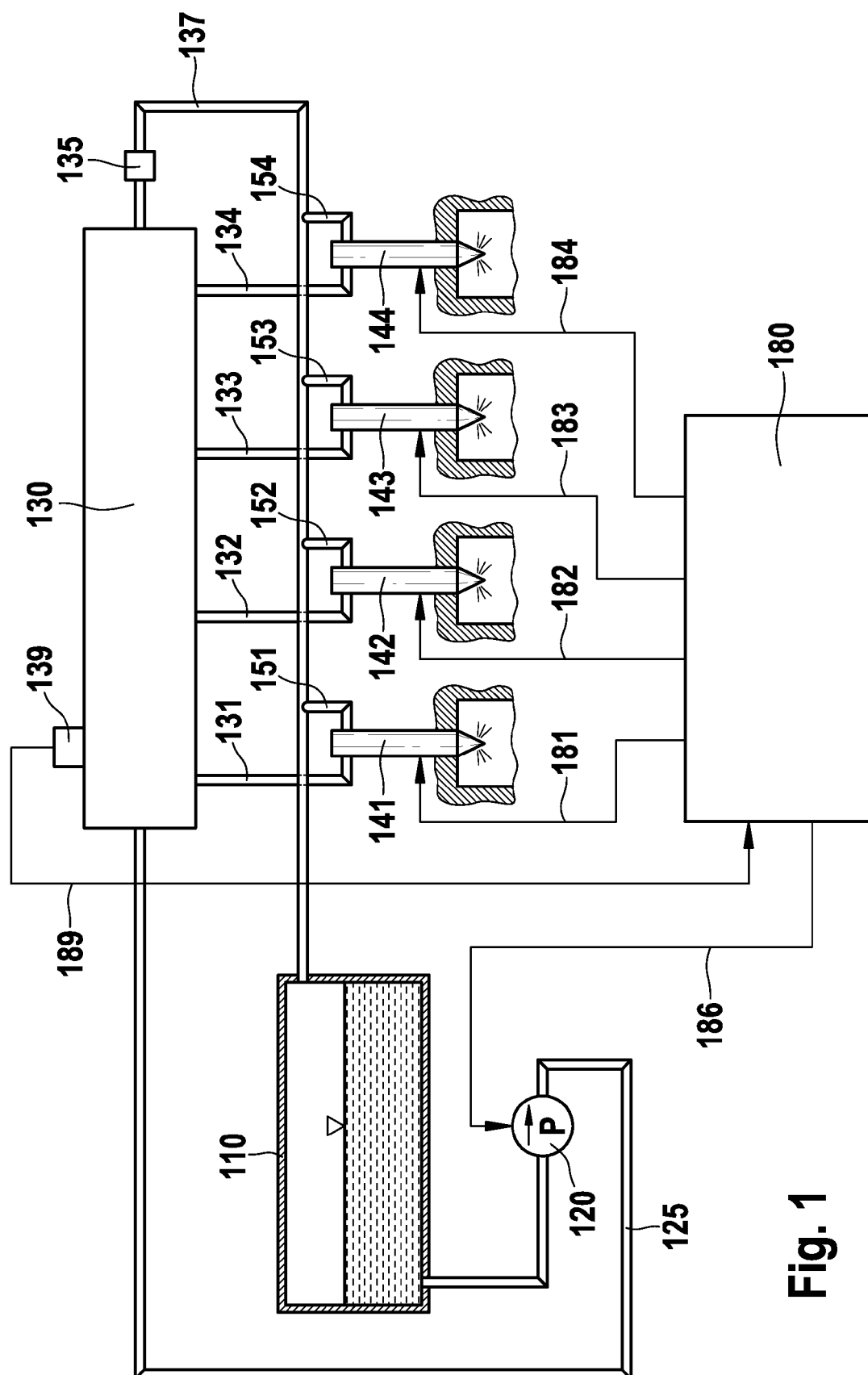


Fig. 1

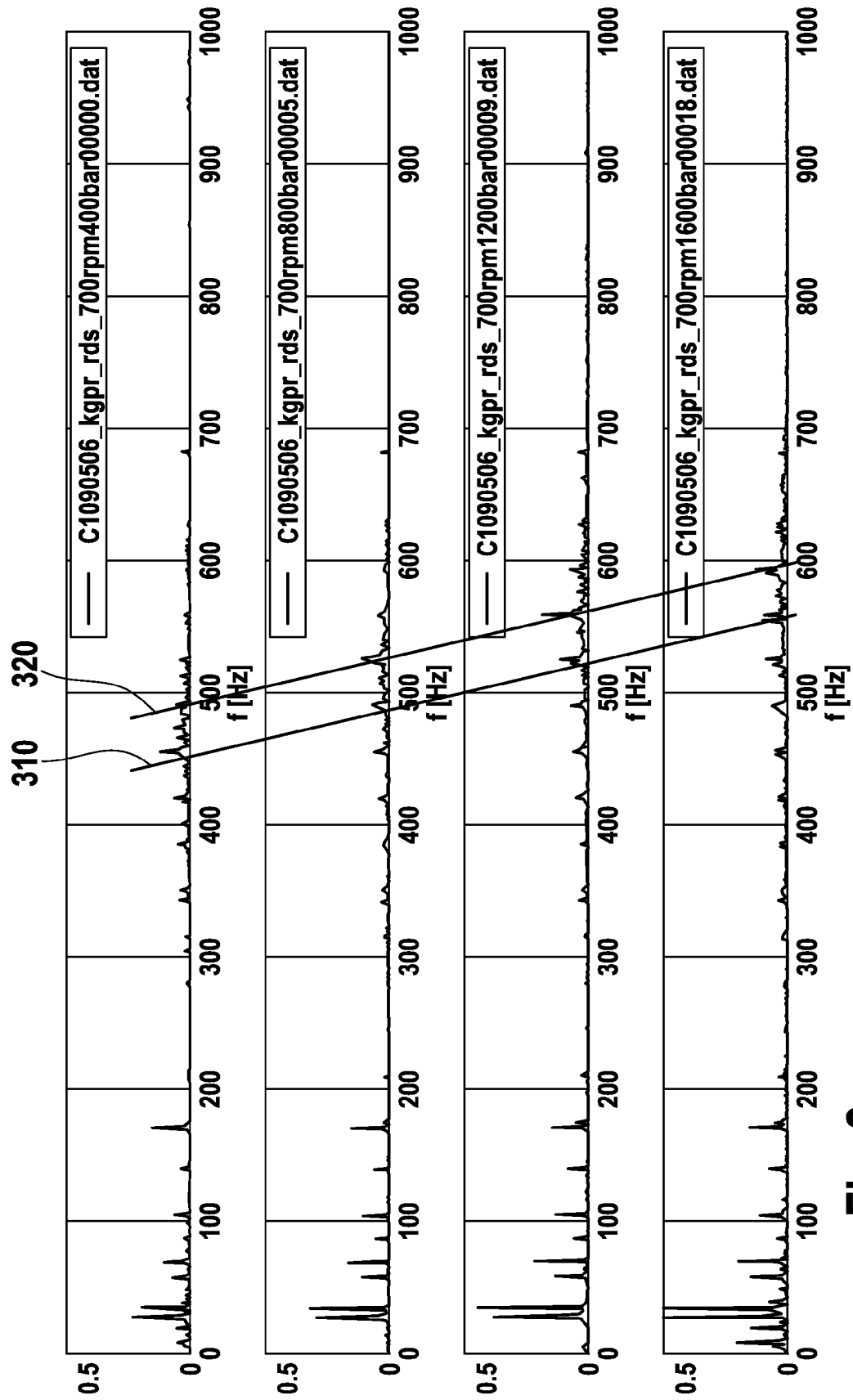


Fig. 2

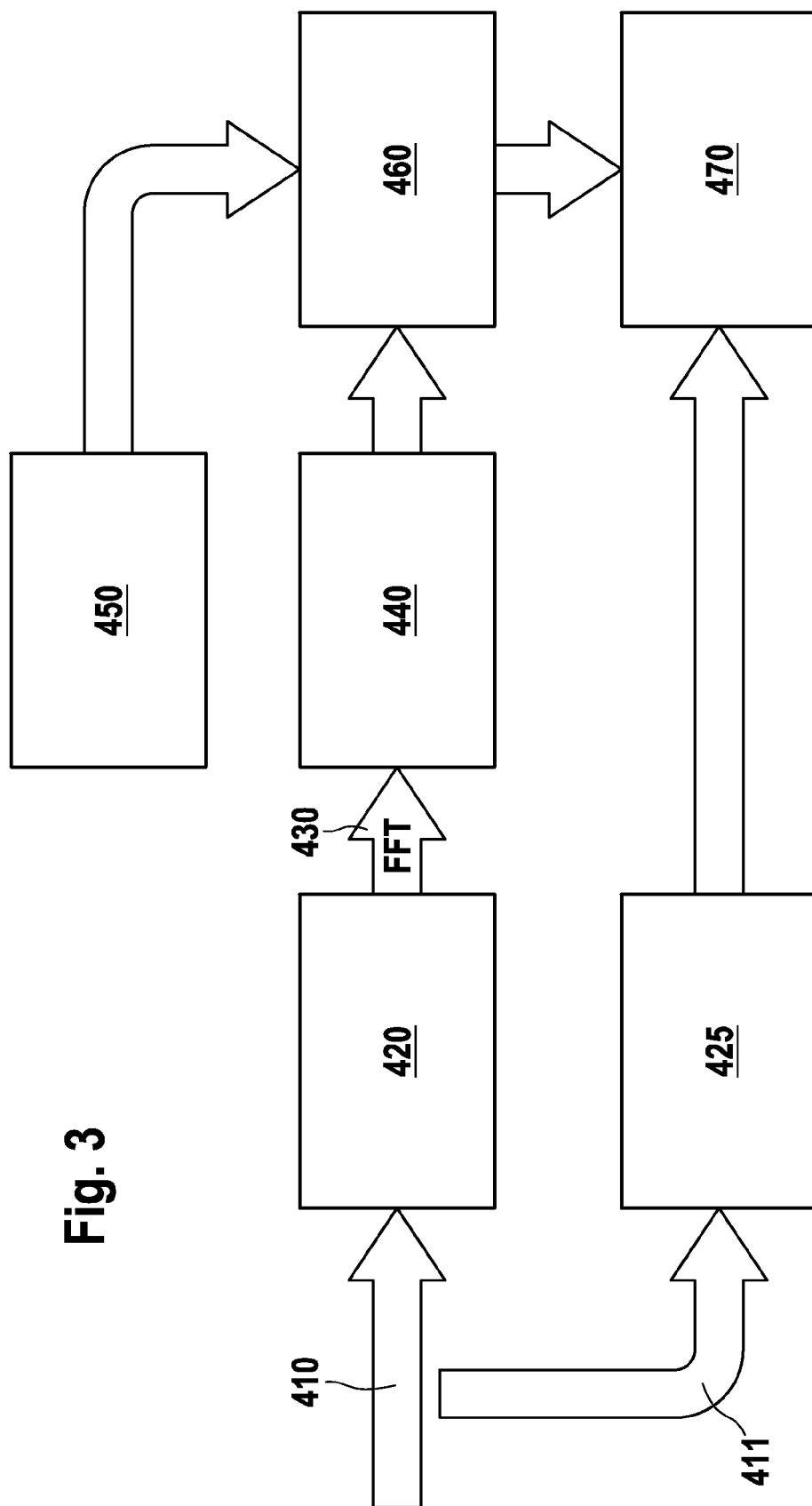


Fig. 3