



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 218 217.5**

(22) Anmeldetag: **24.10.2018**

(43) Offenlegungstag: **30.04.2020**

(51) Int Cl.: **F02D 41/00 (2006.01)**

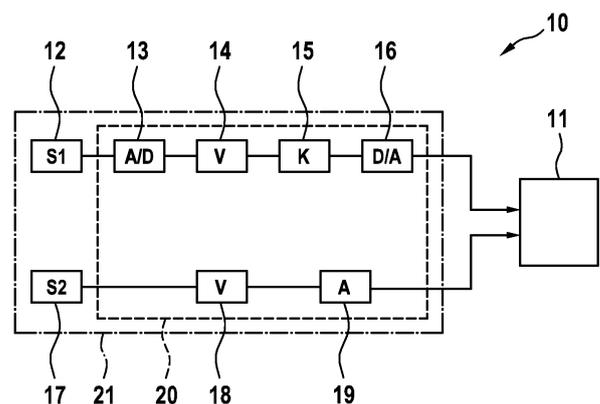
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Scholten, Carsten, 70597 Stuttgart, DE; Schehrer, Dominic, 75382 Althengstett, DE; Litterst, Thomas, 70563 Stuttgart, DE; Manoussopoulos, Anastasios, 71706 Markgröningen, DE; Schmitt, Joerg, 70469 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Raildrucksensoranordnung mit mehreren Sensorelementen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Raildrucksensoranordnung (10) zum Messen des Raildrucks bei einem Common-Rail-System einer Brennkraftmaschine, umfassend zumindest ein erstes Sensorelement (12) mit nachgeschalteten Signalverarbeitungsmitteln zur Absolutdruckmessung, umfassend eine A/D-Wandlereinheit (13) zur Digitalisierung des analogen Messsignals, eine nachgeschaltete Korrekturereinheit (15) zur Aufbereitung des digitalen Messsignals, welches eine nachgeschaltete D/A-Wandlereinheit (16) in ein analoges Eingangssignal für eine Motorsteuereinheit (11) umwandelt, wobei zumindest ein zweites Sensorelement (17) mit nachgeschalteten Signalverarbeitungsmitteln zur Frequenzermittlung des Messsignals vorgesehen ist, aus dessen Hochfrequenzanteilen eine nachgeschaltete Frequenzanalyseeinheit (19) die aktuelle Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs bestimmt, um diese der Motorsteuereinheit (11) als weitere Eingangsgröße für eine Erweiterung des Funktionsumfangs der Motorsteuerung zur Verfügung zu stellen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Raildrucksensoranordnung zum Messen des Raildrucks bei einem Common-Rail-System einer Brennkraftmaschine, umfassend zumindest ein erstes Sensorelement mit nachgeschalteten Signalverarbeitungsmitteln zur Absolutdruckmessung, umfassend eine A/D-Wandlereinheit zur Digitalisierung des analogen Messsignals, eine nachgeschaltete Korrekturereinheit zur Aufbereitung des digitalen Messsignals, welches eine nachgeschaltete D/A-Wandlereinheit in ein passend analoges Eingangssignal für eine Motorsteuereinheit umwandelt.

[0002] Das Einsatzgebiet der Erfindung erstreckt sich auf die Verbrennungsmotorentchnik. Moderne Verbrennungsmotoren, speziell Dieselmotoren, sind gewöhnlich mit sogenannten Common-Rail-Systemen ausgestattet, welche es ermöglichen, den Kraftstoff mit sehr hoher Präzision unter sehr hohen Drücken in die Brennräume der Brennkraftmaschine einzuspritzen. Diese Common-Rail-Systeme verfügen über Raildrucksensoren, die den Druck im Rail erfassen. Der Druck wird einer Motorsteuereinheit als Eingangsgröße zugeführt, um den Kraftstoffverbrennungsprozess optimal zu steuern. In einem Common-Rail-System wird der Raildrucksensor im Wesentlichen für zwei Hauptfunktionalitäten eingesetzt. Zum einen dient dieser zur Regelung des aktuellen Raildrucks, zum anderen dient der Raildrucksensor auch zur Bestimmung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge in dem Brennraum.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 10 2013 201 576 A1 geht ein Common-Rail-System für eine Brennkraftmaschine hervor. Ein Raildrucksensor dient dabei zur Messung des aktuell anliegenden Raildrucks, der als Messsignal einer Motorsteuereinheit zugeführt wird. Es werden hierbei besondere Maßnahmen zur Plausibilisierung des Messsignals getroffen.

[0004] Gemäß des allgemein bekannten Standes der Technik bestehen Raildrucksensoren für Common-Rail-Systeme gewöhnlich aus mindestens einem Sensorelement, beispielsweise einem Dehnmessstreifen mit einer Signalverarbeitung. Der Dehnmessstreifen misst die von dem aktuellen Raildruck auf eine sensorinterne Messoberfläche aufgebrachten Bauteilspannungen, welche ein Maß für den anliegenden Druck darstellen. Die Signalverarbeitung umfasst zunächst eine Analog-Digital-Wandlung des Messsignals, welches anschließend verstärkt wird und dann sensor- und temperaturspezifisch korrigiert, gefiltert und schließlich als verstärktes korrigiertes digitales Signal wieder digital-analog gewandelt wird, um ein analoges Eingangssignal zu erhalten, das geeignet ist, um durch eine Motorsteuereinrich-

tung verarbeitet zu werden. Diese Signalverarbeitung sorgt insbesondere auch für eine Tiefpassfilterung des eigentlichen Raildrucksignals.

[0005] Aus dem per Sensorelement erfassten Messsignal werden im Zuge der digitalen Signalverarbeitung jedoch Informationen eliminiert, welche durch die Motorsteuereinheit zur Optimierung des Verbrennungsprozesses nützlich wären.

[0006] Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Raildrucksensoranordnung der gattungsgemäßen Art dahingehend weiter zu verbessern, dass neben der Ermittlung des Raildrucks auch andere im Messsignal enthaltenen steuerungstechnisch relevanten Informationen über den Zustand des Kraftstoffs gewonnen werden können.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Die Aufgabe wird ausgehend von einer Raildrucksensoranordnung gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 in Verbindung mit dessen kennzeichnenden Merkmalen gelöst. Die nachfolgenden abhängigen Ansprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung wieder.

[0008] Die Erfindung schließt die technische Lehre ein, dass bei einer Raildrucksensoranordnung zumindest ein zweites Sensorelement mit nachgeschalteten Signalverarbeitungsmitteln zur Frequenzermittlung des Messsignals vorgesehen ist, aus dessen Hochfrequenzanteilen eine nachgeschaltete Frequenzanalyseeinheit die aktuelle Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs bestimmt, um diese der Motorsteuereinheit als weitere Eingangsgröße für eine Erweiterung des Funktionsumfangs der Motorsteuerung zur Verfügung zu stellen.

[0009] Mit anderen Worten umfasst die erfindungsgemäße Raildrucksensoranordnung neben einem gewöhnlichen Sensorelement zur Absolutdruckmessung mit digitalisierter Signalverarbeitung ein zusätzliches Sensorelement, das beispielsweise ebenfalls als Dehnmessstreifen ausgebildet sein kann, dessen Signalverstärkung rein analog erfolgt, wodurch die hochfrequenten Anteile im Messsignal nicht gefiltert werden, um aus dem so gewonnenen hochfrequenten Messsignalanteil per Frequenzanalyse die aktuelle Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs zu bestimmen. Die aktuelle Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs ist abhängig von der Kraftstoffart, dem Kraftstoffdruck und der Kraftstofftemperatur. So kann bei bekanntem Kraftstoffdruck und Kraftstofftemperatur beispielsweise auf die Kraftstoffart geschlossen werden. Denn bei beispielsweise einer spezifisch hohen aktuellen Schallgeschwindigkeit liegt eine andere Kraftstoffart vor als bei einer spezifisch niedrigen Schallgeschwindigkeit. Da sich insbesondere diese Information nicht aus dem digitalisierten Mess-

signal entnehmen lässt, bildet die erfindungsgemäße Sensorerweiterung eine Basis für die vorstehend beschriebene Erweiterung des Funktionsumfangs der Motorsteuerung.

[0010] Gemäß einer zusätzlichen Maßnahme kann die Signalverarbeitung des ersten Sensorelements das digitalisierte Messsignal durch eine Korrekturereinheit bearbeiten lassen, welche das Messsignal hinsichtlich sensorspezifischer und temperaturspezifischer Einflüsse fehlerkorrigiert. So können beispielsweise Serienstreuungen eines Dehnmessstreifens korrigiert werden. Daneben kann die Korrekturereinheit auch eine Tiefpassfilterung des digitalisierten Messsignals durchführen, um nur diejenigen Signale aus dem Messsignal herauszufiltern, welche für die Messung des Raildrucks repräsentativ sind.

[0011] Weiterhin wird vorgeschlagen, dass die Signalverarbeitung des ersten Sensorelements auch eine optionale Verstärkereinheit zur Verstärkung des digitalisierten Messsignals umfasst, welches vorzugsweise zwischen der A/D-Wandlereinheit und der Korrekturereinheit der Signalverarbeitungskette angeordnet sein kann.

[0012] Gemäß einer weiteren die Erfindung verbessernden Maßnahme wird vorgeschlagen, dass die Signalverarbeitung des zweiten Sensorelements eine Verstärkereinheit zum analogen Verstärken des Messsignals umfasst, welche der Frequenzanalyseeinheit vorgeschaltet ist, um einen verbesserten Rauschabstand zum Nutzsignal zu erhalten, ehe die Frequenzanalyse stattfindet.

[0013] Hinsichtlich der baulichen Ausführung der Raildrucksensoranordnung wird vorgeschlagen, dass das mindestens erste und/oder das mindestens zweite Sensorelement als ein je auf einer sensorinternen Messoberfläche aufgebrachter Dehnmessstreifen ausgebildet ist, dessen Messsignal von in einem lokalen ASIC-Bauelement integrierten Signalverarbeitungsmitteln verarbeitbar ist. Das ASIC-Bauelement sollte dabei zumindest die digitale Signalverarbeitung ausführen. Es ist jedoch auch denkbar, dass auch die analoge Messverstärkung mit anschließender Frequenzanalyse durch Funktionserweiterung mit dem ASIC-Bauelement durchführbar ist. Es ergibt sich hierdurch eine recht platzsparende Anordnung, so dass die besagten Bauteile vorzugsweise in einem gemeinsamen Sensorgehäuse untergebracht sind. Das Sensorgehäuse ist mit elektrischen Anschlüssen zur Zuleitung des vorverarbeiteten Messsignals an die Motorsteuereinrichtung ausgestattet. Daneben ist es auch denkbar, dass die Signalverarbeitung des ersten und/oder des mindestens zweiten Sensorelements zumindest teilweise seitens der Motorsteuerung durchgeführt wird.

[0014] Weitere die Erfindung verbessernden Maßnahmen werden nachstehend gemeinsam mit der Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung anhand der Figuren näher dargestellt.

Ausführungsbeispiele

[0015] Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kraftstoffversorgungssystems einer Brennkraftmaschine mit Common-Rail-System,

Fig. 2 eine schematische Blockschaltdarstellung der Signalverarbeitung der Raildrucksensoranordnung,

Fig. 3 eine grafische Darstellung des zeitlichen Messwertverlaufs des digitalisierten Messsignals des ersten Sensorelements,

Fig. 4 eine grafische Darstellung des analogen Messsignals des zweiten Sensorelements, und

Fig. 5 das Ergebnis einer Frequenzanalyse zur Ermittlung der aktuellen Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs.

[0016] Nach **Fig. 1** beinhaltet ein Common-Rail-System einer - hier nicht weiter dargestellten - Brennkraftmaschine eines Dieselmotors einen Kraftstoffbehälter **1**, eine Förderpumpe **2**, eine Hochdruckpumpe **3**, ein Niederdruckbegrenzungsventil **4**, einen Kraftstoffspeicher **5**, der mit verschiedenen Injektoren **6** in Verbindung steht und ein Druckregelventil **7**, über das der Kraftstoffspeicher **5** mit dem Kraftstoffbehälter **1** in Verbindung steht. Das Druckregelventil **7** ist über eine Spule **8** elektromagnetisch steuerbar und ist derart ausgebildet, dass es bei Beaufschlagung mit einem Ansteuersignal einen bestimmten Druck im Kraftstoffspeicher **5** hält und nicht benötigten Kraftstoff in den Kraftstoffbehälter **1** ablässt.

[0017] Die Leitungen zwischen dem Ausgang der Hochdruckpumpe **3** und dem Eingang des Druckregelventils **7** werden als Hochdruckbereich bezeichnet. In diesem Hochdruckbereich steht der Kraftstoff unter Raildruck. Zur Erfassung des Raildrucks im Hochdruckbereich wird eine Raildrucksensoranordnung **10** eingesetzt, welche neben der reinen Absolutdruckmessung auch weitere kraftstoffspezifische Parameter erfasst, die an nachfolgender Stelle näher erläutert werden.

[0018] Verschiedene Stellglieder, wie beispielsweise die Hochdruckpumpe **3**, die Injektoren **6** und das Druckregelventil **7** werden durch eine elektronische Motorsteuerung **11** angesteuert. Dabei verarbeitet die Motorsteuerung **11** verschiedene Signale weiterer Sensoren **9**, die den Betriebszustand der Brennkraftmaschine kennzeichnen.

[0019] Im Betrieb wird der Kraftstoff aus dem Kraftstoffbehälter **1** von der Vorförderpumpe **2** zur Hochdruckpumpe **3** gefördert. Steigt der Druck in diesem Niederdruckbereich auf zu hohe Werte an, so öffnet das Niederdruckventil **4** und gibt die Verbindung zwischen dem Ausgang der Vorförderpumpe **2** und dem Kraftstoffbehälter **1** frei. Der Kraftstoff wird mit der Hochdruckpumpe **3** vom Niederdruckbereich in den Hochdruckbereich gefördert, wobei diese einen hohen Druck im Kraftstoffspeicher **5** aufbaut. Typische Werte bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen liegen zwischen 30 und 100 bar. Bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen, also Dieselmotoren, werden Werte zwischen 1000 und 2000 bar erreicht.

[0020] Gemäß **Fig. 2** umfasst die Raildrucksensoranordnung **10** ein erstes Sensorelement **12** mit nachgeschalteter Signalverarbeitung zur Absolutdruckmessung. Diese Signalverarbeitung besteht aus einer A/D-Wandlereinheit **13** zur Digitalisierung des analogen Messsignals. Eine der A/D-Wandlereinheit **13** nachgeschaltete Verstärkereinheit **14** sorgt für eine Verstärkung des digitalisierten Messsignals. Anschließend wird das digitalisierte verstärkte Messsignal in einer Korrekturereinheit **15** derart aufbereitet, dass sensorspezifische und temperaturspezifische Einflüsse fehlerkorrigiert werden. Ein tiefpassaufgearbeitetes digitales Messsignal wird schließlich in einer D/A-Wandlereinheit **16** wieder in ein analoges Signal rückverwandelt, welches als Eingangssignal für die Motorsteuereinheit **11** geeignet ist.

[0021] Die Raildrucksensoranordnung **10** umfasst darüber hinaus ein zweites Sensorelement **17**, das ebenfalls als Dehnmessstreifen (DMS) ausgebildet sein kann, dessen Messsignal in einer Verstärkereinheit **18** verstärkt wird, um dieses anschließend einer Frequenzanalyseeinheit **19** zuzuführen. Die Frequenzanalyseeinheit **19** bestimmt aus den Hochfrequenzanteilen des analogen Messsignals der zweiten Sensoreinheit **17** die aktuelle Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs, um diese der Motorsteuereinheit **11** als weitere Eingangsgröße für einen erweiterten Funktionsumfang der Motorsteuerung zuzuführen.

[0022] Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Signalverarbeitungsmittel für die beiden Sensoreinheiten **12** und **17** in einem lokalen ASIC-Bauelement **20** integriert, welches gemeinsam mit den beiden Sensorelementen **12** und **17** in einem gemeinsamen Sensorgehäuse **21** untergebracht ist.

[0023] Die grafische Darstellung gemäß **Fig. 3** illustriert den zeitlichen Verlauf des über das erste Sensorelement gemessenen und digitalisierten Raildrucks.

[0024] Die **Fig. 4** zeigt die im selben Zeitintervall durch das zweite Sensorelement ermittelten analogen Messwerte, die hier als Spannungsverlauf eines Dehnmessstreifens abgebildet sind.

[0025] In der **Fig. 5** ist das Ergebnis der Frequenzanalyse beider Messsignale **S1** und **S2** ablesbar. Bei dieser Darstellung wird beispielsweise deutlich, dass im Bereich von 3 kHz das über die digitale Signalverarbeitung stark gefilterte Messsignal **S1** keine Auffälligkeit zeigt, wohingegen das analoge Messsignal **S2** an der Stelle von 3 kHz einen Amplitudenausschlag zeigt, welcher die Frequenz einer im Rail erzeugten stehenden Welle angibt. Hierüber und über die Wellenlänge lässt sich durch die an sich bekannten physikalischen Zusammenhänge die Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs im Kraftstoffspeicher (Rail) ermitteln. Da die Schallgeschwindigkeit unter anderem auch abhängig von der Kraftstoffart ist, lässt sich diese hierüber bestimmen und an die Motorsteuerung zur Optimierung des Verbrennungsprozesses melden.

[0026] Die Erfindung ist nicht beschränkt auf das vorstehend beschriebene bevorzugte Ausführungsbeispiel. Es sind vielmehr auch Abwandlungen hiervon denkbar, welche vom Schutzbereich der nachfolgenden Ansprüche mit umfasst sind. So ist es beispielsweise auch möglich, andere Informationen aus dem analogen Messsignal per Frequenzanalyse herauszulesen, welche zur Optimierung des Verbrennungsprozesses hilfreich sind. Darüber hinaus ist es auch denkbar, mehrere Sensorelemente mit nachgeschalteter digitaler Signalverarbeitung gemeinsam mit einem oder mehreren Sensorelementen mit nachgeschalteter analoger Signalverarbeitung zu kombinieren. Die Frequenzanalyse kann dabei auch seitens der Motorsteuereinheit erfolgen, welche insoweit nur ein analog vorverstärktes Messsignal erhält.

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

- DE 102013201576 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Raildrucksensoranordnung (10) zum Messen des Raildrucks bei einem Common-Rail-System einer Brennkraftmaschine, umfassend zumindest ein erstes Sensorelement (12) mit nachgeschalteten Signalverarbeitungsmitteln zur Absolutdruckmessung, umfassend eine A/D-Wandlereinheit (13) zur Digitalisierung des analogen Messsignals, eine nachgeschaltete Korrekturereinheit (15) zur Aufbereitung des digitalen Messsignals, welches eine nachgeschaltete D/A-Wandlereinheit (16) in ein analoges Eingangssignal für eine Motorsteuereinheit (11) umwandelt, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein zweites Sensorelement (17) mit nachgeschalteten Signalverarbeitungsmitteln zur Frequenzermittlung des Messsignals vorgesehen ist, aus dessen Hochfrequenzanteilen eine nachgeschaltete Frequenzanalyseeinheit (19) die aktuelle Schallgeschwindigkeit des Kraftstoffs bestimmt, um diese der Motorsteuereinheit (11) als weitere Eingangsgröße für eine Erweiterung des Funktionsumfangs der Motorsteuerung zur Verfügung zu stellen.

2. Raildrucksensoranordnung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrekturereinheit (15) der Signalverarbeitungsmittel des ersten Sensorelements (12) das digitalisierte Messsignal hinsichtlich zumindest sensorspezifischer und temperaturspezifischer Einflüsse fehlerkorrigiert und/oder eine Tiefpassfilterung ausführt.

3. Raildrucksensoranordnung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der A/D-Wandlereinheit (13) und der Korrekturereinheit (15) der Signalverarbeitungsmittel des ersten Sensorelements (12) eine Verstärkereinheit (14) zur Verstärkung des digitalisierten Messsignals angeordnet ist.

4. Raildrucksensoranordnung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Frequenzanalyseeinheit (15) der Signalverarbeitungsmittel des zweiten Sensorelements (17) eine Verstärkereinheit (18) zum analogen Verstärken des Messsignals vorgeschaltet ist.

5. Raildrucksensoranordnung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste und/oder zweite Sensorelement (12, 17) als ein je auf einer sensorinternen Messoberfläche aufgebracht Dehnmessstreifen ausgebildet ist, dessen Messsignal von in einem lokalen ASIC-Bauelement (20) integrierten Signalverarbeitungsmitteln verarbeitbar ist.

6. Raildrucksensoranordnung (10) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zumindest erste Sensorelement (12) und das zumindest zweite Sensorelement (17) in einem gemeinsamen Sensorgehäuse (21) zusammen mit dem ASIC-Bauelement (20) untergebracht sind.

7. Common-Rail-System einer Brennkraftmaschine mit einer Raildrucksensoranordnung (10) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

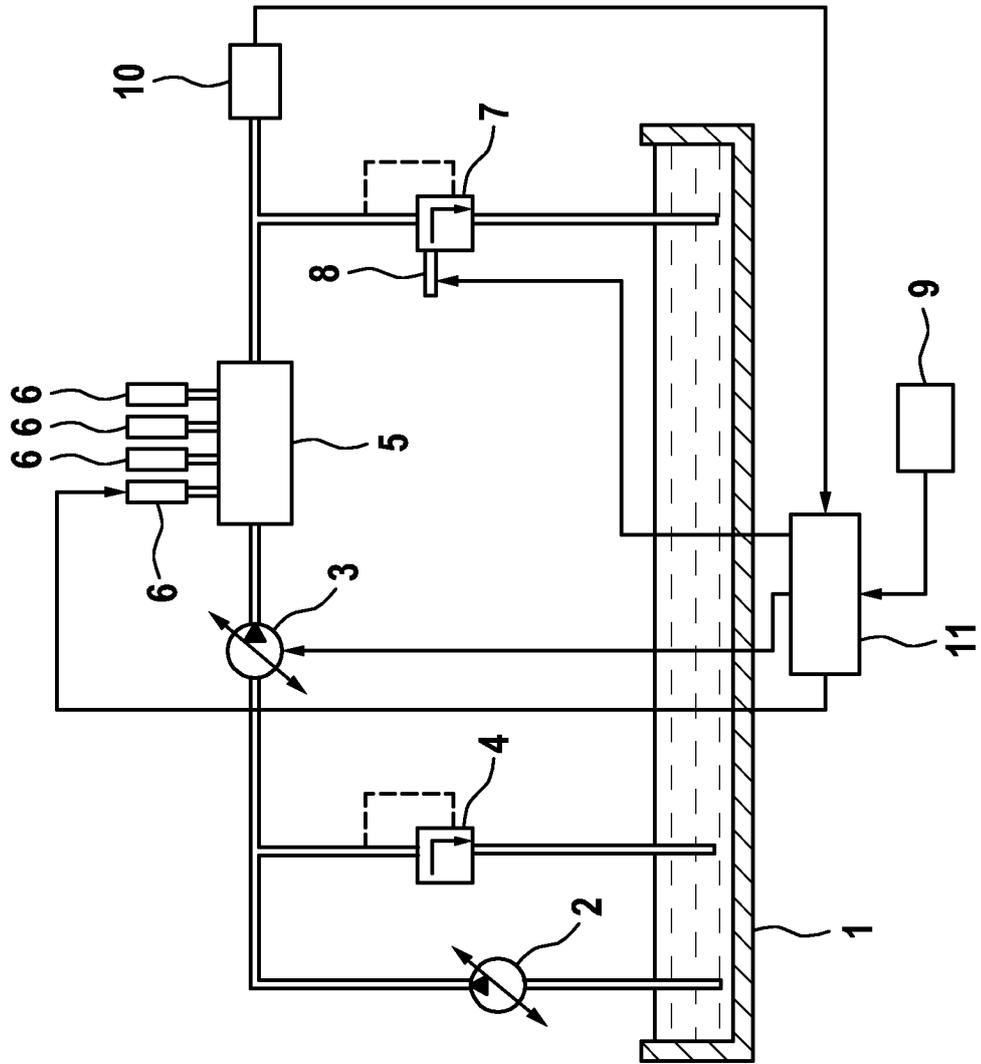


Fig. 1

Fig. 2

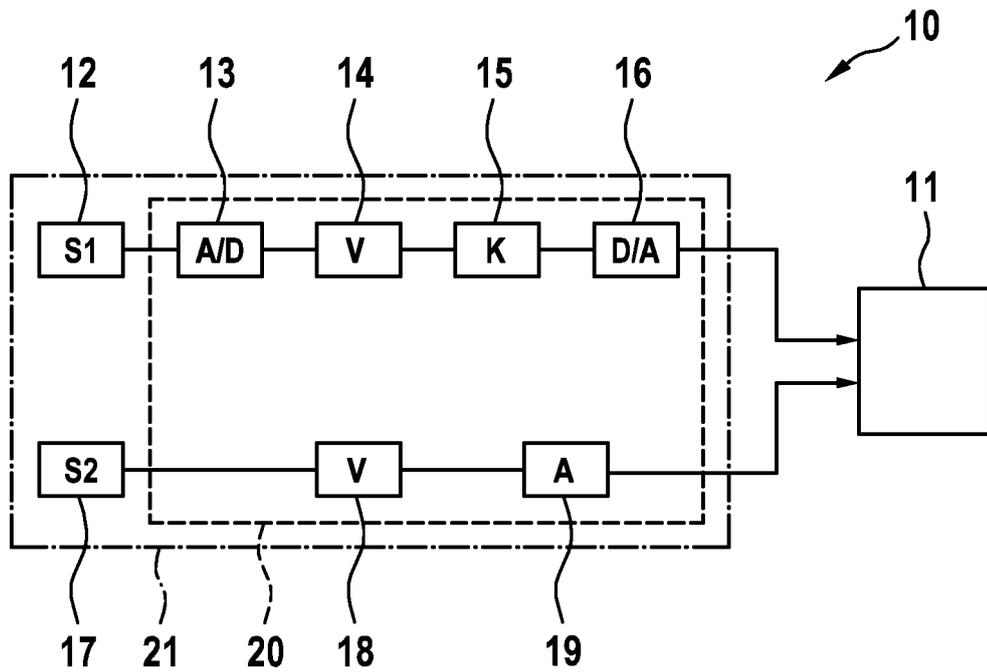


Fig. 3

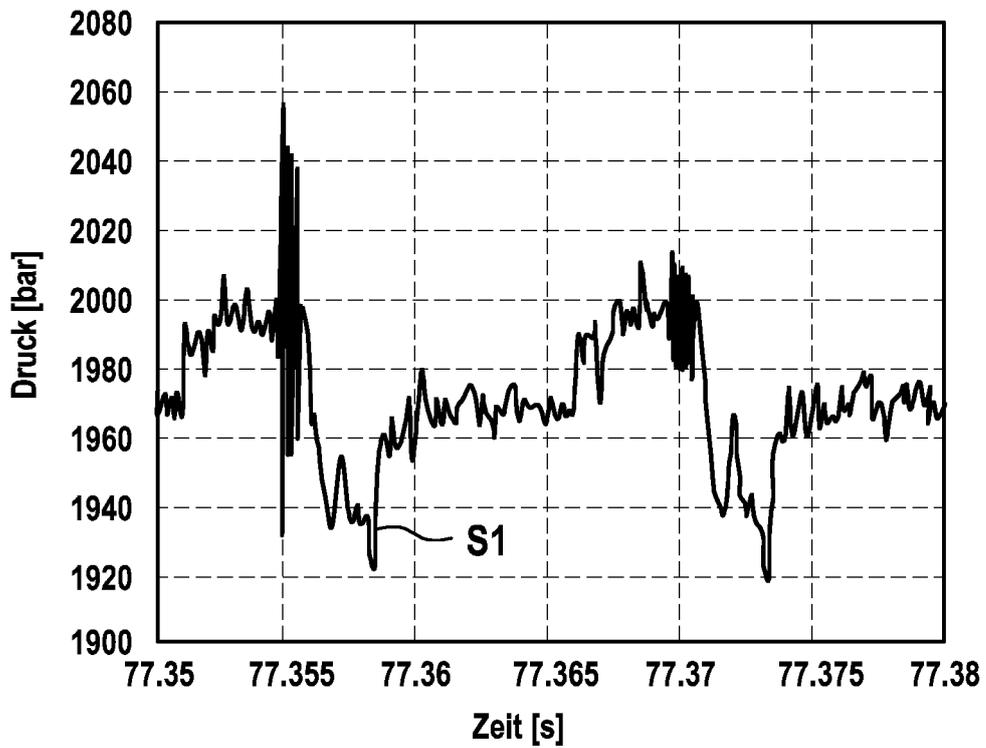


Fig. 4

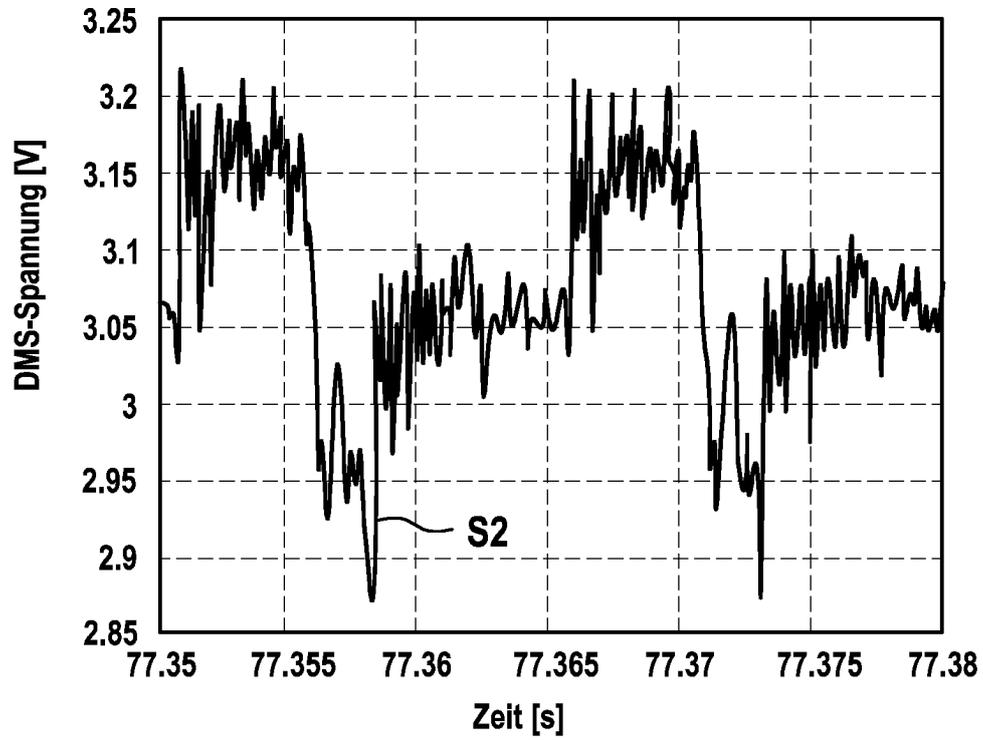


Fig. 5

