



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 014 329 A1** 2008.10.02

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 014 329.1**

(22) Anmeldetag: **26.03.2007**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2008**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F02D 41/20** (2006.01)  
**H02N 2/06** (2006.01)

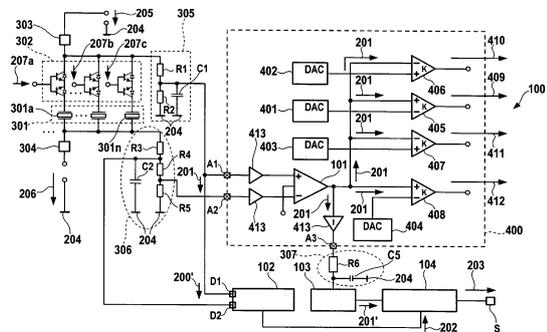
(71) Anmelder:  
**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Fuchs, Stefan, 70469 Stuttgart, DE; Graf, Marco, 71254 Ditzingen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Erfassen einer elektrischen Potentialdifferenz an einer piezoelektrischen Aktoreinheit und Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung schafft eine Schaltungsanordnung (100) zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mittels einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz (200). Es sind eine erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (101) zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz (200) und zur Ausgabe eines ersten Potentialdifferenzsignals (201) und eine zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (102) zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz (200) und zur Ausgabe eines zweiten Potentialdifferenzsignals (202) bereitgestellt. Die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (101) weist eine höhere Zeitauflösung als die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (102) auf, während die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (102) eine höhere Amplitudenauflösung als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (101) aufweist.



**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zum Betreiben eines piezoelektrischen Elements, und betrifft insbesondere eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zum Überwachen des piezoelektrischen Elements. Spezifisch betrifft die vorliegende Erfindung eine Schaltungsanordnung zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz mit einer ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz und zur Ausgabe eines ersten Potentialdifferenzsignals, und einer zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz und zur Ausgabe eines zweiten Potentialdifferenzsignals.

**[0002]** Ansteuervorrichtungen für piezoelektrische Elemente werden z. B. in Kraftstoffeinspritzeinlagen eines Kraftfahrzeugs eingesetzt. Derartige piezoelektrische Elemente dienen hierbei als ein Stellglied, das mit einem Steuerstrom beaufschlagbar ist. Zur Steuerung eines derartigen Stellglieds muss die an dem Stellglied anliegende Spannung mit hoher Präzision überwacht werden.

**STAND DER TECHNIK**

**[0003]** Die Funktionsfähigkeit von Einspritzsystemen für Brennkraftmaschinen beruht auf einer exakten Ansteuerung der als Piezoaktoren ausgebildeten Stellglieder für eine Kraftstoffeinspritzung. In der DE 10 2004 037 720 A1 ist eine Ansteuerschaltung für ein Stellglied beschrieben, wobei piezoelektrische Elemente angesteuert werden, welche beispielsweise eine Ventalnadel eines Einspritzventils bewegen, um eine Kraftstoffeinspritzung in einen Brennraum der Brennkraftmaschine zu bewirken.

**[0004]** Die in der DE 10 2004 037 720 A1 beschriebene Ansteuerschaltung ist derart ausgelegt, dass Störströme, die beispielsweise durch Zuleitungsinduktivitäten der piezoelektrischen Elemente bei vorgegebenen Stromverläufen auftreten, weitestgehend vermieden werden.

**[0005]** In der DE 10 2004 058 671 A1 ist eine weitere elektrische Schaltung zur Ansteuerung eines piezoelektrischen Elements insbesondere einer Kraftstoffeinspritzanlage eines Kraftfahrzeugs offenbart. Hierbei sind zwei in Serie geschaltete, mit einem Takt ansteuerbare Transistoren bereitgestellt, deren gemeinsamer Anschlusspunkt mit dem piezoelektrischen Element gekoppelt ist, und von welchen einer zur Entladung des piezoelektrischen Elements vorgesehen ist. Zwar kann in einem Fehlerfall eine schnelle Entladung des piezoelektrischen Elements sichergestellt werden, in nachteiliger Weise ist es mit

der beschriebenen Anordnung jedoch nicht möglich, eine Spannung an dem piezoelektrischen Element zuverlässig und massepotentialfrei zu überwachen.

**[0006]** Um mit einem piezoelektrischen Element Kraftstoff in einen Brennraum einbringen zu können, muss das piezoelektrische Element auf eine Spannung von bis zu 200 V aufgeladen werden. Ein Aufladen/Entladen des piezoelektrischen Elements (der Aktoreinheit) erfolgt mit einem gepulsten Strom. Übliche Common-Rail-Piezodieselsysteme weisen einen Pol des piezoelektrischen Elements verbunden mit dem Massepotential auf. Somit kann zum Messen der Aktorspannung Potential an dem anderen Ende des piezoelektrischen Elements erfasst und gegen Masse bestimmt werden.

**[0007]** Bei der Weiterentwicklung piezoelektrischer Elemente zur hochpräzisen Kraftstoffeinspritzung ist jedoch keiner der Anschlüsse des piezoelektrischen Elements mit Masse verbunden. Vielmehr ist das piezoelektrische Element nicht nur auf eine positive Spannung, sondern auch auf eine leicht negative Spannung aufladbar. Hierzu wird ein Pol des piezoelektrischen Elements (Niedrigspannungsseite) auf eine Spannung von ca. 45 V gegenüber Masse gelegt. Problematisch ist es, wenn ein Anschluss auf der Hochspannungsseite ebenfalls ein derartiges Potential kleiner 45 V angelegt wird, da dann die Differenzspannung am Aktor negativ wird. Um derartige piezoelektrische Elemente einsetzen und überwachen zu können, muss eine massepotentialfreie Differenzspannungsmessung vorgesehen werden.

**VORTEILE DER ERFINDUNG**

**[0008]** Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problematik besteht daher darin, eine zuverlässige, in der Zeit und in der Amplitude hochaufgelöste Differenzspannungsmessung an einem piezoelektrischen Stellglied vorzusehen.

**[0009]** Zur Lösung wird erfindungsgemäß eine Schaltungsanordnung zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 vorgeschlagen. Ferner wird ein Verfahren zum Erfassen einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz angegeben, welches die in dem nebengeordneten Anspruch 6 enthaltenen Schritte aufweist.

**[0010]** Weitere Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0011]** Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung besteht darin, zwei unterschiedliche Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtungen zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz und

zur Ausgabe von Potentialdifferenzsignalen vorzusehen, wobei eine erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung eine höhere Zeitauflösung als eine zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung aufweist, und wobei die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung eine höhere Amplitudenauflösung als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung aufweist.

**[0012]** Mit einer derartigen Differenzspannungs-Überwachungseinrichtung können piezoelektrische Elemente, die beispielsweise in Piezo-Common-Rail-Dieselsystemen mit Injektor mit direkter Nadelsteuerung eingesetzt werden, in zuverlässiger Weise überwacht werden. In vorteilhafter Weise stellt eine Verarbeitungseinrichtung eine Verarbeitung der ersten und zweiten Potentialdifferenzsignale derart bereit, dass ein Steuersignal gewonnen wird, welches eine hohe Amplitudenauflösung und/oder eine hohe Zeitauflösung aufweist.

**[0013]** Ein wesentlicher Gedanke der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung derart ausgelegt ist, dass diese das erste Potentialdifferenzsignal analog bestimmt, während mindestens eine zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung derart ausgelegt ist, das zweite Potentialdifferenzsignal digital zu bestimmen.

**[0014]** Gemäß einem allgemeinen Aspekt weist die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz im Wesentlichen auf:

- a) eine erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz und zur Ausgabe eines ersten Potentialdifferenzsignals; und
- b) mindestens eine zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz und zur Ausgabe eines zweiten Potentialdifferenzsignals, wobei die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung eine höhere Zeitauflösung als die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung aufweist, und die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung eine höhere Amplitudenauflösung als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung aufweist.

**[0015]** Ferner weist das erfindungsgemäße Verfahren zum Erfassen einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz im Wesentlichen die folgenden Schritte auf:

- a) Erfassen der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz mittels einer ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung;
- b) Ausgeben eines ersten Potentialdifferenzsig-

nals aus der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung;

c) Erfassen der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz mittels einer zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung; und

d) Ausgeben eines zweiten Potentialdifferenzsignals aus der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung, wobei die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung die elektrische Potentialdifferenz mit einer höheren Zeitauflösung erfasst als die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung, und die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung die elektrische Potentialdifferenz mit einer höheren Amplitudenauflösung erfasst als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung.

**[0016]** In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Gegenstandes der Erfindung.

**[0017]** Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung derart ausgelegt, dass das erste Potentialdifferenzsignal analog bestimmt wird.

**[0018]** Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung derart ausgelegt, dass das zweite Potentialdifferenzsignal digital bestimmt wird.

**[0019]** Vorzugsweise ist der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung ein Analog-Digital-Konverter nachgeschaltet.

**[0020]** Gemäß noch einer weiteren bevorzugten Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist eine Verarbeitungseinrichtung zur Verarbeitung des ersten Potentialdifferenzsignals und des zweiten Potentialdifferenzsignals bereitgestellt, wobei die Verarbeitungseinrichtung ein Steuersignal ausgibt, welches eine hohe Amplitudenauflösung und/oder eine hohe Zeitauflösung aufweist.

#### ZEICHNUNG

**[0021]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

**[0022]** In der Zeichnung zeigt:

**[0023]** **Fig. 1** ein Blockbild einer Schaltungsanordnung zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz mit ersten und zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtungen gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Er-

findung.

#### BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0024] **Fig. 1** zeigt ein Blockbild einer Schaltungsanordnung zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden Potentialdifferenz **200** gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die in **Fig. 1** gezeigte Schaltungsanordnung **100** weist eine Steuereinrichtung **400** zur Bereitstellung von Schaltsteuersignalen **409–412** auf, die in Abhängigkeit von einem Potentialdifferenzsignal erzeugbar sind.

[0025] Gemäß dem in **Fig. 1** veranschaulichten bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird die Schaltungsanordnung **100** herangezogen, um eine Differenzspannungsüberwachung an einer Aktoreinheit **301** bereitzustellen. Die Aktoreinheit **301** wird über eine Aktoransteuereinheit **302** angesteuert, wobei die Aktoransteuereinheit **302** extern vorgegebene Aktoransteuersignale **207a**, **207b**, **207c** empfängt. Zum Betrieb der Aktoreinheit **301** werden an einem ersten Versorgungsspannungsanschluss **303** eine erste Aktorversorgungsspannung **205** gegenüber einem Massepotential **204** und an einem zweiten Versorgungsspannungsanschluss **304** eine zweite Aktorversorgungsspannung **206** gegenüber dem Massepotential **204** angelegt.

[0026] Die Aktoreinheit **301** besteht aus einzelnen Aktoreinheiten **301a–301n** (in der **Fig. 1** sind drei einzelne Aktoreinheiten veranschaulicht), welche vorzugsweise als piezoelektrische Stellelemente ausgebildet sind. Derartige piezoelektrische Stellelemente oder Piezo-Aktoren können aus dünnen Piezokristallplatten bestehen, die sich in einem elektrischen Feld ausdehnen. Im Vergleich zu magnetisch angetriebenen Ventilen können piezoelektrische Stellelemente bis zu fünf mal schnellere Schaltgeschwindigkeiten bei einer Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum einer Brennkraftmaschine bereitstellen. Hierbei wirken die piezoelektrischen Stellelemente auf eine Ventilonadel eines Einspritzventils, um die Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum der Brennkraftmaschine zu bewirken.

[0027] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird nun die Erfassung der an den Aktoreinheiten **301a–301n** anliegenden Differenzspannung zwischen den Anschlusseinheiten (nicht gezeigt) einer jeweiligen Aktoreinheit **301a–301n** erläutert. Um mit einer piezoelektrischen Aktoreinheit **301a–301n** Kraftstoff in den Brennraum der Brennkraftmaschine einbringen zu können, muss die piezoelektrische Aktoreinheit **301a–301n** auf eine Spannung von bis zu 200 V gegenüber Masse aufgeladen werden. Ein Laden/Entladen einer derartigen piezoelektrischen Aktoreinheit **301a–301n** erfolgt mit einem gepulsten Strom. In jün-

gerer Zeit sind Aktoreinheiten **301a–301n** entwickelt worden, bei welchen ein Pol (eine Anschlusseinheit) der piezoelektrischen Aktoreinheit nicht auf dem Massepotential **204** liegt. Somit kann, wie obenstehend unter Bezugnahme auf den Stand der Technik beschrieben, eine Messung der über der piezoelektrischen Aktoreinheit anliegenden Spannung nicht durch die Messung an dem spannungsführenden Pol (der spannungsführenden Anschlusseinheit) der piezoelektrischen Aktoreinheit **301a–301n** erfolgen.

[0028] Vielmehr wird erfindungsgemäß eine Messung an beiden Polen (Anschlusseinheiten) der piezoelektrischen Aktoreinheit **301** bereitgestellt. Hierzu sind eine erste Spannungsteilereinheit **305** zur Erfassung der ersten Aktorversorgungsspannung **205** und eine zweite Spannungsteilereinheit **306** zur Messung der zweiten Aktorversorgungsspannung **206** bereitgestellt. Im Folgenden wird die erste Aktorversorgungsspannung **205** auch als eine HS-Spannung (High-Side-Spannung) bezeichnet, während die zweite Aktorversorgungsspannung **206** auch als eine LS-Spannung (Low-Side-Spannung) bezeichnet werden wird.

[0029] So sind Aktoreinheiten **301** vorhanden, die nicht nur auf eine positive Spannung (gegenüber Masse), sondern auch auf eine leicht negative Spannung aufgeladen werden können. Hierfür wird eine Anschlusseinheit der Aktoreinheit auf eine LS-Spannung von ca. 45 V gegenüber dem Massepotential **204** gelegt. Wird dann die HS-Spannung (erste Aktorversorgungsspannung **205**) auf unterhalb 45 V abgesenkt, so ist die Differenzspannung an den Anschlusseinheiten der Aktoreinheit **301** negativ.

[0030] Da die LS-Spannung (zweite Aktorversorgungsspannung) **206** bei einem Betrieb einer Treibeinheit in der Amplitude leicht schwankt, muss zur Bestimmung der über der Aktoreinheit **301** anliegenden Spannung nicht nur die HS-Spannung, d. h. die erste Aktorversorgungsspannung **205**, sondern auch die LS-Spannung, d. h. die zweite Aktorversorgungsspannung **206** gemessen werden. Aus den beiden gemessenen Spannungen erfolgt schließlich die Bestimmung einer Potentialdifferenz **200**.

[0031] Zu diesem Zweck werden die zum Teil mit hohen Spannungsamplituden versehenen ersten und zweiten Aktorversorgungsspannungen **205**, **206** den ersten und zweiten Spannungsteilereinheiten **305**, **306** zugeführt. Die ersten und zweiten Spannungsteilereinheiten **305**, **306** stellen die Kombination einer Spannungsteilung und Filterung bereit. Hierbei erfolgt die Spannungsteilung über eine Serienschaltung zweier Ohm'scher Widerstände, während eine Tiefpassfilterung über eine Serienschaltung eines Ohm'schen Widerstandes und einer Kapazität erfolgt.

**[0032]** Die in [Fig. 1](#) veranschaulichte erste Spannungsteilereinheit **305** weist somit eine Serienschaltung eines Ohm'schen Widerstandes R1 und eine Ohm'schen Widerstandes R2 auf, die zwischen dem ersten Versorgungsspannungsanschluss **303** und Masse **204** verbunden ist. Parallel zu dem Ohm'schen Widerstand R2 ist eine Kapazität C1 angeschlossen. Diese geteilte und gefilterte erste Aktorversorgungsspannung **205** wird einerseits einem ersten Eingangsanschluss A1 der Steuereinrichtung **400** und andererseits einem ersten Eingangsanschluss D1 einer zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung zugeführt.

**[0033]** Die zweite Spannungsteilereinheit **306** weist eine Serienschaltung dreier Widerstände R3, R4 und R5 auf, die zwischen dem zweiten Versorgungsspannungsanschluss **304** und Masse **204** verbunden sind. Parallel zur der Serienschaltung der Widerstände R4 und R5 ist ein Kondensator C2 (Glättungskapazität) angeschlossen, derart, dass eine Filtereinheit, bestehend aus dem Widerstand R3 und der Kapazität C2 bereitgestellt ist. Die durch die zweite Spannungsteilereinheit **306** geteilte und gefilterte zweite Aktorversorgungsspannung **206** wird einerseits einem zweiten Eingangsanschluss A2 der Steuereinrichtung **400** zugeführt, wobei der Eingangsanschluss A2 mit dem Verbindungspunkt der Widerstände R4 und R5 verbunden ist, und wird andererseits einem zweiten Eingangsanschluss D2 der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** zugeführt, wobei der zweite Eingangsanschluss D2 mit dem Verbindungspunkt der Widerstände R3 und R4 verbunden ist.

**[0034]** Auf diese Weise liegt eine Potentialdifferenz **200** zwischen den Eingangsanschlüssen A1 und A2 der Steuereinrichtung **400** an, während eine davon unterschiedene Potentialdifferenz **200'** zwischen den Eingangsanschlüssen D1 und D2 der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** anliegt. Beide Potentialdifferenzen werden zur Bestimmung der an den Aktoreinheiten **301a–301n** anliegenden Differenzspannung herangezogen. Die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** ist hierbei derart ausgelegt, ein zweites Potentialdifferenzsignal **202** digital zu bestimmen. Das digital bestimmte zweite Potentialdifferenzsignal **202**, das aus der digitalen zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** ausgegeben wird, spiegelt somit einen Digitalwert der Potentialdifferenz **200** wieder. Das zweite Potentialdifferenzsignal **202** wird einer Bearbeitungseinrichtung **104** zugeführt, welche das zweite Potentialdifferenzsignal **202** mit einem ersten Potentialdifferenzsignal **201** verarbeitet, dessen Erzeugung untenstehend im Detail beschrieben ist.

**[0035]** Die Verarbeitungseinrichtung **104** weist einen Steueranschluss S auf, aus welchem ein Steuersignal **203** als Funktion der zugeführten ersten und zweiten Potentialdifferenzsignale **201**, **202** ausgege-

ben wird. Somit ist es, wie untenstehend detaillierter beschrieben, mit der Verarbeitungseinrichtung **104** möglich, das erste Potentialdifferenzsignal **201** und das zweite Potentialdifferenzsignal **202** zur Bereitstellung eines Steuersignals **203** zu verarbeiten, welches eine spezifisch vorgegebene Amplitudenauflösung und/oder eine spezifisch vorgegebene Zeitauflösung aufweist.

**[0036]** Die Potentialdifferenz **200**, die an den Eingangsanschlüssen A1 und A2 der Steuereinrichtung **400** anliegt, wird auf eine analoge Weise in einer ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** gemessen. Zu diesem Zweck sind die Eingänge eines Differenzverstärkers (+, -) über jeweilige Koppereinheiten **413** mit den Eingängen A1 und A2 der Steuereinrichtung **400** verbunden. Das Ausgangssignal, das aus der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** ausgegeben wird, stellt ein analoges erstes Potentialdifferenzsignal **201** dar, welches über eine weitere Koppereinheit **413** über einen Ausgangsanschluss A3 aus der Steuereinrichtung **400** ausgegeben wird. Der Ausgangs A3 der Steuereinrichtung **400** ist über einen Widerstand R6 mit einem Analog-Digital-Konverter **103** verbunden.

**[0037]** Dieser Analog-Digital-Konverter **103**, der der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** nachgeschaltet ist, wandelt das aus der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** ausgegebene erste Potentialdifferenzsignal **201** mit einer hohen Geschwindigkeit in ein digitales erstes Potentialdifferenzsignal **201'** um. Dieses digital konvertierte erste Potentialdifferenzsignal **201'** wird ebenfalls der Verarbeitungseinrichtung **104** zugeführt. Zwischen einem Eingangsanschluss des Analog-Digital-Konverters **103** und Masse **204** ist ein Kondensator R6 angeordnet, welcher zusammen mit dem Widerstand R6 eine Filtereinheit **307** (Tiefpassfilter) ausbildet. Die Verarbeitungseinrichtung **104** führt hierbei eine Verarbeitung des ersten Potentialdifferenzsignals **201'** und zweiten Potentialdifferenzsignals **202** derart durch, dass ein Steuersignal **203** an einem Ausgangsanschluss S der Verarbeitungseinrichtung **104** bereitgestellt wird, welches eine hohe Amplitudenauflösung und/oder eine hohe Zeitauflösung aufweist.

**[0038]** Im Folgenden werden diejenigen Komponenten der Steuereinrichtung **400** beschrieben werden, die zur Erzeugung von Abschaltsteuersignalen herangezogen werden. Derartige Abschaltsteuersignale dienen dazu, die gesamte Schaltungsanordnung zu deaktivieren, wenn die gemessenen Spannungen bzw. Differenzspannungen außerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegen.

**[0039]** Das aus der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** ausgegebene erste Potentialdifferenzsignal **201** wird gleichzeitig vier Komparator-

einheiten, d. h. einer ersten Komparatoreinheit **405**, einer zweiten Komparatoreinheit **406**, einer dritten Komparatoreinheit **407** und einer vierten Komparatoreinheit **408** zugeführt. Ferner sind in der Steuerungseinrichtung **400** vier Referenzspannungseinstelleinheiten bereitgestellt, d. h. eine erste Referenzspannungseinstelleinheit **401**, eine zweite Referenzspannungseinstelleinheit **402**, eine dritte Referenzspannungseinstelleinheit **403** und eine vierte Referenzspannungseinstelleinheit **404**. Diese Referenzspannungseinstelleinheiten dienen der Einstellung spezifisch vorgegebener Referenzspannungen, um das aus der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** ausgegebene erste Potentialdifferenzsignal **201** hinsichtlich seiner Spannungswerte zu überwachen. Die erste Referenzspannungseinstelleinheit **401** gibt ein Schwellenspannungssignal aus, das einer maximalen Spannung an einem positiven Eingang (HS-Spannungssignal, siehe obenstehend) entspricht. Überschreitet das erste Potentialdifferenzsignal **201** diese maximale Spannung, die typischerweise in einem Bereich zwischen 150 bis 300 V liegt, so wird ein erstes Abschaltsteuersignal **409** ausgegeben. Vorzugsweise ist die erste Referenzspannungseinstelleinheit **401** als ein Digital-Analog-Konverter mit einer Auflösung von 4 Bit bereitgestellt, derart, dass eine analoge Spannung in einem Bereich von 150 bis 300 V mit einer Auflösung von 10 V eingestellt werden kann.

**[0040]** Auf ähnliche Weise wie die erste Referenzspannungseinstelleinheit **401** arbeitet die zweite Referenzspannungseinstelleinheit **402**, die eine untere Schwellenspannung definiert, die der LS-Spannungssignalanschluss der Aktoreinheit **301** nicht unterschreiten darf. Eine derartige Schwelle wird in einem Bereich von -100 bis 50 V bei einer Auflösung von 10 V bereitgestellt, wobei das Schwellensignal der zweiten Komparatoreinheit **406** zugeführt wird. Falls eine derartige Schwelle überschritten ist, wird ein zweites Abschaltsteuersignal **410** ausgegeben.

**[0041]** Die dritte Referenzspannungseinstelleinheit **403** dient dazu, eine Klemmenspannung festzulegen. Zu diesem Zweck wird das erste Potentialdifferenzsignal **201** mit einer aus der dritten Referenzspannungseinstelleinheit **403** ausgegebenen Referenzklemmenspannung verglichen. Falls eine derartige Schwelle überschritten wird, wird ein drittes Abschaltsteuersignal **411** aus der dritten Komparatoreinheit **407** ausgegeben.

**[0042]** Die vierte Referenzspannungseinstelleinheit **404** ist ebenfalls, wie die vorstehenden Referenzspannungseinstelleinheiten **401-403**, als ein Digital-Analog-Konverter ausgebildet, der im Unterschied zu den voranstehend beschriebenen Digital-Analog-Konvertern **401-403** eine Auflösung von 8 Bit aufweist. Hierdurch wird ein Schwellensignal entsprechend -40 bis 215 V bei einer Auflösung von 1 V aus-

gegeben, wobei dieses Signal der vierten Komparatoreinheit **408** zugeführt wird. In der vierten Komparatoreinheit **408** wird dieses Signal mit dem ersten Potentialdifferenzsignal **201** verglichen, um dann, wenn das erste Potentialdifferenzsignal **201** außerhalb eines vorgebbaren Bereichs liegt, dann ein viertes Abschaltsteuersignal **412** aus der vierten Komparatoreinheit **408** ausgegeben wird.

**[0043]** Die mittels der ersten und zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** bzw. **102** gemessenen ersten und zweiten Potentialdifferenzsignale **201** bzw. **202** werden auf Schaltungskomponenten zur Verfügung gestellt, die eigenständig nicht in der Lage sind, eine Differenzspannung zu erfassen.

**[0044]** Vorzugsweise erfolgt die Messung der Differenzspannung über die beiden Spannungsteilereinheiten **305** und **306**, die in einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das gleiche Teilverhältnis aufweisen. Vorzugsweise wird das gleiche Spannungsteilverhältnis verwendet, wenn die Differenzspannung über die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** bestimmt werden soll, während bei der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** auch unterschiedliche Teilverhältnisse in den ersten und zweiten Spannungsteilereinheiten **305** bzw. **306** bereitgestellt werden können. Insbesondere ist es ein Vorteil der vorliegenden Ausführungsform, dass die Differenzspannung auf unterschiedliche Weisen ermittelt wird, derart, dass die jeweils genaueste Messung herangezogen werden kann. Insbesondere wird mit der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** eine höhere Zeitauflösung als mit der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** erreicht, so dass dann, wenn eine höhere Zeitauflösung zur Messung der Potentialdifferenz erforderlich ist, die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** herangezogen werden kann.

**[0045]** Andererseits weist die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** eine höhere Amplitudenauflösung als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **101** auf. Insbesondere in Fällen, in denen es auf eine besonders genaue Bestimmung der Amplitude der Differenzspannung ankommt, wird somit die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung **102** zur Bestimmung der Differenzspannung an der Aktoreinheit **30** herangezogen.

**[0046]** Durch die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist es somit möglich, eine zu erfassende elektrische Potentialdifferenz **200**, die an Aktoreinheiten **301a-301n** anliegt, mit einer hohen Präzision sowohl hinsichtlich der Zeitauflösung als auch hinsichtlich der Amplitudenauflösung zu erfassen. Durch ein gleichzeitiges Erfassen einer derartigen Differenzspannung mit unterschiedlichen Baugruppen kann jeweils diejenige Messung herangezogen werden,

die die größte Präzision aufweist. Andere Messungen können nach der Messung mit größter Präzision abgeglichen werden. Die in der obenstehenden Beschreibung erläuterte Differenzspannungsmessung kann in Steuergeräten für Piezo-Common-Rail-Dieselsysteme mit Injektor mit direkter Nadelsteuerung insbesondere vorteilhaft eingesetzt werden.

**[0047]** Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

**[0048]** Auch ist die Erfindung nicht auf die genannten Anwendungsmöglichkeiten beschränkt.

**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 102004037720 A1 [\[0003, 0004\]](#)
- DE 102004058671 A1 [\[0005\]](#)

**Patentansprüche**

1. Schaltungsanordnung (**100**) zur Erfassung einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz (**200**), mit:

- a) einer ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz (**200**) und zur Ausgabe eines ersten Potentialdifferenzsignals (**201**); und
- b) einer zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**) zur Erfassung der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz (**200**) und zur Ausgabe eines zweiten Potentialdifferenzsignals (**202**), **dadurch gekennzeichnet**,
- c) dass die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) eine höhere Zeitauflösung als die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**) aufweist; und
- d) dass die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**) eine höhere Amplitudenauflösung als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) aufweist.

2. Schaltungsanordnung (**100**) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) ausgelegt ist, das erste Potentialdifferenzsignal (**201**) analog zu bestimmen.

3. Schaltungsanordnung (**100**) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**) ausgelegt ist, das zweite Potentialdifferenzsignal (**202**) digital zu bestimmen.

4. Schaltungsanordnung (**100**) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) ein Analog-Digitalkonverter (**103**) nachgeschaltet ist.

5. Schaltungsanordnung (**100**) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Verarbeitungseinrichtung (**104**) zur Verarbeitung des ersten Potentialdifferenzsignals (**201**) und des zweiten Potentialdifferenzsignals (**202**) zur Bereitstellung eines Steuersignals (**203**), welches eine hohe Amplitudenauflösung und/oder eine hohe Zeitauflösung aufweist.

6. Verfahren zum Erfassen einer zeitlich veränderlichen Amplitude mindestens einer zu erfassenden elektrischen Potentialdifferenz (**200**), mit den Schritten:

- a) Erfassen der mindestens einen elektrischen Potentialdifferenz (**200**) mittels einer ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**);
- b) Ausgeben eines ersten Potentialdifferenzsignals (**201**) aus der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**);
- c) Erfassen der mindestens einen elektrischen Po-

tentialdifferenz (**200**) mittels einer zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**); und

- d) Ausgeben eines zweiten Potentialdifferenzsignals (**202**) aus der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**), dadurch gekennzeichnet,
- e) dass die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) die elektrische Potentialdifferenz (**200**) mit einer höheren Zeitauflösung erfasst als die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**); und
- f) dass die zweite Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**) die elektrische Potentialdifferenz (**200**) mit einer höheren Amplitudenauflösung erfasst als die erste Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**).

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Potentialdifferenzsignal (**201**) mit der ersten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**101**) analog bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Potentialdifferenzsignal (**202**) mit der zweiten Potentialdifferenz-Erfassungseinrichtung (**102**) digital bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Potentialdifferenzsignal (**201**) und das zweite Potentialdifferenzsignal (**202**) mittels einer Verarbeitungseinrichtung (**104**) zu einem Steuersignals (**203**) verarbeitet werden, welches eine hohe Amplitudenauflösung und/oder eine hohe Zeitauflösung aufweist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

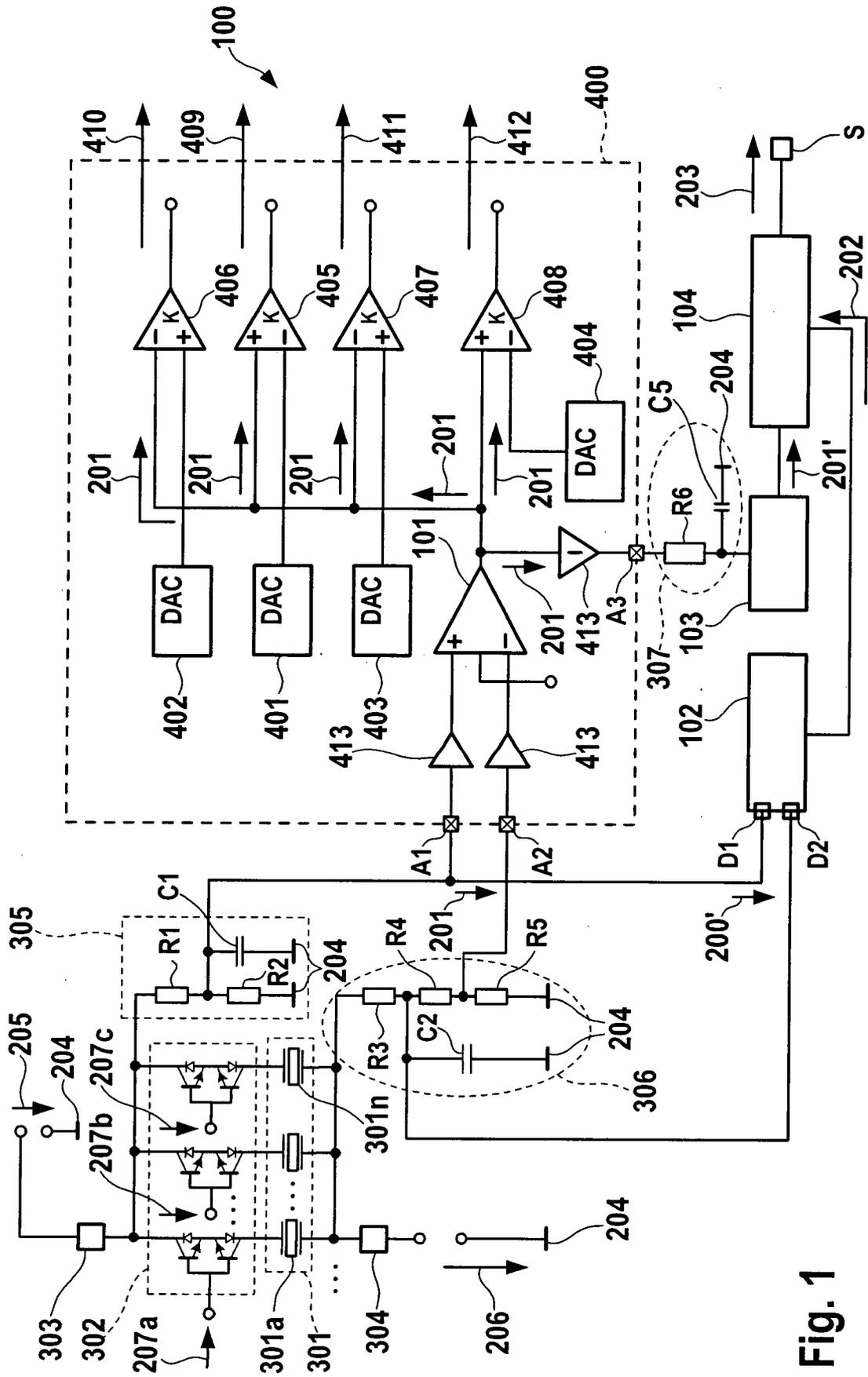


Fig. 1