

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50098/2019  
(22) Anmeldetag: 08.02.2019  
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2022

(51) Int. Cl.: **H01M 8/04089** (2016.01)  
**H01M 8/0438** (2016.01)  
**H01M 8/04746** (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
US 2011143234 A1  
US 2009130510 A1  
US 2006024548 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:  
Schenk Alexander Dipl.Ing. Dr.techn.  
8580 Köflach (AT)  
Trojer Stefan  
9909 Leisach (AT)  
Kogler Markus Dipl.Ing.  
8501 Lieboch (AT)

(74) Vertreter:  
Gamper Bettina Dr.  
8020 Graz (AT)

### (54) Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor eines Brennstoffzellensystems

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor (1) mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem (2) mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, aufweisend die Schritte: Einstellen einer Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren ersten Wert innerhalb eines vordefinierbaren Wertebereichs mit einer vordefinierbaren Impulsdauer im PWM-Signal durch eine Einstelleinheit (3), und Verstellen der Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren zweiten Wert innerhalb des vordefinierbaren Wertebereichs, der sich vom ersten Wert unterscheidet, durch eine Verstelleinheit (4), wobei die Impulsdauer des PWM-Signals zur Veränderung eines Tastgrades des PWM-Signals der Injektionsstrategie konstant gehalten wird, und Ermitteln eines aktuellen Druckwertes am Anodenabschnitt durch eine Ermittlungseinheit (5), Erstellen eines Differenzwertes zwischen dem aktuellen Druckwert und einem Sollwert durch eine Erstelleinheit (6), und Verstellen der Injektionsfrequenz anhand des erstellten Differenzwertes durch die Verstelleinheit (4). Die Erfindung betrifft ferner eine ein Computerprogramm (9).

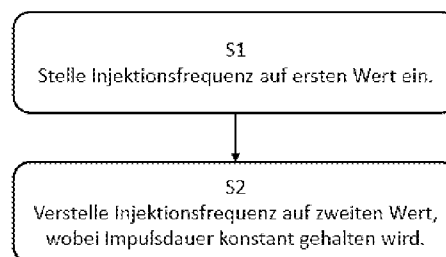


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt. Die Erfindung betrifft ferner ein entsprechend konfiguriertes Computerprogramm.

**[0002]** Einspritzsysteme mit Injektoren sind im Stand der Technik insbesondere in Form von Einspritzdüsen in Brennkraftmaschinen bekannt. Dort werden Injektoren in der Regel abhängig von einem Bewegungsverlauf einer Kurbelwelle der Brennkraftmaschine angesteuert. D. h., die Injektionsstrategie eines Injektors wird in der Brennkraftmaschine anhand eines zeitbasierten, pulsweitenmodulierten (PWM) Ansteuersignals abhängig von der Position der Kurbelwelle eingestellt.

**[0003]** In Brennstoffzellensystemen werden Injektoren ebenfalls zur Brennstoffeinspritzung verwendet. Ein Vorteil bei der Brennstoffeinspritzung in Brennstoffzellensystemen ist es, dass keine Rücksicht auf bewegliche Teile wie die Kurbelwelle genommen werden muss. Allerdings ist das technische Gebiet der Einstellung von Injektionsstrategien in Brennstoffzellensystemen im Vergleich zu Einstellsystemen bei Brennkraftmaschinen noch relativ neu. Entsprechend häufig werden derzeit noch Lösungen für verschiedene Probleme bei der Einstellung von Injektionsstrategien für Injektoren in Brennstoffzellensystemen gesucht. Insbesondere wird stets an verbesserten Systemen zur adaptiven Ansteuerung von Brennstoffinjektoren in Abhängigkeit von Druckunterschieden in einem Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems gearbeitet.

**[0004]** Verfahren zum Steuern eines Injektors sind beispielsweise aus der US 2011143234 A1 und der US 2009130510 A1 bekannt.

**[0005]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, der voranstehend beschriebenen Problematik zumindest teilweise Rechnung zu tragen. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor eines Brennstoffzellensystems zum Einspritzen von Brennstoff in dem Brennstoffzellensystem zu schaffen.

**[0006]** Zudem ist es eine Aufgabe, ein Brennstoffzellensystem sowie ein Computerprogrammprodukt zum vorteilhaften Einstellen der Injektionsstrategie für einen Injektor mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem zur Verfügung zu stellen.

**[0007]** Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch das Verfahren gemäß Anspruch 1, sowie das Computerprogramm gemäß Anspruch 4 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Computerprogramm und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

**[0008]** Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf:

- Einstellen einer Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren ersten Wert innerhalb eines vordefinierbaren Wertebereichs mit einer vordefinierbaren Impulsdauer im PWM-Signal durch eine Einstelleinheit,
- Verstellen der Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren zweiten Wert innerhalb des vordefinierbaren Wertebereichs, der sich vom ersten Wert unterscheidet, durch eine Verstelleinheit,
- wobei die Impulsdauer des PWM-Signals zur Veränderung eines Tastgrades des PWM-Signals der Injektionsstrategie konstant gehalten wird.

**[0009]** Durch das erfindungsgemäße Kontrollverfahren kann die Brennstoffeinspritzung im Brennstoffzellensystem schnell und einfach an die gegebenen Betriebsparameter im Brennstoffzellensystem angepasst werden. Ein übermäßig hoher Brennstoffverbrauch und ein Betrieb mit unzureichendem Brennstoff können dadurch verhindert werden. Insbesondere können durch die schnelle und einfache Adaption der Brennstoffeinspritzung an beispielsweise unterschiedliche Drücke im Elektrodenbereich eines Brennstoffzellenstapels des Brennstoffzellensystems unerwünschte mechanische Spannungen bzw. entsprechende Kräfte im Brennstoffzellensystem verhindert werden.

**[0010]** Weiterhin ist es vorgesehen, dass das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Ermitteln eines aktuellen Druckwertes am Anodenabschnitt durch eine Ermittlungseinheit,
- Erstellen eines Differenzwertes zwischen dem aktuellen Druckwert und einem Sollwert durch eine Erstelleinheit, und
- Verstellen der Injektionsfrequenz anhand des erstellten Differenzwertes durch die Verstelleinheit.

**[0011]** D. h., im Rahmen des Verfahrens wird ein Steuer- bzw. Kontrollfehler als Differenzwert zwischen dem gewünschten Anodendruck und einem aktuellen, tatsächlichen Anodendruck ermittelt. Damit kann eine gewünschte Injektionsfrequenz bzw. ein entsprechendes PWM-Signal schnell, einfach und zuverlässig ermittelt bzw. berechnet werden.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere PEM-Brennstoffzellensysteme. D. h., es wird vorzugsweise ein Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem PEM- Brennstoffzellensystem zur Verfügung gestellt. Unter dem PWM-Signal ist ein pulsweitenmoduliertes Signal zu verstehen.

**[0013]** Unter der Injektionsstrategie ist die Art und Weise zu verstehen, wie Brennstoff mit Hilfe des Injektors über die Zeit im Brennstoffzellensystem in wenigstens eine Funktionskomponente bzw. in wenigstens einen Funktionsabschnitt des Brennstoffzellensystems eingespritzt wird. Ein solcher Funktionsabschnitt kann ein Anodengaszuführabschnitt zum Zuführen eines brennstoffhaltigen Anodengases zu einem Anodenabschnitt eines Brennstoffzellenstapels des Brennstoffzellensystems sein.

**[0014]** In einem Brennstoffzellensystem sollte der Druck in bzw. an einem Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels dem Druck in bzw. an einem Kathodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels folgen. Dies sollte ferner möglichst schnell durchgeführt werden, um mechanische Spannungen an oder in der Brennstoffzellenmembran zu verhindern. Mit Hilfe des vorgeschlagenen Verfahrens kann eine schnelle und effektive Kontrollstrategie zur Verfügung gestellt werden, welche diese Aufgabe löst.

**[0015]** Der Injektor kann als Strahlpumpe, Einspritzdüse oder entsprechende Vorrichtung zum Einbringen und/oder Vermischen von Flüssigkeiten und/oder Gasen, insbesondere von Brennstoff in einen Funktionsabschnitt des Brennstoffzellensystems, ausgestaltet sein.

**[0016]** Durch die Veränderung der Injektionsfrequenz bei gleichbleibender Impulsdauer verändert sich der Tastgrad entsprechend. D. h., vorzugsweise wird bei gleichbleibender Impulsdauer bzw. Ein-Zeit die Injektionsfrequenz verändert, wodurch sich ein veränderter Tastgrad ergibt.

**[0017]** Die Injektionsfrequenz wird vorzugsweise auf einen vordefinierbaren ersten Wert innerhalb eines vordefinierbaren Wertebereichs mit einer vordefinierbaren Impulsdauer und/oder mit einem vordefinierbaren Tastgrad im PWM-Signal durch die Einstelleinheit eingestellt.

**[0018]** Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einem Verfahren die Injektionsfrequenz auf einen Wert zwischen 0,2 Hz und 30 Hz eingestellt oder verstellt wird. Diese Injektionsfrequenzen haben sich bei verschiedenen Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung, d. h., bei Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens, als besonders vorteilhaft herausgestellt. Bei einer Injektionsfrequenz von beispielsweise 30 Hz, kann der Tastgrad 50% betragen bzw. entsprechend eingestellt werden. Dies führt zu einer Impulsdauer bzw. zu einer Ein-Zeit von ca. 17 ms. Wird die Injektionsfrequenz anhand des PWM-Signals nun bei-

spielsweise auf 0,2 Hz verringert, bleibt die Impulsdauer möglichst konstant und der Tastgrad wird entsprechend auf 0,34% verringert. Grundsätzlich kann es allerdings von Vorteil sein, wenn bei einem Verfahren die Injektionsfrequenz auf einen beliebigen vorbestimmten Wert eingestellt oder verstellt wird.

**[0019]** Darüber hinaus ist es bei einem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, dass für das PWM-Signal, beim Einstellen auf die Injektionsfrequenz mit dem ersten Wert, mit einer Auswähleinheit ein vordefinierbarer Tastgrad anhand einer Lookup-Tabelle ausgewählt wird. Das Einstellen wird insbesondere automatisch durchgeführt. Mittels der Lookup-Tabelle wird der Tastgrad bzw. das Verhältnis zwischen Impulsdauer und Periodendauer, insbesondere bezüglich der ermittelten Injektionsfrequenz, ausgewählt. Mit Hilfe der Lookup-Tabelle lässt sich der Tastgrad im vorliegenden Fall mit Bezug auf die Injektionsfrequenz besonders schnell und einfach ermitteln.

**[0020]** Gemäß einem weiteren Aspekt wird eine Schaltungsanordnung zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem vorgeschlagen. Die Schaltungsanordnung weist auf:

- eine Einstelleinheit zum Einstellen einer Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren ersten Wert innerhalb eines vordefinierbaren Wertebereichs mit einer vordefinierbaren Impulsdauer im PWM-Signal, und
- eine Verstelleinheit zum Verstellen der Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren zweiten Wert innerhalb des vordefinierbaren Wertebereichs, der sich vom ersten Wert unterscheidet, wobei die Impulsdauer des PWM-Signals zur Veränderung eines Tastgrades des PWM-Signals der Injektionsstrategie konstant gehalten wird.

**[0021]** Damit bringt eine Schaltungsanordnung die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren beschrieben worden sind. Die Einstelleinheit und die Verstelleinheit sind vorzugsweise in Form von Software- und/oder Hardware-Komponenten in einem geeigneten Steuergerät und/oder in einer Recheneinheit ausgestaltet.

**[0022]** Wie vorstehend bereits zum Verfahren beschrieben, sind die Einstelleinheit und die Verstelleinheit konfiguriert, die Injektionsfrequenz auf einen Wert zwischen 0,2 Hz und 30 Hz bzw. zwischen einem Minimalwert und einem Maximalwert, oder zwischen anderen Werten, einzustellen bzw. zu verstellen. D. h., die Einstelleinheit kann zum Einstellen der Injektionsfrequenz bzw. des zugehörigen PWM-Signals auf einen Maximalwert von 30 Hz konfiguriert sein und die Verstelleinheit kann zum Verstellen der Injektionsfrequenz bzw. des zugehörigen PWM-Signals von 30 Hz auf einen Minimalwert von beispielsweise 0,2 Hz konfiguriert sein. Das Verfahren kann entsprechend durchgeführt werden.

**[0023]** Zudem ist es bei einer Schaltungsanordnung möglich, dass das Brennstoffzellensystem wenigstens einen Brennstoffzellenstapel mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt umfasst und die Schaltungsanordnung ferner aufweist:

- eine Ermittlungseinheit zum Ermitteln eines aktuellen Druckwertes am Anodenabschnitt, und
- eine Erstelleinheit zum Erstellen eines Differenzwertes zwischen dem aktuellen Druckwert und einem Sollwert, wobei
- die Verstelleinheit zum Verstellen der Injektionsfrequenz anhand des erstellten Differenzwertes konfiguriert ist.

**[0024]** Zum Einstellen des PWM-Signals auf die Injektionsfrequenz mit dem ersten Wert kann eine Auswähleinheit zum Auswählen bzw. Einstellen eines vordefinierbaren Tastgrads anhand einer Lookup-Tabelle bereitgestellt sein.

**[0025]** Weiter gibt es ein Brennstoffzellensystem, insbesondere ein PEM-Brennstoffzellensystem, mit einer wie vorstehend beschriebenen Schaltungsanordnung zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff im Brennstoffzellensystem. Hierzu wird ein Computerprogramm vorgeschlagen, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogramms durch einen Computer diesen veranlassen, ein wie

vorstehend im Detail erläutertes Verfahren auszuführen. Damit bringen ein Brennstoffzellensystem sowie das Computerprogramm ebenfalls die vorstehend beschriebenen Vorteile mit sich.

**[0026]** Das Computerprogramm kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache wie beispielsweise in Matlab/ Simulink, JAVA, C++ und/oder C# implementiert sein. Das Computerprogramm kann auf einem computerlesbaren Speichermedium, wie einer Datendisk, einem Wechsellaufwerk, einem flüchtigen oder nichtflüchtigen Speicher oder einem eingebauten Speicher/Prozessor abgespeichert sein. Der Anweisungscode kann einen Computer oder andere programmierbare Geräte, wie ein Steuergerät derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das Computerprogramm in einem Netzwerk, wie beispielsweise dem Internet, bereitgestellt werden bzw. sein, von dem es bei Bedarf von einem Nutzer heruntergeladen werden kann. Das Computerprogramm kann sowohl mittels einer Software, als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektronischer Schaltungen, d. h. in Hardware oder in beliebig hybrider Form, d. h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden bzw. sein.

**[0027]** Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Es zeigen jeweils schematisch:

**[0028]** Figur 1 ein Flussdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

**[0029]** Figur 2 ein Kurvendiagramm zur Visualisierung des in Fig. 1 erläuterten Verfahrens, und

**[0030]** Figur 3 ein Blockschaltbild zur Darstellung eines Brennstoffzellensystems mit einer Schaltungsanordnung und einem darin installierten Computerprogramm.

**[0031]** Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 bis 3 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0032]** In Fig. 1 ist schematisch ein Flussdiagramm zum Erläutern eines Verfahrens zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor 1 mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem 2 dargestellt. Die Funktionsbauteile zur Durchführung des Verfahrens sind in Fig. 3 dargestellt. Gemäß einem ersten Schritt S1 wird zunächst eine Injektionsfrequenz auf einen Wert von ca. 30 Hz mit einer Impulsdauer von ca. 17 ms bzw. einem Tastgrad von ca. 50% im PWM-Signal durch eine Einstelleinheit 3 eingestellt. Diese Werte, insbesondere der Tastgrad bzw. die Impulsdauer, werden mit einer Auswähleinheit 7 anhand einer Lookup-Tabelle mit Bezug auf die Injektionsfrequenz ausgewählt und entsprechend eingestellt.

**[0033]** In einem zweiten Schritt S2 wird die Injektionsfrequenz durch die Verstelleinheit 4 auf einen zweiten Wert von ca. 0,2 Hz eingestellt, wobei die Impulsdauer des PWM-Signals konstant gehalten wird und der Tastgrad des PWM-Signals entsprechend auf ca. 0,34% reduziert wird. Hierbei wird ein aktueller Druckwert am Anodenabschnitt durch eine Ermittlungseinheit ermittelt. Anschließend wird ein Differenzwert zwischen dem ermittelten, aktuellen Druckwert und einem Sollwert durch eine Erstelleinheit 6 erstellt. Daraufhin wird die Injektionsfrequenz anhand des erstellten Differenzwertes durch die Verstelleinheit 4 entsprechend verstellt.

**[0034]** Fig. 2 zeigt den Signalverlauf eines beispielhaften PWM-Signals in Korrelation zu einem Druckverlust in einem Brennstoffzellenstapel des Brennstoffzellensystems 2. Genauer gesagt ist im oberen Abschnitt von Fig. 2 der Druckverlust am Anodenabschnitt des Brennstoffzellenstapels dargestellt, während darunter die zugehörige Verstellung von einer hohen Injektionsfrequenz in eine entsprechend niedrigere Injektionsfrequenz bzw. das entsprechende PWM-Signal dargestellt ist. Dabei ist im oberen Diagramm der Fig. 2 auf der X-Achse die Zeit in Sekunden und auf der Y-Achse der Regelfehler in Millibar angegeben. Im unteren Diagramm der Fig. 2 ist auf der X-Achse ebenso die Zeit in Sekunden und auf der Y-Achse das PWM-Signal (dimensionslos) aufgetragen.

**[0035]** In Fig. 3 ist ein Brennstoffzellensystem 2 in Form eines PEM- Brennstoffzellensystems mit

einer Schaltungsanordnung 8 zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor 1 des Brennstoffzellensystems mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff im Brennstoffzellensystem 2 dargestellt. Die Schaltungsanordnung 8 weist eine Einstelleinheit 3 zum Einstellen einer Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren ersten Wert innerhalb eines vordefinierbaren Wertebereichs mit einer vordefinierbaren Impulsdauer im PWM-Signal, und eine Verstelleinheit 4 zum Verstellen der Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren zweiten Wert innerhalb des vordefinierbaren Wertebereichs, der sich vom ersten Wert unterscheidet, wobei die Impulsdauer des PWM-Signals zur Veränderung eines Tastgrades des PWM-Signals der Injektionsstrategie konstant gehalten wird, auf.

**[0036]** Die Schaltungsanordnung 8 weist ferner eine Ermittlungseinheit 5 zum Ermitteln eines aktuellen Druckwertes am Anodenabschnitt, und eine Erstelleinheit 6 zum Erstellen eines Differenzwertes zwischen dem aktuellen Druckwert und einem Sollwert auf, wobei die Verstelleinheit 4 zum Verstellen der Injektionsfrequenz anhand des erstellten Differenzwertes konfiguriert ist. Außerdem ist für das PWM-Signal beim Einstellen auf die Injektionsfrequenz mit dem ersten Wert eine Auswähleinheit 7 zum Auswählen eines vordefinierbaren Tastgrads anhand einer Lookup-Tabelle bereitgestellt. Darüber hinaus ist in der Schaltungsanordnung 8 ein Computerprogramm 9 installiert, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung des Computerprogramms 9 durch einen Computer, beispielsweise in Form der Schaltungsanordnung 8 oder einer Recheneinheit der Schaltungsanordnung, diesen bzw. diese veranlassen, das vorstehend beschriebene Verfahren auszuführen bzw. die Injektionsstrategie für den Injektor 1 mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem 2 entsprechend einzustellen.

**[0037]** Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

## BEZUGSZEICHENLISTE

- 1 Injektor
- 2 Brennstoffzellensystem
- 3 Einstelleinheit
- 4 Verstelleinheit
- 5 Ermittlungseinheit
- 6 Erstelleinheit
- 7 Auswähleinheit
- 8 Schaltungsanordnung
- 9 Computerprogramm

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen einer Injektionsstrategie für einen Injektor (1) mittels PWM-Signal zum Einspritzen von Brennstoff in einem Brennstoffzellensystem (2) mit einem Anodenabschnitt und einem Kathodenabschnitt, aufweisend die Schritte:
  - Einstellen einer Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren ersten Wert innerhalb eines vordefinierbaren Wertebereichs mit einer vordefinierbaren Impulsdauer im PWM-Signal durch eine Einstelleinheit (3),
  - Verstellen der Injektionsfrequenz auf einen vordefinierbaren zweiten Wert innerhalb des vordefinierbaren Wertebereichs, der sich vom ersten Wert unterscheidet, durch eine Verstelleinheit (4),
  - wobei die Impulsdauer des PWM-Signals zur Veränderung eines Tastgrades des PWM-Signals der Injektionsstrategie konstant gehalten wird,
  - Ermitteln eines aktuellen Druckwertes am Anodenabschnitt durch eine Ermittlungseinheit (5),
  - Erstellen eines Differenzwertes zwischen dem aktuellen Druckwert und einem Sollwert durch eine Erstelleinheit (6), und
  - Verstellen der Injektionsfrequenz anhand des erstellten Differenzwertes durch die Verstelleinheit (4).
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Injektionsfrequenz auf einen Wert zwischen 0,2 Hz und 30 Hz eingestellt oder verstellt wird.
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
für das PWM-Signal, beim Einstellen auf die Injektionsfrequenz mit dem ersten Wert, mit einer Auswähleinheit (7) ein vordefinierbarer Tastgrad anhand einer Lookup-Tabelle ausgewählt wird.
4. Computerprogramm (9), umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Computerprogramms (9) durch einen Computer diesen veranlassen, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 auszuführen.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**



1/2

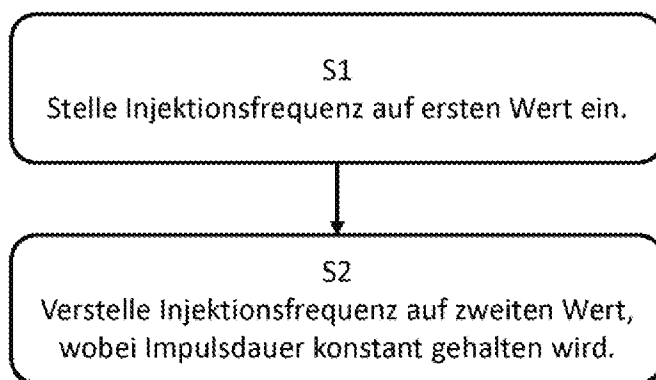


Fig. 1

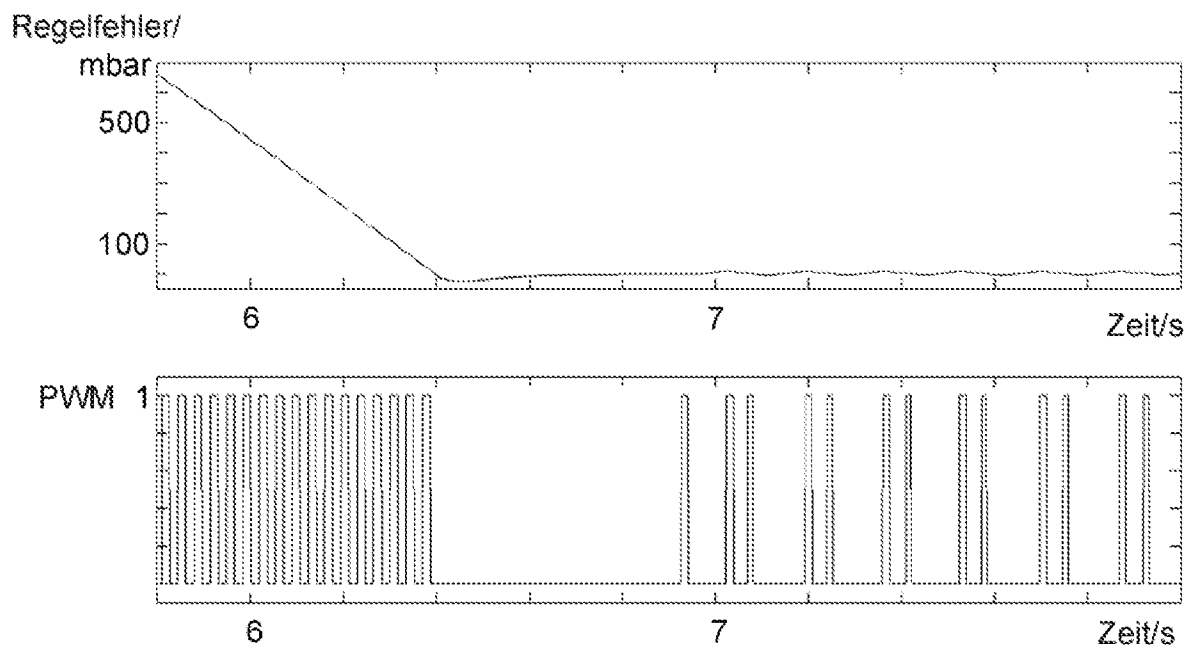


Fig. 2

2/2

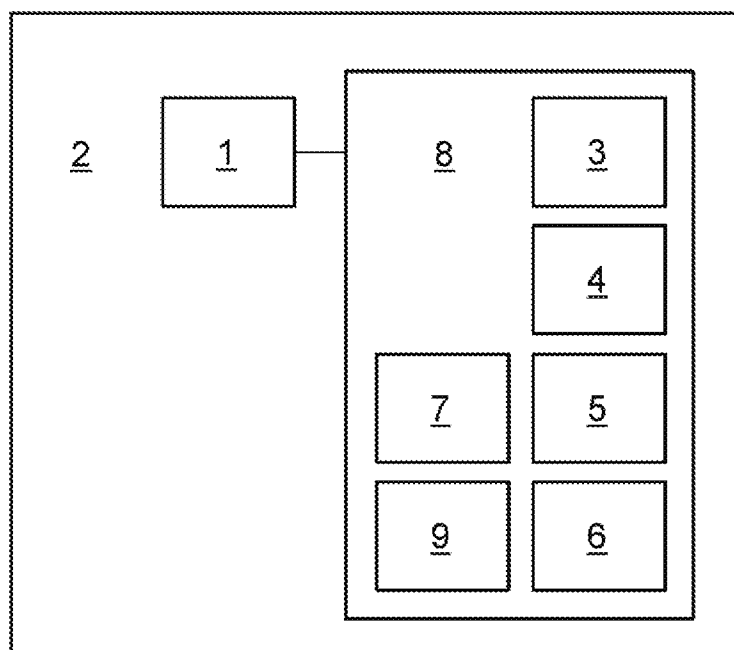


Fig. 3