



(10) **DE 10 2012 218 327 B4** 2022.03.24

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 218 327.2**

(22) Anmeldetag: **09.10.2012**

(43) Offenlegungstag: **10.04.2014**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.03.2022**

(51) Int Cl.: **F02D 41/20 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**Vitesco Technologies GmbH, 93055 Regensburg,
DE**

(72) Erfinder:
**Glötzl, Martin, 93180 Deuerling, DE; Denk, Frank,
93083 Obertraubling, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	101 49 982	A1
DE	10 2007 053 408	A1
WO	2006/ 053 852	A1

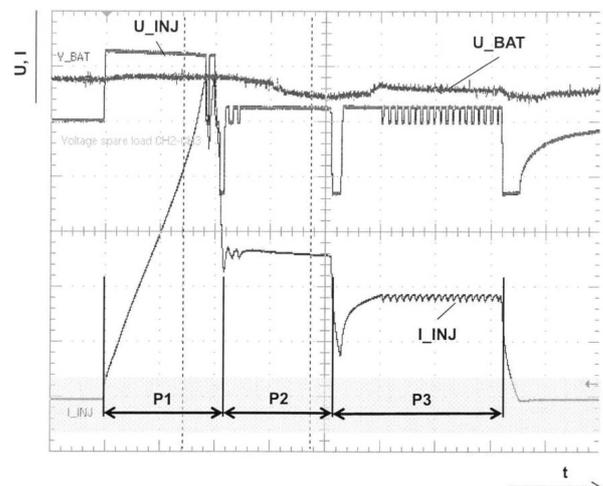
(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Wicklungstemperatur eines Injektors**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Bestimmen der Wicklungstemperatur (T) einer Magnetspule eines Injektors (INJ), wobei der Injektor (INJ) zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehen ist, bei dem

- während eines Einspritzvorganges, in dem der Injektor (INJ) mittels einer Treiberanordnung (S1, S2, SH) mit einem Strom (I_{INJ}) eines vorgegebenen Verlaufs beaufschlagt wird, eine Phase (P2) konstanten Stromflusses durch den Injektor (INJ) erzeugt und in dieser Phase der durch den Injektor (INJ) fließende Strom (I_{INJ}) sowie eine Spannung (V_{Bat}) zur Versorgung des Injektors (INJ) ermittelt werden;

- ein Innenwiderstand (R_{INJ}) des Injektors (INJ) aus dem ermittelten Strom (I_{INJ}) und der Spannung (V_{Bat}) ermittelt wird;

- die Wicklungstemperatur (T) aus einem vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand (R_{INJ}) und der Wicklungstemperatur (T) ermittelt wird, wobei zur Bestimmung des Innenwiderstands der Strom (I_{INJ}) während der Phase (P2) konstanten Stromflusses größer als der obere Grenzwert einer den Strom (I_{INJ}) durch den Injektor (INJ) regelnden Steuerung gewählt wird, so dass keine Regelung des durch den Injektor (INJ) fließenden Stroms (I_{INJ}) möglich ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen der Wicklungstemperatur eines Injektors. Der Injektor dient zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer einer Verbrennungskraftmaschine.

[0002] Injektoren oder Einspritzdüsen bestehen aus einem Düsenkörper und einer Düsennadel. Bei modernen Injektoren werden die Düsennadeln von einem aktiven Element betätigt. Dadurch öffnen die Düsennadeln die Injektoren zur Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum erst bei einer Ansteuerung des Injektors. Moderne Injektoren besitzen als aktives Element entweder eine Magnetspule (Solenoid) oder einen Piezoaktor. In der vorliegenden Anmeldung wird von einem Injektor mit einer Magnetspule ausgegangen. Derartige Injektoren werden auch als SDI (Solenoid Direct Injection)-Injektoren bezeichnet.

[0003] Der reelle Widerstand des SDI-Injektors ist eine wichtige Größe zur Erstellung von magnetischen und elektrischen Modellen für den Betrieb. Der Widerstand ändert sich mit der Temperatur des Injektors und trägt somit zum Verhalten des Injektors bei. Um die Zuverlässigkeit des Injektors zu erhöhen, ist es daher erforderlich, eine entsprechende Information über die Temperatur des Injektors, insbesondere die Wicklungstemperatur der Spule des Injektors, zu erhalten.

[0004] Die Variante, einen externen Temperatursensor an dem Injektor anzuordnen hat den Nachteil, dass der Injektor bezüglich seiner mechanischen Gegebenheiten verändert werden muss. Hierdurch ist die Implementierung des Injektors sehr aufwändig. Ein solches Vorgehen erfordert darüber hinaus die Auswertung mit einem zusätzlichen Messgerät.

[0005] WO 2006 / 053 852 A1 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Leckageprüfung eines Kraftstoffeinspritzventils einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einem Aktor. Durch den Aktor wird eine Verbindung des Kraftstoffeinspritzventils mit einer Hochdruckkraftstoffquelle wenigstens mittelbar durch eine elektrische Steuereinrichtung gesteuert wird. Der wenigstens eine Aktor ist in oder benachbart zu einem Kraftstoffrücklauf angeordnet. Die Temperatur wenigstens eines Teils des Kraftstoffeinspritzventils, insbesondere die Temperatur des wenigstens einen Aktors, wird erfasst und hieraus auf das Vorhandensein eines Lecks geschlossen.

[0006] DE 10 2007 053 408 A1 offenbart ein Verfahren zur Bestimmung der Kraftstofftemperatur bei einem Common-Rail-Kraftstoffsystem einer Brennkraftmaschine, das mindestens ein Kraftstoffdruck- und/oder -durchfluss-Ventil aufweist, das mittels

einer Spule gesteuert wird, wobei ein Wert für den elektrischen Widerstand der Spule bestimmt und daraus ein Wert für die Kraftstofftemperatur abgeleitet wird.

[0007] DE 101 49 982 A1 offenbart ein Verfahren zur Ermittlung der Temperatur einer elektrischen Spule, insbesondere einer Spule (1) in einem magnetostriktiven Kraftstoffinjektor einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit welchen die Wicklungstemperatur einer Magnetspule eines Injektors auf einfachere und gleichzeitig zuverlässige Weise bestimmt werden kann.

[0009] Diese Aufgaben werden gelöst durch ein Verfahren gemäß den Merkmalen des Patentanspruches 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

[0010] Die Erfindung schlägt ein Verfahren zum Bestimmen der Wicklungstemperatur einer Magnetspule eines Injektors vor. Der Injektor ist zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehen. Bei dem Verfahren wird während eines Einspritzvorganges, in dem der Injektor mittels einer Treiberanordnung mit einem Strom eines vorgegebenen Verlaufs beaufschlagt wird, eine Phase konstanten Stromflusses durch den Injektor erzeugt. In dieser Phase werden der durch den Injektor fließende Strom sowie eine Spannung zur Versorgung des Injektors ermittelt. Gemäß dem ohmschen Gesetz wird anschließend ein Innenwiderstand des Injektors aus dem ermittelten Strom und der Spannung ermittelt. Aus der Kenntnis des Innenwiderstands wird dann aus einem vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand und der Wicklungstemperatur die Wicklungstemperatur ermittelt.

[0011] Ein Vorteil des vorgeschlagenen Vorgehens besteht darin, dass die Bestimmung des Innenwiderstands während des Betriebs des Injektors erfolgen kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Injektor bezüglich seiner mechanischen Gegebenheiten nicht verändert zu werden braucht. Damit ist die Implementierung der Temperaturmessung sehr einfach. Insbesondere kann die Auswertung des Innenwiderstands und die Bestimmung der Wicklungstemperatur aus der Kenntnis des Innenwiderstands durch die ohnehin vorhandene Steuereinheit (Controller) erfolgen.

[0012] Das Vorgehen des erfindungsgemäßen Verfahrens beruht darauf, den Innenwiderstand des Injektors während des Betriebes zu messen. Dieser kann bekanntermaßen aus einer gemessenen Spannung und einem gemessenen Strom gemäß dem

ohmschen Gesetz ermittelt werden. Basis für die Messung des Stromes ist ein konstanter Stromverlauf während des Einspritzvorganges. Ein solcher konstanter Strom wird bei der typischen Ansteuerung eines bekannten Injektors nicht verwendet. Um diesen Konstantstrom während der Ansteuerung zu erhalten, wird das Profil der Ansteuerung derart modifiziert, dass für den benötigten Zeitraum der erforderliche, konstante Strom durch den Injektor fließt.

[0013] Die Ermittlung der Wicklungstemperatur aus einem vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand und der Wicklungstemperatur basiert auf Kenntnis der Materialdaten des Injektors. Der Zusammenhang kann beispielsweise durch Tests ermittelt sein.

[0014] Der Zusammenhang zwischen Wicklungstemperatur und Innenwiderstand kann in einem Speicher der Steuereinheit hinterlegt sein und im Rahmen der Durchführung des Verfahrens aus diesem ausgelesen werden.

[0015] Zur Bestimmung des Innenwiderstands wird der Strom während der Phase konstanten Stromflusses größer als ein oberer Grenzwert einer den Strom durch den Injektor regelnden Steuerung gewählt, so dass keine Regelung des durch den Injektor fließenden Stroms möglich ist. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass während der Durchführung der Messung keine Taktung des Stromes erfolgt. Insbesondere ist es zweckmäßig, den Strom dieses Vorgehen weist den Vorteil auf, dass bei einem Einspritzvorgang die Öffnungsphase des Injektors früher beendet werden kann, so dass sich schneller ein stabiler Öffnungszustand des Injektors einstellt.

[0016] Eine zweckmäßige Ausgestaltung sieht vor, dass die Bestimmung des Innenwiderstands in einer ersten Haltephase erfolgt, welche zwischen einer Injektoröffnungsphase, in der der Injektor geöffnet wird, und einer zweiten Haltephase, in der der Injektor getaktet bis zum Schließen des Injektors betrieben wird, gelegen ist. Die erste Haltephase entspricht hierbei der oben erwähnten Phase des konstanten Stromflusses. Die Injektoröffnungsphase ist auch unter dem Namen „boost phase“ bekannt. Die erste Haltephase wird auch als „hold 0 phase“ bezeichnet. Die zweite Haltephase, in welcher eine Taktung des Stromes zum Einspritzen von Kraftstoff in die Brennkammer erfolgt, ist auch als „hold 1 phase“ bekannt.

[0017] Gemäß einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung wird aus der Wicklungstemperatur unter Verwendung eines gespeicherten Modells auf die Temperatur des Injektors geschlossen. Das Modell kann beispielsweise anhand von Untersuchungen erstellt und in der Recheneinheit hinterlegt sein.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend näher anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Injektors und dessen Treibers,

Fig. 2 ein Diagramm, das den Spannungs- und Stromverlauf über die Zeit während eines Einspritzvorganges gemäß der Erfindung illustriert, und

Fig. 3 ein Diagramm, das den Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand und der Wicklungstemperatur einer Magnetspule eines Injektors illustriert.

[0019] **Fig. 1** zeigt einen als Funktionsblock dargestellten Injektor INJ und die zur Ansteuerung des Injektors erforderlichen Komponenten. Der Injektor INJ umfasst eine Magnetspule (nicht dargestellt), welche von einem Strom I_{INJ} durchflossen ist, um den Injektor INJ im Rahmen eines Einspritzvorganges mittels einer magnetisch betätigten Düsennadel (nicht dargestellt) zu öffnen oder zu schließen. Der Injektor INJ bzw. dessen Magnetspule weist einen reellen Widerstand R_{INJ} auf. Der Injektor INJ ist in einer dem Fachmann bekannten Weise seriell mit einem ersten, steuerbaren Schaltelement S1 und einem zweiten, steuerbaren Schaltelement S2 verbunden. Die Schaltelemente S1, S2 können beispielsweise Leistungshalbleiterschaltelemente (z.B. MOS-FETs) sein. Das zwischen einem Versorgungspotentialanschluss VP und dem Injektor INJ verschaltete erste Schaltelement S1 bildet einen so genannten High Side-Schalter. An dem Versorgungspotentialanschluss VP liegt eine Versorgungsspannung V_{Bat} an. Das Schaltelement S2 stellt einen so genannten LS-Schalter dar. Zwischen dem zweiten Schaltelement S2 und einem Bezugspotentialanschluss BP ist ein Shunt SH verschaltet. Das Bezugspotential wird beispielsweise durch die Karosserie eines Fahrzeugs gebildet. Aus einer über den Shunt abfallenden Spannung kann auf einen Strom durch den Injektor geschlossen werden.

[0020] Weiter dargestellt ist eine Recheneinheit CONT, durch die die Schaltelemente S1, S2 angesteuert werden. Neben hierzu notwendigen Komponenten verfügt die Recheneinheit CONT über weitere Steuer- und Auswertemittel, um einen Betrieb des Injektors und/oder weiterer Motorkomponenten sicherzustellen. Insbesondere umfasst die Recheneinheit CONT ein Messmittel, um aus der über den Shunt SH abgegriffenen Spannung die Höhe des Stroms I_{INJ} zu ermitteln. Hierzu kann z.B. in einer dem Fachmann bekannten Weise ein Komparator eingesetzt werden.

[0021] In der schematischen Darstellung der **Fig. 1** ist lediglich ein einzelner Injektor INJ dargestellt. Es versteht sich, dass in der Praxis eine der Anzahl der

Brennräume einer Verbrennungskraftmaschine entsprechende Anzahl an Injektoren INJ vorgesehen ist. Um jeden der Injektor INJ selektiv ansteuern zu können, ist jedem Injektor ein jeweiliges zweites Schaltelement S2 zugeordnet. Das erste Schaltelement S1 kann demgegenüber zur Ansteuerung mehrerer Injektoren verschaltet sein.

[0022] Der reelle Widerstand, d.h. der Innenwiderstand, der Magnetspule des Injektors INJ ist eine Größe zur Erstellung der magnetischen und elektrischen Modelle zum Betrieb des Injektors. Da sich der Widerstand mit der Temperatur des Injektors bzw. der Magnetspule ändert, trägt der Widerstand zum Verhalten des Injektors bei. Um nun Informationen über die Innentemperatur des Injektors INJ zu erhalten, wird der Innenwiderstand R_{INJ} des Injektors während des Betriebs des Injektors gemessen. Der Innenwiderstand R_{INJ} kann basierend auf dem ohmschen Gesetz durch Spannung und Strom ermittelt werden. Basis für diese Messung ist ein konstanter Strom, der bei herkömmlichen Injektoren während eines Einspritzvorganges jedoch nicht auftritt. Ein solcher Konstantstrom wird durch ein spezielles Stromprofil, welches für einen jeweiligen Einspritzvorgang verwendet wird, eingestellt.

[0023] Das hierfür verwendete Stromprofil ist schematisch in **Fig. 2** dargestellt. **Fig. 2** zeigt ein Diagramm, das den Spannungs- und Stromverlauf über die Zeit während eines einzelnen Einspritzvorganges darstellt. Neben der Versorgungsspannung V_{Bat} ist zusätzlich die an den Injektor INJ anliegende Differenzspannung U_{INJ} dargestellt. Der Einspritzvorgang bzw. dessen Stromverlauf I_{INJ} unterteilt sich in drei Phasen P1, P2 und P3. In der ersten Phase P1, welche eine Injektoröffnungsphase darstellt, wird ein schnell ansteigender großer Strom durch die Magnetspule geführt, um ein schnelles Öffnen des Injektors INJ zu erreichen. Da der Injektor ein Feder-Massen-System darstellt, wird in der zweiten Phase P2 ein Strom eingestellt, welcher den geöffneten Injektor schnell in einen Ruhezustand bzw. statischen Zustand überführt. In der dritten Phase P3 erfolgt mittels eines in der Recheneinheit CONT enthaltenen Zweipunktreglers eine Taktung des Stromes I_{INJ} , um den Injektor INJ geöffnet zu halten, damit Kraftstoff in den Brennraum eingespritzt werden kann. Zum Ende der dritten Phase P3 geht der Strom auf den Wert Null zurück, wodurch der Injektor schließt.

[0024] Für die Bestimmung des Stromes I_{INJ} zur Ermittlung des Innenwiderstands R_{INJ} wird die zweite Phase P2 genutzt. Typischerweise wird bei einem herkömmlichen Injektor ein Stromsollwert (nicht dargestellt) gewählt, welcher ebenfalls wie in der dritten Phase P3 eine Taktung zulässt. Dann reicht die Versorgungsspannung V_{Bat} aus, den Strom mittels Taktung zu regeln. Ein solcher Strom-

verlauf würde jedoch eine Strommessung verfälschen bzw. nicht zulassen. Basis für die Widerstandsbestimmung mittels Spannung und Strom bildet der in **Fig. 2** dargestellte Konstantstrom in der zweiten Phase P2.

[0025] Der Stromwert für die Messung ist derart gewählt, dass die Recheneinheit CONT keine Regelung mehr vornehmen kann, da der maximale Strom des Zweipunktreglers nicht erreicht wird. Der Stromwert ist vorzugsweise höher als der obere Regelwert des Zweipunktreglers, wie sich dieser aus der dritten Phase in **Fig. 2** ergibt. Dies begünstigt das bereits erwähnte schnelle Erreichen des statischen Öffnungszustands des Injektors INJ.

[0026] Während der zweiten Phase P2 werden sowohl der durch den Injektor INJ bzw. die Magnetspule fließende Strom I_{INJ} als auch die Versorgungsspannung V_{Bat} durch die Recheneinheit CONT erfasst. Die weitere Auswertung erfolgt in der Recheneinheit CONT.

[0027] Zunächst wird der Innenwiderstand R_{INJ} des Injektors INJ aus dem ermittelten Strom I_{INJ} und der Spannung V_{Bat} ermittelt. Aus einem in der Recheneinheit CONT hinterlegten Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand R_{INJ} und der Wicklungstemperatur T (vergleiche **Fig. 3**) wird dann anhand des ermittelten Innenwiderstands R_{INJ} die Wicklungstemperatur bestimmt. Dieser Zusammenhang kann beispielsweise vorab durch Tests oder Simulation ermittelt und in der Recheneinheit CONT gespeichert sein.

[0028] Zusätzlich kann in der Recheneinheit eine weitere Kennlinie oder ein weiterer Zusammenhang enthalten sein, welcher dann direkt die Angabe der Injektortemperatur ermöglicht.

[0029] Die Messung des Innenwiderstands und die Bestimmung der Wicklungstemperatur kann zu vorgegebenen Zeitpunkten wiederholt werden. Beispielsweise kann eine Messung alle 100 Zyklen, d.h. alle 100 Einspritzvorgänge, erfolgen.

[0030] Ein Vorteil des beschriebenen Vorgehens besteht darin, dass die Bestimmung des Innenwiderstands und der Wicklungstemperatur während des Betriebs des Injektors erfolgen kann. Zudem sind keinerlei Modifikationen des Injektors oder zusätzliche Hardware-Komponenten erforderlich. Sämtliche, die Auswertung betreffende Vorgänge können durch die ohnehin vorhandene Recheneinheit durchgeführt werden. Damit ist die Bestimmung der Wicklungstemperatur in ökonomischer Weise durchführbar.

[0031] Die Recheneinheit kann beispielsweise dazu ausgebildet sein, bei einer zu hohen Wicklungstem-

peratur die Drehzahl der Verbrennungskraftmaschine zu begrenzen, um eine Schädigung des Injektors oder anderer Komponenten zu verhindern.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen der Wicklungstemperatur (T) einer Magnetspule eines Injektors (INJ), wobei der Injektor (INJ) zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehen ist, bei dem

- während eines Einspritzvorganges, in dem der Injektor (INJ) mittels einer Treiberanordnung (S1, S2, SH) mit einem Strom (I_INJ) eines vorgegebenen Verlaufs beaufschlagt wird, eine Phase (P2) konstanten Stromflusses durch den Injektor (INJ) erzeugt und in dieser Phase der durch den Injektor (INJ) fließende Strom (I_INJ) sowie eine Spannung (V_Bat) zur Versorgung des Injektors (INJ) ermittelt werden;

- ein Innenwiderstand (R_INJ) des Injektors (INJ) aus dem ermittelten Strom (I_INJ) und der Spannung (V_Bat) ermittelt wird;

- die Wicklungstemperatur (T) aus einem vorgegebenen Zusammenhang zwischen dem Innenwiderstand (R_INJ) und der Wicklungstemperatur (T) ermittelt wird, wobei zur Bestimmung des Innenwiderstands der Strom (I_INJ) während der Phase (P2) konstanten Stromflusses größer als der obere Grenzwert einer den Strom (I_INJ) durch den Injektor (INJ) regelnden Steuerung gewählt wird, so dass keine Regelung des durch den Injektor (INJ) fließenden Stroms (I_INJ) möglich ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Bestimmung des Innenwiderstands in einer ersten Haltephase erfolgt, welche zwischen einer Injektoröffnungsphase (P1), in der der Injektor (INJ) geöffnet wird, und einer zweiten Haltephase (P3), in der der Injektor (INJ) getaktet bis zum Schließen des Injektors (INJ) betrieben wird, gelegen ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem aus der Wicklungstemperatur (T) unter Verwendung eines gespeicherten Modells auf die Temperatur des Injektors (INJ) geschlossen wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

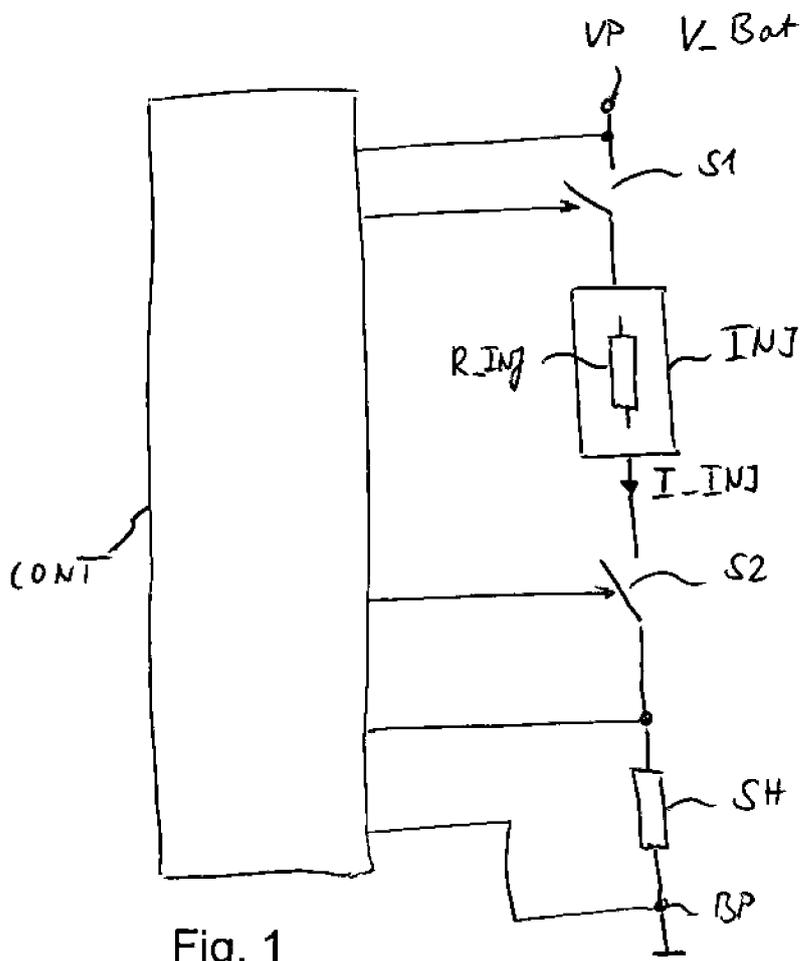


Fig. 1

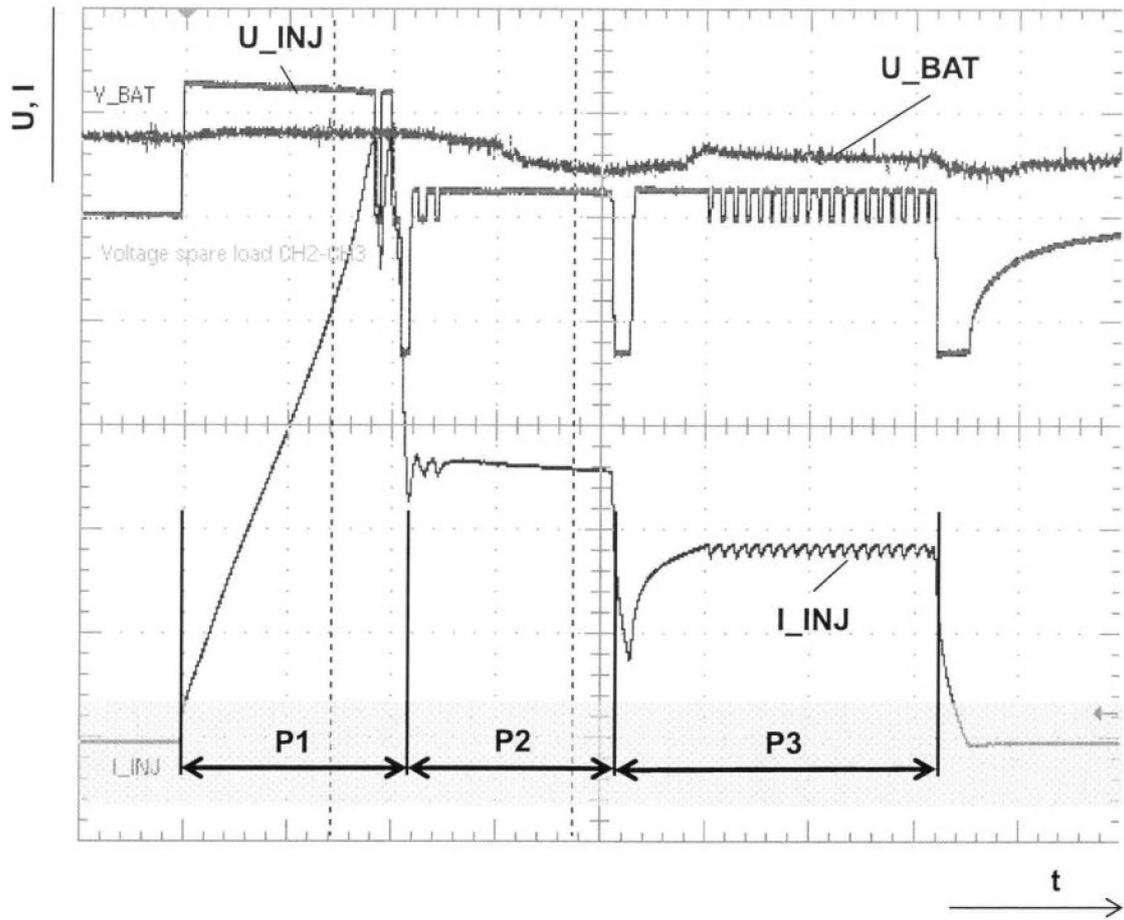


Fig. 2

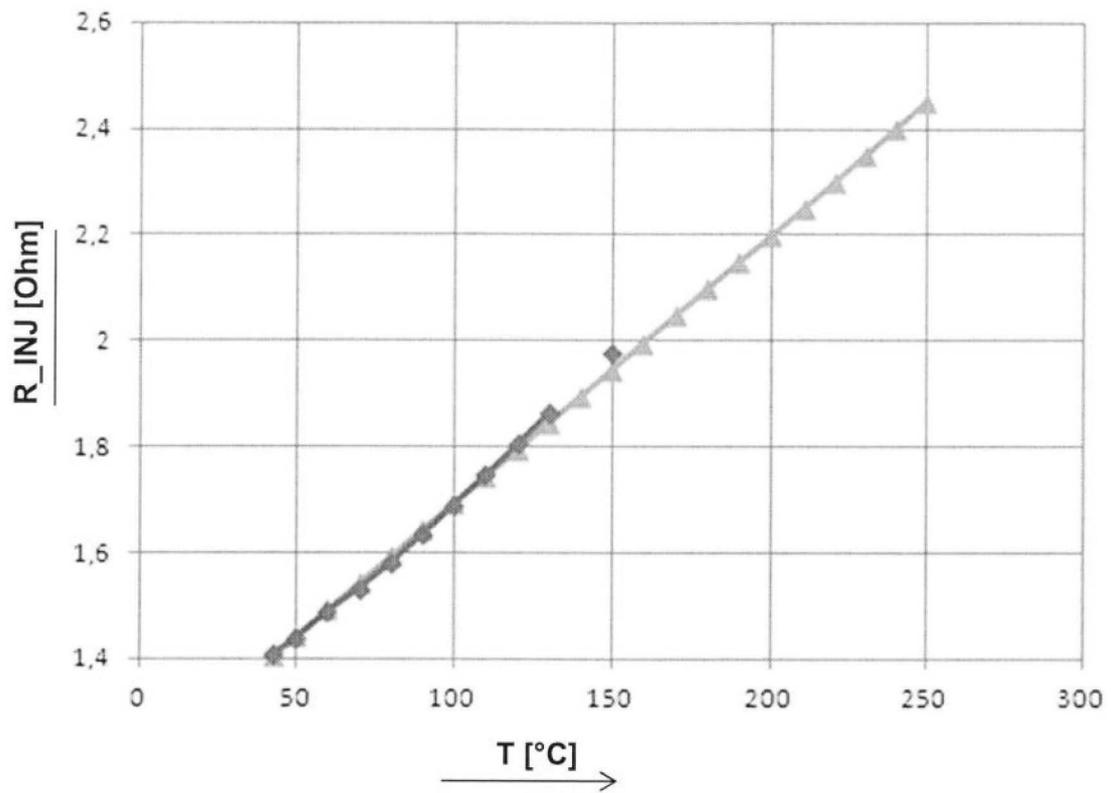


Fig. 3