



(10) **DE 10 2011 119 005 A1** 2012.05.24

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 119 005.1**

(22) Anmeldetag: **19.11.2011**

(43) Offenlegungstag: **24.05.2012**

(51) Int Cl.: **G01R 31/36 (2011.01)**

G01R 27/14 (2011.01)

G01R 19/00 (2011.01)

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

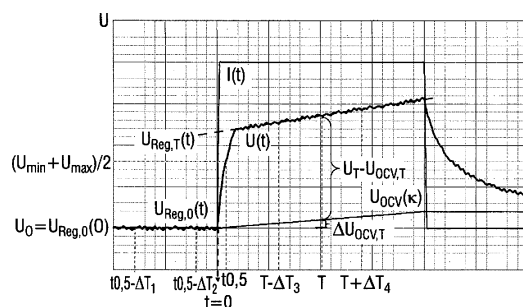
(71) Anmelder:
Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Pott, Andres, 73732, Esslingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Ermittlung einer Kenngröße einer Einzelzelle oder eines Zellverbundes einer Batterie**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung zumindest einer Kenngröße einer Einzelzelle oder eines Zellverbundes einer Batterie. Erfindungsgemäß wird die Einzelzelle oder der Zellverbund mit einem Strompuls ($I(t)$) beaufschlagt und als Kenngröße wird zumindest der Innenwiderstand (R_T) aus einem aus der Strompulsbeaufschlagung resultierenden Spannungsverlauf ($U(t)$) ermittelt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung einer Kenngröße einer Einzelzelle oder eines Zellverbundes einer Batterie.

[0002] Als Kenngröße wird beispielsweise die Temperatur einer Einzelzelle einer Batterie oder der Batterie selbst üblicherweise mittels NTC- und/oder PTC-Widerständen und/oder mittels Thermoelementen ermittelt, wobei der oder die Widerstände und/oder das oder die Thermoelemente an einer geeigneten Stelle an der Zellwand der Einzelzelle angeordnet ist bzw. sind. Bei einem aus Flachzellen gebildeten Stapel wird ein Messelement typischer Weise an einem Rahmenelement der Flachzelle angeordnet. Durch die vergleichsweise geringe Kontaktfläche und die Anordnung am Rahmenelement ist nur eine ungefähre Temperaturmessung möglich. Insbesondere bei Inhomogenitäten in der Temperaturverteilung durch elektrische Belastung und/oder aktive Kühlung muss mit erheblichen Messfehlern gerechnet werden.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Ermittlung einer Kenngröße einer Einzelzelle oder eines Zellverbundes einer Batterie anzugeben.

[0004] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß hinsichtlich des Verfahrens durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

[0005] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0006] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Ermittlung mindestens einer Kenngröße, insbesondere eines Innenwiderstandes und/oder einer Temperatur einer Einzelzelle oder eines Zellverbundes einer Batterie sieht vor, dass die Einzelzelle oder der Zellverbund mit einem Strompuls beaufschlagt wird und als Kenngröße zumindest ein Innenwiderstand aus einem aus der Strompulsbeaufschlagung resultierenden Spannungsverlauf ermittelt wird.

[0007] Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass ein Strom vor und nach einem Lastsprung für eine bestimmte Mindestzeit hinreichend konstant und zur Ermittlung von Batteriekenngößen genutzt werden kann. Die Erfindung sieht daher vor, zur Ermittlung zumindest des Innenwiderstandes eine Einzelzelle mit einem Strompuls gesteuert zu beaufschlagen und den aus der Strompulsbeaufschlagung resultierenden Verlauf der Spannung zu erfassen und anhand des erfassten Verlaufs den Innenwiderstand zu ermitteln. Anhand des ermittelten Innenwiderstandes ist es darüber hinaus möglich, als weitere Batteriekenngöße eine Temperatur der Einzelzelle zu ermitteln, wobei die Innenwiderstandsermittlung und

somit die Ermittlung der Temperatur für jede Einzelzelle der Batterie separat durchgeführt wird. Denkbar ist auch, dass die Temperatur eines mittels Einzelzellen gebildeten Zellverbundes oder der Batterie ermittelt wird.

[0008] Durch die Kenntnis des Innenwiderstandes und auch der Temperatur der Einzelzelle wird eine erheblich präzisere Steuerung, insbesondere der Strom- und Spannungsbelastung der Batterie ermöglicht, wodurch wiederum eine Batterieleistung und/oder die Lebensdauer optimiert werden können.

[0009] Um die Temperatur einer jeweiligen Einzelzelle ermitteln zu können, sind keine Temperatursensoren erforderlich, wodurch sich ein Aufbau der Batterie maßgeblich vereinfacht und sich sowohl eine Fehleranfälligkeit als auch Kosten der Batterie verringern lassen.

[0010] Ziel des Verfahrens ist es, den Innenwiderstand der Einzelzelle zu ermitteln, wobei der ermittelte Innenwiderstand auch Anteile mindestens eines Übergangswiderstandes enthalten kann.

[0011] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0012] Dabei zeigt die:

[0013] [Fig. 1](#) schematisch ein Koordinatensystem mit einem auf eine Einzelzelle wirkenden Strompuls.

[0014] In der einzigen Figur ist ein Koordinatensystem mit einem auf eine Einzelzelle wirkenden Strompuls $I(t)$ zur Ermittlung eines Innenwiderstandes der Einzelzelle dargestellt.

[0015] Der Strompuls $I(t)$ ist ein Lastsprung, d. h. eine Änderung eines Stromflusses durch die Einzelzelle, was zur Änderung einer Spannung aufgrund des Innenwiderstandes der Einzelzelle führt. Prinzipiell lässt sich der Innenwiderstand als Quotient aus der Änderung der Zellspannung und der Stromänderung ermitteln, wobei eine derartige Ermittlung Fehler behaftet wäre.

[0016] Nachstehende Probleme können auftreten, die aber durch ein im Folgenden beschriebenes Verfahren gelöst werden.

[0017] Einzelzellen einer Batterie weisen ein komplexes elektrisches Verhalten auf, welches durch ein entsprechendes Ersatzschaltbild aus Widerständen, Kapazitäten, Induktivitäten und einer idealen Einzelzelle angenähert werden kann und eine Bestimmung des Innenwiderstandes der Einzelzelle erschwert.

[0018] Ein Stromverbrauch der Batterie, die aus mehreren Einzelzellen gebildet ist, wird üblicherweise durch die Batterieanwendung, z. B. als Traktionsbatterie in einem Hybridfahrzeug, bestimmt, so dass keine oder keine geeigneten Lastsprünge, also Strompulse $I(t)$ zur Ermittlung des Innenwiderstandes der jeweiligen Einzelzelle auftreten.

[0019] Im Vergleich zu für Messverfahren ausgeführte Temperatursensoren können Einzelzellen deutlich stärkere Serienstreuungen hinsichtlich des Innenwiderstandes aufweisen.

[0020] Zudem verändert sich der Innenwiderstand der Einzelzellen über deren Lebensdauer durch verschiedene Alterungsmechanismen.

[0021] Des Weiteren ist der Innenwiderstand neben der Temperatur der Einzelzelle auch vom Ladezustand der Einzelzelle abhängig.

[0022] Die genannten Probleme werden mittels des Verfahrens zur Ermittlung des Innenwiderstandes einer Einzelzelle wie folgt gelöst:

Für die Auswertung, d. h. für die Ermittlung des Innenwiderstandes wird ein Bereich gewählt, in welchem ein Lastsprung in Form eines Strompulses $I(t)$ ohne Polaritätswechsel erfolgt und der Strom vor und nach dem Lastsprung für eine vorgegebene Mindestzeit hinreichend konstant ist.

[0023] Dabei ist die vorgegebene Mindestzeit vorzugsweise derart ermittelt und mittels statistischer Verfahren abgesichert, dass bei der Auswertung der aus dem Strompuls $I(t)$ resultierenden Spannung diese eine gewünschte Genauigkeit aufweist.

[0024] Treten im Betrieb der Batterie, also auch der Einzelzelle, deren Innenwiderstand ermittelt werden soll, zu selten geeignete oder keine Lastsprünge, d. h. Strompulse $I(t)$ auf, so kann ein solcher Lastsprung mittels geeigneter Steuerung eines oder mehrerer elektrischer Verbraucher erzeugt werden. Beispielsweise kann bei einem Hybridfahrzeug z. B. eine abrupte Lastverschiebung zwischen Verbrennungsmotor und Elektromotor erfolgen, welche die Gesamtleistungsleistung nicht verändert und so für einen Fahrer unbemerkt bleibt.

[0025] Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung eines Strompulses $I(t)$, d. h. eines Lastsprunges besteht im simultanen Ein- und Ausschalten getakteter betriebener elektrischer Verbraucher, gegebenenfalls kombiniert mit einem Beschleunigungswunsch oder einer Gaswegnahme, wodurch der ohnehin vorhandene Lastsprung verstärkt wird.

[0026] Ist die Batterie nicht in einem Fahrzeug verbaut, so lässt sich ein Strompuls $I(t)$ ebenfalls mit-

tels an die Batterie angeschlossener elektrischer Verbraucher erzeugen.

[0027] Eine Auswertung der Änderung der Spannung aufgrund des Strompulses $I(t)$ erfolgt durch die Ermittlung der Spannung vor dem Strompuls $I(t)$ sowie durch die Ermittlung der Spannung hinreichend lange nach erfolgtem Lastsprung, so dass Eigenschwingvorgänge durch z. B. Polarisierungseffekte bereits abgeschlossen sind.

[0028] Eine Dauer des Strompulses $I(t)$ ist vom Typ der Einzelzelle und weiteren Parametern abhängig, wobei die Dauer im Entwicklungsprozess ermittelt wird und typischer Weise zwischen Zehntelsekunden und einigen Sekunden beträgt.

[0029] Um eine präzise Änderung der Spannung zu ermitteln, kann noch eine Korrektur der Spannung um den Wert vorgenommen werden, den eine unbelastete Zellspannung durch eine eingebrachte Ladungsmenge gestiegen wäre. Die Korrektur ist insbesondere bei hohen Ladeströmen und weit hinter dem Lastsprung liegender Spannungsermittlung, von beispielsweise mehr als eine Sekunde erforderlich, da dann die Veränderung des Ladezustandes durch den Strompuls $I(t)$ maßgeblichen Einfluss auf die Spannung der Einzelzelle hat.

[0030] Der Problematik einer möglicherweise hohen Serienstreuung des Innenwiderstandes der Einzelzelle sowie dessen alterungsbedingter Änderung kann mittels regelmäßiger Kalibrierung und/oder modellbasierter Fortschreibung des Verhaltens des Innenwiderstandes begegnet werden. Dabei kann die Kenntnis, dass eine intakte Einzelzelle ihr Verhalten des Innenwiderstandes nur allmählich ändert, berücksichtigt werden.

[0031] Ist das Alterungsverhalten der Einzelzelle zumindest hinreichend bekannt, so kann beispielsweise vom Anfangszustand bis zu einem jetzigen Zustand der Einzelzelle anhand eines integrierten Alterungsmodells ein Verhalten des Innenwiderstandes nach einer bestimmten Laufzeit prognostiziert werden. Beispielsweise wird der Anfangszustand der Einzelzelle, d. h. des Innenwiderstandes im Rahmen einer Fertigung der Einzelzelle einmalig ermittelt und in einem Batteriesteuergerät hinterlegt.

[0032] Da eine zunehmende Ungenauigkeit im Laufe des Batteriealters in Betracht gezogen werden muss, wird der Wert des Innenwiderstandes besonders bevorzugt regelmäßig kalibriert.

[0033] Hierzu wird die mittels des Innenwiderstandes der Einzelzelle ermittelte Temperatur mit der tatsächlichen Temperatur der Einzelzelle verglichen, sofern die tatsächliche Temperatur aus zuverlässiger

Quelle bekannt ist. Hierzu bieten sich insbesondere zwei Lösungen an:

Zum einen kann bzw. können ein oder mehrere Temperatursensoren in der Batterie verbaut sein, wobei die Temperatursensoren nach einer ausreichend langen Phase stabiler thermischer Bedingungen, also einer homogenen Temperaturverteilung über alle Einzelzellen der Batterie kalibriert werden.

[0034] Zum anderen kann, wie zuvor beschrieben, eine andere Quelle zur Ermittlung der tatsächlichen Temperatur verwendet werden, wobei sich hierzu insbesondere Signale eines weiteren Sensors, z. B. eines Ansaugluftsensors eines Motors des Fahrzeuges eignen.

[0035] Da es sich bei dem Verhalten des Innenwiderstandes in Bezug auf das Alter der Einzelzelle um allmählich ablaufende Veränderungen handelt kann mittels statistischer Auswertung der Informationen hinsichtlich der Temperaturen kombiniert mit einer Modellbildung auch bei deutlichen Unsicherheiten einer jeweiligen Einzelmessung eine hohe Langzeitgenauigkeit erzielt werden.

[0036] Auf die Abhängigkeit des Innenwiderstandes der Einzelzelle von dem Ladezustand derselben wird im Folgenden näher eingegangen. Heutige Batterie-steuergeräte verfügen über Algorithmen zur Ermittlung des Ladezustandes, welche auf die jeweilige Einzelzelle angewendet werden können. Mittels der Algorithmen ist es möglich, einen Wert aus der Gesamtspannung der Batterie und/oder der Einzelzellen nach hinreichend zeitlich langen Phasen von Nichtbelastung zu ermitteln und diesen in Belastungsphasen durch Integration von Strom gegebenenfalls unter Zuhilfenahme dynamischer Korrekturverfahren fortzuschreiben.

[0037] Im Folgenden wird ein Beispielalgorithmus zur Ermittlung des Widerstandes einer Einzelzelle oder einer Batterie bei einem Lastsprung näher beschrieben.

[0038] Die Einzelzelle oder die Batterie wird mit einem rechteckigen Strompuls $I(t)$ mit vorgegebener Dauer und Höhe als Lastsprung beaufschlagt. Aus dem auf den Strompuls $I(t)$ resultierenden Ansprechverhalten hinsichtlich der Spannung der Einzelzelle oder der Batterie wird der Innenwiderstand der Einzelzelle oder der Batterie ermittelt. Dabei kann der ermittelte Innenwiderstand unter Umständen auch Anteile zumindest eines Übergangswiderstandes aufweisen.

[0039] Der Innenwiderstand ergibt sich als Quotient aus effektiver Änderung der Spannung durch Anlegen des Strompulses $I(t)$ und dem angewandten Strom.

$$R_T = (U_T - \Delta U_{OCV,T} - U_0) / (I_T - I_0) [1]$$

mit

R_T	Innenwiderstand der Einzelzelle oder der Batterie ermittelt zum Zeitpunkt T nach Pulsbeginn
U_T	Spannung zum Zeitpunkt T nach Pulsbeginn
$\Delta U_{OCV,T}$	Änderung der Leerlaufspannung OCV durch die bis zum Zeitpunkt T eingeladene Ladungsmenge
U_0	Spannung zum Zeitpunkt t_0 (vor Lastsprung)
I_T	Strom zum Zeitpunkt T nach Pulsbeginn
I_0	Strom zum Zeitpunkt t_0 (vor Lastsprung)

[0040] Die Änderung der Leerlaufspannung OCV durch die bis zum Zeitpunkt T eingeladene Ladungsmenge ergibt sich zu

$$\Delta U_{OCV,T} = U_{OCV}(K_T) - U_{OCV}(K_0), \quad [2]$$

wobei K_T und K_0 die Ladezustände zu den Zeitpunkten 0 und T beschreiben. K_0 lässt sich mittels $U(0)$ aus der Kurve der Leerlaufspannung OCV ermitteln. K_T ergibt sich zu

$$K_T = K_0 + \text{Integral}_{0 \dots T}(I(t)dt)/K \quad [3]$$

mit K Ladekapazität der Batterie oder der Einzelzelle.

[0041] Da ein exakter Startzeitpunkt des Strompulses $I(t)$ in Abhängigkeit vom Verfahren nicht genau bekannt ist und je nach Signalquelle eine womöglich schwankende Verzögerung zwischen Strom- und Spannungssignal besteht, wird hinsichtlich des Algorithmus zunächst die genaue Lage des Strompulses $I(t)$ im Auswertefenster, welches mittels des Koordinatensystems dargestellt ist, ermittelt.

[0042] In einem ersten Verfahrensschritt wird ein Beginn des Strompulses $I(t)$, also der Zeitpunkt t_0 ermittelt:

- Dazu werden ein minimaler Wert ($U_{\min}$) der Spannung und ein maximaler Wert ($U_{\max}$) der Spannung im Auswertefenster ermittelt.
- Anschließend wird in Richtung aufsteigender Zeiten des Zeitpunktes $t_{0,5}$ anhand eines Spannungsvergleichs der Zeitpunkt ermittelt, bei dem erstmals $U(t) \geq 0,5 \cdot (U_{\min} + U_{\max})$ (entspricht Lade-puls) oder $U(t) \leq 0,5 \cdot (U_{\min} + U_{\max})$ (entspricht Ent-ladepuls) gilt.

[0043] Ein nächster Verfahrensschritt beinhaltet die Durchführung einer linearen Regression der Spannung $U(t)$ im Bereich $t_{0,5} - \Delta T_1 \dots t_{0,5} - \Delta T_2$, wobei ΔT_1 und ΔT_2 so zu wählen sind, dass ein Bereich vor Be-

ginn eines Pulsanstiegs und Ende eines letzten Pulses sicher erfasst wird, z. B. $\Delta T_1 = 5$ s und $\Delta T_2 = 1$ s. Die Regressionsfunktion der Spannung $U(t)$ ist im Koordinatensystem, d. h. im Auswertefenster, mit $U_{\text{Reg},0}(t)$ bezeichnet.

[0044] Daraufgehend wird in Richtung absteigender Zeiten beginnend bei $t_{0,5}$ der Zeitpunkt ermittelt, bei dem erstmals gilt:

- $U(t) \leq U_{\text{Reg},0}(t)$ (entspricht Ladeimpuls) oder
- $U(t) \geq U_{\text{Reg},0}(t)$ (entspricht Entladeimpuls).

[0045] Dieser Zeitpunkt wird im Folgenden als Beginn des Strompulses $I(t)$, also als Zeitpunkt t_0 , verwendet.

[0046] Besonders bevorzugt wird die Zeitachse im Folgenden so verschoben, dass $t = 0$ dem zuvor ermittelten Pulsbeginn entspricht.

[0047] Besteht eine Verzögerung, die gegebenenfalls unbekannt ist, zwischen Strom- und Spannungsmessung, wird das gleiche Verfahren bezüglich der Strommessung angewandt.

[0048] Die Spannung U_0 vor dem Beginn des Strompulses $I(t)$ wird mittels der Regressionsgeraden zum Zeitpunkt $t = 0$ nach der Verschiebung der Zeitachse ermittelt:

$$U_0 = U_{\text{Reg},0}(0) \quad [4]$$

[0049] Bevorzugt beträgt der fließende Strom durch geeignete Maßnahmen vor Beginn des Strompulses $I(t)$ null, wobei der Strom in Abhängigkeit vom Versuchstyp annähernd null beträgt. Hinzu kommt, dass der Strommesswert im Allgemeinen mit einem Offset behaftet ist. Um diesen zu ermitteln, wird auf die Stromkurve $I(t)$ im gleichen Auswertebereich wie bei der Spannung unter Beachtung der Verschiebung der Zeitachse eine lineare Regression durchgeführt. Der Offset vor Beginn des Strompulses $I(t)$ wird aus der Regressionsgeraden zum Zeitpunkt $t = 0$ nach der Achsverschiebung ermittelt.

[0050] Die Spannung zu einem Zeitpunkt T nach Beginn des Strompulses $I(t)$ wird folgendermaßen ermittelt:

- Durchführung einer linearen Regression der Spannung $U(t)$ im Bereich $T - \Delta T_3 \dots T + \Delta T_4$, wobei ΔT_3 und ΔT_4 so zu wählen sind, dass ein Bereich innerhalb des Strompulses $I(t)$ mit weitgehend linearem Spannungsverlauf $U(t)$ sicher erfasst wird. Dabei sollte als Erfassungsbereich ein möglichst kleiner Bereich, z. B. ± 1 s, um einen Zeitpunkt T , z. B. 5 s, gewählt werden, der insbesondere symmetrisch um den Zeitpunkt T liegt. Bei gewählten niedrigen Zeitpunkten T , z. B. 1 s, kann der Erfassungsbereich asymmetrisch um den Zeitpunkt T liegen:

Für einen Zeitpunkt $T = 5$ s wird beispielsweise der Erfassungsbereich durch die Werte $\Delta T_3 = 1$ s und $\Delta T_4 = 1$ s definiert und für den Zeitpunkt $T = 1$ s z. B. $\Delta T_3 = 0,2$ s und $\Delta T_4 = 0,5$ s. Die Regressionsfunktion wird im folgenden mit $U_{\text{Reg},T}(t)$ bezeichnet. Die Ermittlung des Stroms erfolgt analog zur Ermittlung der Spannung nach dem Beginn des Strompulses $I(t)$.

[0051] Eine Änderung der Leerlaufspannung zum Zeitpunkt T nach Beginn des Strompulses $I(t)$ wird mittels folgender Verfahrensschritte ermittelt:

Als erstes wird eine Integration der ein- oder ausgeladenen Ladungsmenge durchgeführt:

$$Q_T = \int_{0 \dots T} I(t) dt \quad [5]$$

mit Q_T : Ladungsmenge.

[0052] Anschließend wird der Ladezustand κ_0 der Batterie oder der Einzelzelle vor Beginn des Strompulses $I(t)$ anhand der Kurve der Leerlaufspannung ermittelt.

[0053] Dadurch, dass der Ladezustand κ_0 ermittelt wurde und die Ladungsmenge Q_T sowie die Ladekapazität K bekannt sind, kann der Ladezustand κ_T zum Zeitpunkt T nach Beginn des Strompulses $I(t)$ mittels

$$\kappa_T = \kappa_0 + Q_T/K \quad [6]$$

berechnet werden.

[0054] Daran anschließend wird die Änderung der Leerlaufspannung der Einzelzelle oder der Batterie anhand der Formel

$$\Delta U_{\text{OCV},T} = U_{\text{OCV}}(\kappa_T) - U_{\text{OCV}}(\kappa_0) \quad [7]$$

ermittelt.

[0055] Der Innenwiderstand der Einzelzelle oder der Batterie kann nun mittels der Formel

$$R_T = (U_T - \Delta U_{\text{OCV},T} - U_0)/(I_T - I_0) \quad [8]$$

mit R_T Innenwiderstand ermittelt werden.

[0056] Mittels des Verfahrens zur Ermittlung des Innenwiderstandes einer Einzelzelle oder einer Batterie ist es möglich, die Batterie in deren Betrieb präziser zu steuern, da anhand des ermittelten Innenwiderstandes die Temperatur der Einzelzelle ermittelt werden kann.

[0057] Somit erfolgt die Ermittlung der Temperatur ohne Temperatursensor innerhalb der Einzelzelle und für eine jeweilige Einzelzelle, so dass eine Leistung der Einzelzelle oder der Batterie, deren Bestand-

teil die Einzelzelle ist, und/oder die Lebensdauer optimiert werden können.

[0058] Dadurch, dass zur Ermittlung der Temperatur kein Temperatursensor erforderlich ist, ist ein Aufbau der Batterie wesentlich vereinfacht, wodurch sowohl die Fehleranfälligkeit der Batterie als auch die Kosten werden können.

Bezugszeichenliste

t	Zeit
T	Zeitpunkt
U(t)	Spannung
I(t)	Strompuls
U_{min}	minimaler Wert
U_{max}	maximaler Wert

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung zumindest einer Kenngröße einer Einzelzelle oder eines Zellverbundes einer Batterie, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einzelzelle oder der Zellverbund mit einem Strompuls ($I(t)$) beaufschlagt wird und als Kenngröße zumindest der Innenwiderstand (R_T) aus einem aus der Strompulsbeaufschlagung resultierenden Spannungsverlauf ($U(t)$) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannung der Einzelzelle oder des Zellverbundes vor der Beaufschlagung und nach der Beaufschlagung mit dem Strompuls ($I(t)$) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass anhand des ermittelten Innenwiderstandes (R_T) der Einzelzelle eine Temperatur der Einzelzelle ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlung des Innenwiderstandes (R_T) in Abhängigkeit eines Ladezustandes (κ_0 , κ_T) der Einzelzelle erfolgt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

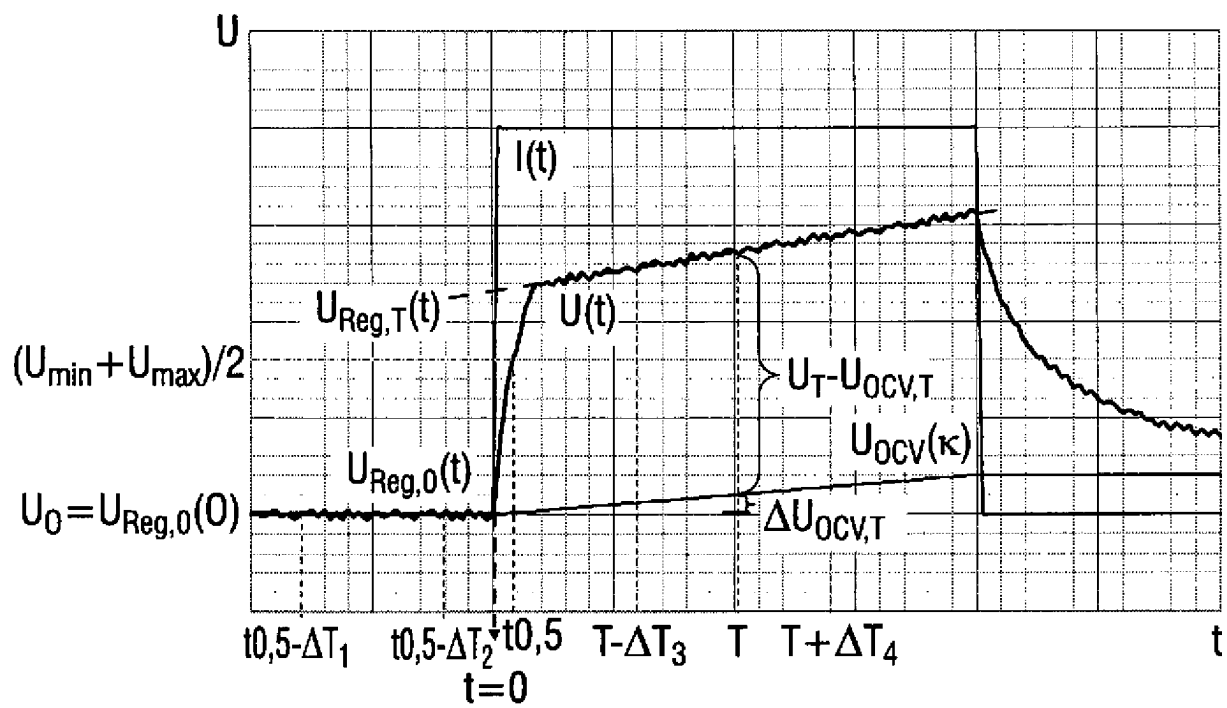


FIG 1