

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. April 2021 (15.04.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/069233 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/076769

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. September 2020 (24.09.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 127 408.7
11. Oktober 2019 (11.10.2019) DE

(71) Anmelder: BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) Erfinder: SCHMIDT, Jan Philipp; Hohlweg 5 / 2, 73271
Holzmaden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,

MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

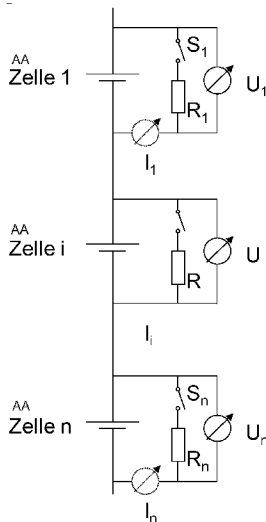
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: CALIBRATION OF A BALANCING SYSTEM IN A BATTERY SYSTEM

(54) Bezeichnung: KALIBRIERUNG EINES BALANCING-SYSTEMS IN EINEM BATTERIESYSTEM

Figur 1



$$R_i = \frac{1}{Q_i} \int_0^{t_i} U_i(t) dt \quad (I)$$

AA Cell

(57) Abstract: The invention relates to a method for calibrating a passive balancing system in a battery system which comprises a plurality of lithium ion cells and a battery management device, in which cell units consisting of individual cells or parallel-connected groups of a plurality of cells are each provided with a discharge circuit having a load resistance R_i representing the calibration parameter, and the cell units are serially connected in a row, the battery management device being designed to measure the voltage U_i of each cell unit and to actuate the discharge circuit at a selectable time in order to discharge the cell unit i in a controlled manner via the load resistance R_i , said method comprising the following steps: - actuating the discharge circuit of the cell unit i for a discharge time t_i in order to remove a charge Q_i , and determining t_i , Q_i and the voltage characteristic over time $U_i(t)$; - determining R_i as (I).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung eines passiven Balancing-Systems in einem Batteriesystem, das eine Mehrzahl von Lithiumionenzellen und eine Batteriemanagement-Einrichtung umfasst, worin Zelleneinheiten aus einzelnen Zellen oder parallel geschalteten Gruppen von mehreren Zellen jeweils mit einer Entladeschaltung versehen sind, die einen Lastwiderstand R_i aufweist, der den Kalibrierungsparameter darstellt, und die Zelleneinheiten strangweise seriell geschaltet sind, und worin die Batteriemanagement-Einrichtung dafür eingerichtet ist, die Spannung U_i jeder Zelleneinheit zu messen sowie zu einem wählbaren Zeitpunkt die Entladeschaltung zu betätigen, um die Zelleneinheit i kontrolliert über den Lastwiderstand R_i zu entladen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst: - Betätigung der Entladeschaltung der Zelleinheit i für eine Entladedauer t_i , um eine Ladung Q_i zu entnehmen, und Ermittlung von t_i , Q_i und des zeitlichen Spannungsverlaufs $U_i(t)$; - Bestimmung von R_i als (I).

WO 2021/069233 A1

Kalibrierung eines Balancing-Systems in einem Batteriesystem

Technisches Gebiet

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung eines Balancing-Systems in einem Batteriesystem.

Technischer Hintergrund

Batteriesystem

Batteriesysteme für elektrisch oder hybrid-elektrisch betriebene Fahrzeuge umfassen eine Mehrzahl einzelner miteinander parallel und seriell verbundener Sekundärzellen, typischerweise Lithiumionenzellen, die durch ein Batteriemanagement-System (BMS) kontrolliert werden.

Das BMS hat unter anderem die Funktion, die Betriebsdaten wie Zellspannung, Ladungszustand (SoC, State of Charge), Alterungsgrad (SoH, State of Health), Strom, Temperatur zu überwachen sowie das Laden bzw. Entladen der Zellen zu steuern. Weitere Aufgaben des BMS sind das thermische Management des Batteriesystems, der Schutz der Zellen, sowie die Vorhersage der verbleibenden Lebensdauer der Zellen auf Grundlage der aufgezeichneten Betriebsdaten.

Im Batteriesystem können die einzelnen Zellen seriell geschaltet werden, um die gewünschte Spannung, beispielsweise 200 bis 400 V zu erreichen. Alternativ können zur Erhöhung der Kapazität eine Mehrzahl von Zellen gruppenweise parallelgeschaltet werden, und die so erhaltenen Zellgruppen werden wiederum seriell geschaltet. Aus Sicht des BMS verhalten sich die parallel geschalteten Zellgruppen im Hinblick auf Spannungs- bzw. SoC-Überwachung so wie auch in Bezug auf das nachfolgend noch näher beschriebene Balancing wie einzelne Zellen. Im Folgenden werden daher einzelne Zellen

und parallel geschaltete Gruppen einzelner Zellen zusammenfassend als „Zelleneinheiten“ bezeichnet.

Balancing

Eine wichtige Funktion des BMS ist das sogenannte Balancing, der Ausgleich des Ladungszustandes der einzelnen Zellen bzw. Zellgruppen. Es kann vorkommen, dass der Ladungszustand (SoC) einzelner Zellen beispielsweise durch erhöhte Selbstentladung aufgrund ungleichmäßiger Temperaturverteilung oder Fertigungsschwankungen vom SoC der übrigen Zellen eines Zellverbundes abweicht.

Ein solches Ungleichgewicht macht sich durch ein Auseinanderdriften der Zellspannungen bemerkbar und kann zu einer Verkürzung der Lebensdauer und verstärkten Abnutzung der Zellen führen. Entsprechendes gilt auch für parallelgeschaltete Gruppen von Einzelzellen, die sich nach außen hin wie eine einige Zelle mit entsprechend größerer Kapazität verhalten. Beim Balancing wird der Ladungszustand der Zelleneinheiten (d.h. der einzelnen Zellen bzw. Zellgruppen) aneinander angeglichen, um das Gleichgewicht wiederherzustellen.

Es wird generell zwischen aktiven und passiven Balancing-Verfahren unterschieden. Bei aktiven Balancing-Verfahren wird Ladung von einer Zelleneinheit mit erhöhtem SOC auf eine Zelleneinheit mit geringerem SOC übertragen. Dies kann durch ein ladungsübertragendes Element wie z.B. einen Kondensator, eine Spule und/oder einen Spannungswandler erfolgen. Bei passiven Balancing-Verfahren wird hingegen bei Zellen mit erhöhtem SOC einfach die überschüssige Ladung über einen Widerstand (Shunt) dissipiert, bis der Ladungszustand ausgeglichen ist.

Die beim Balancing pro Zelle umgesetzte (d.h., entnommene und bei aktivem Balancing ggf. auch zugeführte) Ladung sowie deren Verteilung über die einzelnen Zellen des Batteriesystems

liefert Rückschlüsse auf das Ausmaß der Selbstentladung, was wiederum Hinweise auf den Alterungszustand (State of Health, SoH) sowie ggf. auch auf die Gefahr der Entstehung eines inneren Kurzschlusses ermöglicht. Somit besteht Bedarf für Verfahren zur genauen Bestimmung der Balancing-Ladung.

Aufgabenstellung

Grundsätzlich kann die Balancing-Ladung aus der Zellspannung, der Zeitdauer der Betätigung der Balancing-Schaltung und den Charakteristika der Balancing-Schaltung selbst bestimmt werden. So lässt sich im Fall des passiven Balancings der Balancing-Strom dem Widerstandswert R des Lastwiderstands (Shunt) und dem während des Balancings gemessenen Spannungsverlauf $U(t)$ als $I(t) = U(t)/R$ berechnen, und Integration über die Zeitdauer der Betätigung des Balancing-Systems liefert die geflossene Ladung.

Hierbei besteht jedoch die Schwierigkeit, dass zwar der Spannungsverlauf und die Zeit in guter Genauigkeit bekannt sind, dass aber die Genauigkeit der Ladungsbestimmung von der Toleranz des Lastwiderstands abhängt. Aus Kostengründen kommt für die meisten Verwendungszwecke ein Einsatz von hochpräzisen Lastwiderständen oder ein einzelnes Nachmessen der genauen Widerstandswerte nicht in Betracht.

Daher besteht Bedarf für ein Kalibrierungsverfahren zur Bestimmung der Balancing-Ladung mit hoher Genauigkeit, das in einem vorkonfigurierten Batteriesystem mit passivem Balancing, in dem die präzisen Widerstandswerte der Lastwiderstände unbekannt sind, ohne größeren Aufwand durchgeführt werden kann. Vorzugsweise soll das Verfahren auch im Feldeinsatz oder im laufenden Betrieb durchgeführt werden können, ohne dass spezielle Ausrüstung in Laborqualität erforderlich ist.

Zusammenfassung der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kalibrierung eines passiven Balancing-Systems in einem Batteriesystem, das eine Mehrzahl von Lithiumionenzellen und eine Batteriemanagement-Einrichtung (BMU) umfasst.

Im erfindungsgemäß eingesetzten Batteriesystem sind Zelleneinheiten, die aus einzelnen Zellen oder parallel geschalteten Gruppen von mehreren Zellen bestehen, jeweils strangweise seriell geschaltet. Jede Zelleneinheit (d.h., Einzel-Zelle bzw. Block aus parallel geschalteten Zellen) ist mit einer Entladeschaltung versehen, die einen Lastwiderstand R_i aufweist, wobei der Wert von R_i den Kalibrierungsparameter darstellt. Die BMU ist zudem dafür eingerichtet, die Spannung U_i jeder Zelleneinheit zu messen sowie zu einem wählbaren Zeitpunkt die Entladeschaltung zu betätigen, um die Zelleneinheit i kontrolliert über den Lastwiderstand R_i zu entladen.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Betätigung der Entladeschaltung der Zelleinheit i für eine Entladedauer t_i ,
- Ermittlung der während der Entladedauer t_i entnommenen Ladung Q_i zu entnehmen und des zeitlichen Spannungsverlaufs $U_i(t)$;
- Bestimmung von R_i als

$$R_i = \frac{1}{Q_i} \int_0^{t_i} U_i(t) dt.$$

Für die Bestimmung von Q_i kommen als Alternativen insbesondere die Zufuhr einer vorbekannten Ladung und ihre nachfolgende Dissipation über das Balancing-System sowie die Berechnung aus der Spannung anhand der vorbenannten differentiellen Kapazität $C_i = dQ_i/dU_i$ der Zelle in Betracht.

Durch das erfindungsgemäße Kalibrierungsverfahren können die genauen Werte für die Lastwiderstände R_i ermittelt werden, was wiederum die präzise Bestimmung der beim Balancing geflossenen Ladungsmenge ermittelt, die wiederum zur Diagnose (z.B. für beginnende interne Feinschlüsse) herangezogen werden kann. Ebenso kann das Kalibrierungsverfahren auch über die gesamte Lebensdauer des Batteriesystems immer wieder angewandt werden, ohne einen Werkstattaufenthalt notwendig zu machen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Figur 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Strangs von Zelleneinheiten, die jeweils mit einer Entladeschaltung und einer Spannungsmesseinrichtung versehen sind.

Figur 2 zeigt schematisch den Aufbau bei der Bestimmung von Q_i durch Zufuhr und anschließende Dissipation einer vorbekannten Ladung.

Detaillierte Beschreibung

Im Folgenden werden der Aufbau des Batteriesystems, in dem das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird, sowie die Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens selbst, näher beschrieben.

Batteriesystem und Balancing

Das Batteriesystem, in dem das erfindungsgemäße Verfahren eingesetzt wird, umfasst eine Mehrzahl von Lithiumionenzellen und eine Batteriemanagement-Einrichtung (BMS), worin Zelleinheiten aus Einzelzellen oder parallel geschalteten Gruppen von Zellen mit jeweils mit einer Balancing-Schaltung versehen sind. Die Batteriemanagement-Einrichtung ist dafür eingerichtet, zu vorbestimmten Zeitpunkten einen Ladungsausgleich vorzunehmen, d.h. ein Balancing

durchzuführen. Hierzu wird bei einer Zelle bzw. Zellgruppe, deren Zellspannung gegenüber mindestens einer anderen Zelle bzw. Zellgruppe erhöht ist, die Balancing-Schaltung betätigt, um dieser Zelle bzw. Zellgruppe Ladung zu entnehmen, bis die Zellspannungen angeglichen sind.

Das Balancing wird typischerweise während einer Ruhephase durchgeführt, beispielsweise nach dem Laden und zu einem Zeitpunkt, in dem das Batteriesystem nicht belastet wird. Falls das Batteriesystem in einem Elektrofahrzeug verbaut ist, kann das Balancing zu einem beliebigen Zeitpunkt außerhalb des Fahrbetriebs durchgeführt werden, vorzugsweise direkt nach dem Laden des Speichers. In einem hybridelektrischen Fahrzeug oder plug-in-hybridelektrischen Fahrzeug kommt auch der Fahrbetrieb mit Verbrennungsmotor in Betracht. Erfindungsgemäß sind der Zeitpunkt und das genaue Verfahren des Balancings nicht speziell beschränkt, solange die beim Balancing für jede Zelle umgesetzte Ladung durch das BMS ermittelt werden kann.

Beim passiven Balancing wird der Zelle mit erhöhter Zellspannung (und damit erhöhtem SOC) Ladung entnommen und an einem Lastwiderstand (Shunt) dissipiert. Eine vereinfachte schematische Darstellung einer solchen passiven Balancing-Schaltung für den Fall von N in Reihe geschalteten Zellen ist in Figur 1 gezeigt. Für jede Zelle i wird die Zellspannung U_i vom BMS überwacht. Zudem ist jede Zelle mit einem Shunt-Stromkreis versehen, der zumindest einen vom BMS kontrollierten Schalter S_i (z.B. einem MOSFET) und den eigentlichen Parallelwiderstand (Shunt) R_i umfasst.

Um den apparativen Aufwand geringzuhalten, ist eine Möglichkeit zur direkten Messung des Stroms I_i im Balancing-Stromkreis nicht vorgesehen. Der Balancing-Strom wird stattdessen aus dem Widerstandswert R_i und dem während des Balancing gemessenen Spannungsverlauf $U_i(t)$ als $I_i(t) = U_i(t)/R_i$ berechnet. Integration über die Zeit liefert die geflossene Ladung.

Bestimmung des Lastwiderstands

Das erfindungsgemäße Kalibrierungsverfahren dient zur genauen Bestimmung der Widerstandswert R_i , um den Balancing-Strom und die geflossene Ladung genau ermitteln zu können. Der beim Balancing über den Lastwiderstand fließende Strom beträgt allgemein $I_i = U_i/R_i$, wobei U_i eine Funktion des Ladungszustands (SOC_i) der Zelleneinheit ist und folglich nicht zeitlich konstant sein muss, sondern von der bereits geflossenen Ladung Q_i abhängt. Die Ladung berechnet sich somit als

$$Q_i = \int I_i dt = 1/R_i * \int U_i dt.$$

Wie oben ausgeführt, ist die Batteriemanagement-Einrichtung in der Lage, U_i in hoher Präzision zu messen und ggf. zeitlich aufzuzeichnen, um beispielsweise den Ladungszustand (SOC) der Zelleneinheit überwachen zu können.

Der Erfindung liegt die Idee zugrunde, den Kalibrierungsparameter R_i anhand der obigen Formel zu ermitteln, indem die Dauer der Betätigung der Entladeschaltung (Entladedauer) t_i , die geflossene Ladung Q_i und der Spannungsverlauf $U_i(t)$ bestimmt werden. R_i lässt sich dann als

$$R_i = 1/Q_i * \int U_i dt$$

berechnen. Die hierzu erforderlichen Messungen und Berechnungen erfolgen durch die Batteriemanagement-Einrichtung, die ohnehin für die Spannungsüberwachung und die Steuerung der Entladeschaltung konfiguriert ist.

Zur Bestimmung der geflossenen Ladung Q_i kommen beispielsweise die Zufuhr einer bekannten Ladung und ihre nachfolgende Entnahme über die Entladeschaltung in Betracht, oder die Berechnung der Ladung aus der differentiellen Kapazität und dem Spannungsverlauf während des Entladens.

Bestimmung von Q_i durch Zufuhr einer bekannten Ladung

Eine erste Möglichkeit der Bestimmung von Q_i besteht in der Zufuhr einer bekannten Ladung Q , was aufgrund der Erhöhung des Ladezustands der Zelleneinheit zu einer Erhöhung der Spannung U_i führt. Danach wird die Entladeschaltung solange betätigt, bis die erhöhte Spannung wieder auf den Ausgangswert abgesunken ist. Dann ist auch der Ladungszustand (SOC) der Zelleneinheit wieder der gleiche wie vor Zufuhr der Ladung, d.h., ist die beim Entladen geflossene Ladung Q_i entspricht der zugeführten Ladung Q . Der schematische Aufbau ist in Figur 2 gezeigt.

Diese Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst die folgenden Schritte:

- (1) Bestimmung der Anfangsspannung $U_{i,0}$ jeder Zelleneinheit i des Strangs durch die Batteriemanagement-Einrichtung;
- (2) Anlegen eines vorbekannten Ladestroms I an den Strang für eine vorbestimmte Zeit t_L , um jeder Zelleneinheit die bekannte Ladung $Q = \int I dt$ zuzuführen;
- (3) Entnahme der vorher zugeführten Ladung $Q_i = Q$, indem die Entladeschaltung solange betätigt wird, bis die Anfangsspannung $U_{i,0}$ wieder erreicht ist, so dass die Entladedauer t_i die Bedingung $U_i(t_i) = U_{i,0}$ erfüllt;
- (4) Bestimmung von R_i als

$$R_i = \frac{1}{Q} \int_0^{t_i(U=U_{i,0})} U_i(t) dt$$

worin $t_i(U = U_{i,0})$ die Entladedauer darstellt, nach der die Spannung wieder auf den Anfangswert $U_{i,0}$ abgefallen ist.

Zunächst wird in Schritt (1) die Spannung $U_{i,0}$ gemessen, die Maß für den Anfangs-SOC der Zelleneinheit darstellt, der auch

gleich dem End-SOC bei Beendigung des nachfolgenden Schritts (3) sein muss.

Nachfolgend wird in Schritt (2) der gesamte Strang mit einem definierten Ladestrom für eine definierte Zeitspanne aufgeladen. Dieser Schritt kann mit einem herkömmlichen Ladegerät erfolgen und unterscheidet sich vom normalen Laden lediglich dadurch, dass das Batteriesystem nicht vollständig aufgeladen wird, sondern dass nur eine bekannte Ladung Q zugeführt wird, die durch zeitliche Integration des Ladestroms berechnet wird.

Das Ladeverfahren ist nicht speziell beschränkt. Beispielsweise kann das Laden mit konstantem Strom oder mit konstanter Spannung erfolgen. Es ist lediglich eine Messung des zeitlichen Verlaufs des Ladestroms I erforderlich, um die Ladung berechnen zu können. Zur Kontrolle des Ladevorgangs ist das Batteriesystem oder die Ladeeinrichtung ohnehin mit einer Strommesseinrichtung versehen, die für die Bestimmung der Ladung eingesetzt werden kann. In der in Figur 2 skizzierten Ausführungsform ist die Strommesseinrichtung in das Batteriesystem integriert („S-Box“). Gegebenenfalls kann eine hochpräzise Strommesseinrichtung in den Ladestromkreis eingebracht werden, um die Ladung mit hoher Genauigkeit ermitteln zu können.

Schritt (2) erfordert keinen physischen Zugriff auf die einzelnen Zelleinheiten, sondern kann mit dem installierten Batteriesystem im Feldeinsatz unter Verwendung üblicher Ladeeinrichtungen durchgeführt werden. Als zusätzliche Ausrüstung kann allenfalls eine hochpräzise Strommesseinrichtung erforderlich sein.

Da der Strang lediglich aus seriell verbundenen Zelleinheiten besteht, ist der durch jede Zelle geflossene Strom und damit in guter Näherung auch die zugeführte Ladung für jede Zelleneinheit gleich und lässt sich als $Q = \int I dt$ berechnen.

Nach Beendigung des Ladens kann gegebenenfalls aufgrund geringfügig unterschiedlicher Zellspannungen ein langsamer Ladungsaustausch zwischen den Zellen stattfinden, so dass die Ladungen mit der Zeit auseinanderdriften können. Dieser Effekt ist jedoch beim erfindungsgemäßen Verfahren aufgrund der langsamen Zeitskala vernachlässigbar, insbesondere, wenn Schritt (3) in direktem Anschluss an Schritt (2) durchgeführt wird.

Durch die Erhöhung des SOC aufgrund der zugeführten Ladung Q ist nach Schritt (2) die Zellspannung in den Zelleneinheiten gegenüber $U_{i,0}$ erhöht. In Schritt (3) werden die Zelleneinheiten durch Betätigung der Entladeschaltung solange entladen, bis $U_{i,0}$ und damit der ursprüngliche SOC wieder erreicht ist. Die dabei dissipierte Ladung Q_i ist somit gleich der in Schritt (2) zugeführten Ladung.

Durch Aufzeichnung des Spannungsverlaufs während des Entladens und Integration über die Zeit lässt sich dann in Schritt (4) der Wert des Lastwiderstands R_i berechnet als

$$R_i = \frac{1}{Q} \int_0^{t_i(U=U_{i,0})} U_i(t) dt$$

durchgeführt werden. Es wird keine spezielle Laborausrüstung benötigt, und es sind keine extern vorzunehmenden Maßnahmen am Batteriesystem selbst erforderlich.

Bestimmung von Q_i anhand der vorbekannten differentiellen Kapazität

Alternativ lässt sich Q_i auch aus der differentiellen Kapazität $C_i = dQ_i/dU_i$ bestimmen, die in der Batteriemanagement-Einrichtung hinterlegt ist oder aus den hinterlegten Ladungs/Spannungskorrelationsdaten $Q_i(U_i)$, die zur Ermittlung des SOC ohnehin erforderlich sind, durch Differenzieren nach der Spannung berechnet werden kann. Diese Ausführungsform des

erfindungsgemäßen Verfahrens unter Verwendung der differentiellen Kapazität C_i umfasst die folgenden Schritte:

(1) Betätigung der Entladeschaltung, um jede Zelleneinheit i über den Widerstand R_i für eine vorbestimmte Zeit t_i zu entladen, bei gleichzeitiger Messung der Spannung $U_i(t)$ während des Entladens, um den zeitlichen Spannungsverlauf zu erhalten;

(2) Bestimmung der während der vorbestimmte Zeit t_i entnommenen Ladung Q_i aus C_i und $U_i(t)$ als

$$Q_i = \int C_i dU_i = \int_0^{t_i} C_i \frac{dU_i(t)}{dt} dt$$

(3) Bestimmung von R_i als

$$R_i = \frac{1}{Q_i} \int_0^{t_i} U_i(t) dt$$

In Schritt (1) wird wiederum die Zelle kontrolliert entladen und der Spannungsverlauf beim Entladen gemessen. Im Gegensatz zur ersten Version ist jedoch die entnommene Ladung nicht vorbekannt, sondern muss in Schritt (2) aus der vorbekannten differentiellen Kapazität C_i und dem gemessenen Spannungsverlauf $U_i(t)$ berechnet werden. Die differentielle Kapazität C_i ist entweder selbst im Batteriemanagement-System hinterlegt, oder sie wird on-the-fly aus der vorbekannten Leerlaufkennlinie berechnet.

In Schritt (3) erfolgt schließlich die Bestimmung von R_i in analoger Weise wie bei der ersten Ausführungsform.

Ansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung eines passiven Balancing-Systems in einem Batteriesystem, das eine Mehrzahl von Lithiumionenzellen und eine Batteriemanagement-Einrichtung umfasst,

worin Zelleneinheiten aus einzelnen Zellen oder parallel geschalteten Gruppen von mehreren Zellen jeweils mit einer Entladeschaltung versehen sind, die einen Lastwiderstand R_i aufweist, der den Kalibrierungsparameter darstellt, und die Zelleneinheiten strangweise seriell geschaltet sind,

und worin die Batteriemanagement-Einrichtung dafür eingerichtet ist, die Spannung U_i jeder Zelleneinheit zu messen sowie zu einem wählbaren Zeitpunkt die Entladeschaltung zu betätigen, um die Zelleneinheit i kontrolliert über den Lastwiderstand R_i zu entladen,

wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Betätigung der Entladeschaltung der Zelleinheit i für eine Entladedauer t_i , um eine Ladung Q_i zu entnehmen, und Ermittlung von t_i , Q_i und des zeitlichen Spannungsverlaufs $U_i(t)$;
- Bestimmung von R_i als

$$R_i = \frac{1}{Q_i} \int_0^{t_i} U_i(t) dt.$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, umfassend:

- 1) Bestimmung der Anfangsspannung $U_{i,0}$ jeder Zelleneinheit i des Strangs durch die Batteriemanagement-Einrichtung;
- 2) Anlegen eines vorbekannten Ladestroms I an den Strang für eine vorbestimmte Zeit t_L , um jeder Zelleneinheit die bekannte Ladung $Q = \int I dt$ zuzuführen;

3) Entnahme der vorher zugeführten Ladung $Q_i = Q$, indem die Entladeschaltung solange betätigt wird, bis die Anfangsspannung $U_{i,0}$ wieder erreicht ist, so dass t_i die Bedingung $U_i(t_i) = U_{i,0}$ erfüllt ist;

4) Bestimmung von R_i als

$$R_i = \frac{1}{Q} \int_0^{t_i(U=U_{i,0})} U_i(t) dt$$

worin $t(U = U_{i,0})$ die Betätigungsdauer der Balancing-Schaltung darstellt, nach der die Spannung wieder auf den Anfangswert $U_{i,0}$ abgefallen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, worin die differentielle Kapazität $C_i = dQ_i/dU_i$ jeder Zelleneinheit, wobei dQ_i die Änderung der Ladung darstellt, in der Batteriemanagement-Einrichtung hinterlegt ist und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

1) Betätigung der Entladeschaltung, um jede Zelleneinheit i über den Widerstand R_i für eine vorbestimmte Zeit t_i zu entladen, bei gleichzeitiger Messung der Spannung $U_i(t)$ während des Entladens, um den zeitlichen Spannungsverlauf zu erhalten;

2) Bestimmung der während der vorbestimmte Zeit t_i entnommenen Ladung Q_i aus C_i und $U_i(t)$ als

$$Q_i = \int C_i dU_i = \int_0^{t_i} C_i \frac{dU_i(t)}{dt} dt$$

3) Bestimmung von R_i als

$$R_i = \frac{1}{Q_i} \int_0^{t_i} U_i(t) dt$$

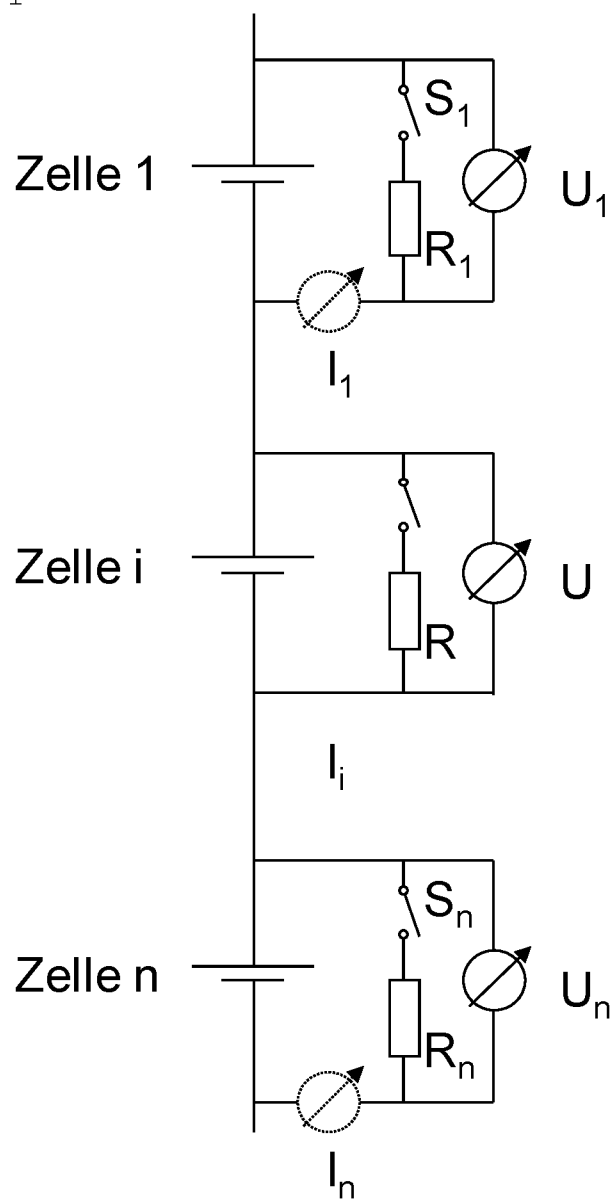
4. Batteriesystem mit passivem Balancing, das eine Mehrzahl von Lithiumionenzellen und eine Batteriemanagement-Einrichtung umfasst,

worin Zelleneinheiten aus einzelnen Zellen oder parallel geschalteten Gruppen von mehreren Zellen jeweils mit einer Entladeschaltung versehen sind, die einen Lastwiderstand R_i aufweist, und die Zelleneinheiten strangweise seriell geschaltet sind,

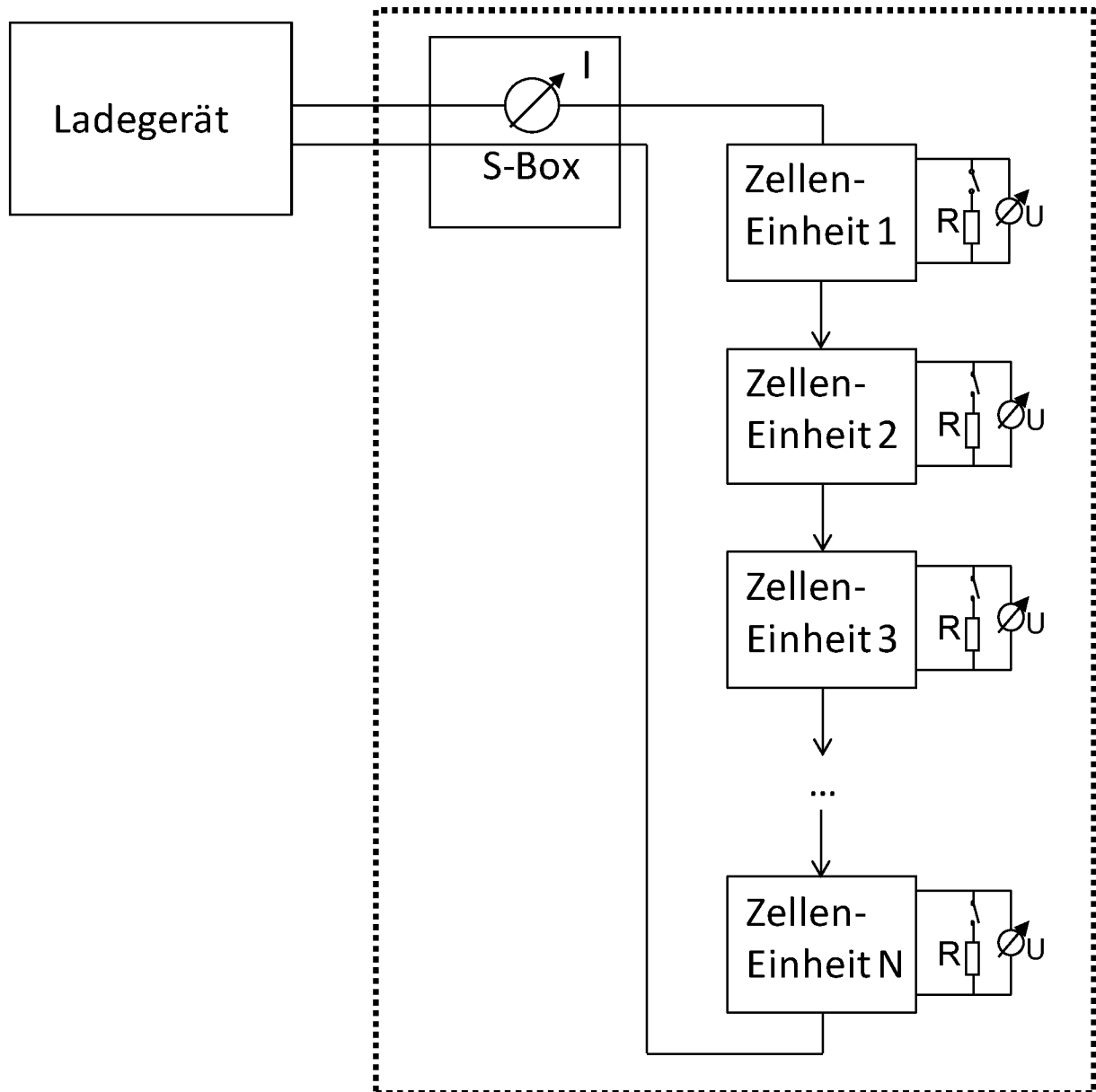
und worin die Batteriemanagement-Einrichtung dafür eingerichtet ist, die Spannung U_i jeder Zelleneinheit zu messen sowie zu einem wählbaren Zeitpunkt die Entladeschaltung zu betätigen, um die Zelleneinheit i kontrolliert über den Lastwiderstand R_i zu entladen,

worin das Batteriesystem für die Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3 eingerichtet ist.

Figur 1



Figur 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/076769

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02J 7/00**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J; B60L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102015205725 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 06 October 2016 (2016-10-06)	1,4
A	paragraphs [0003], [0035]-[0039], [0041], [0055]; figure 1	2,3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

04 November 2020

Date of mailing of the international search report

12 November 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Meyer, Andreas Hans

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/076769

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102015205725	A1	06 October 2016	CN	107431370	A	01 December 2017
				DE	102015205725	A1	06 October 2016
				US	2018069417	A1	08 March 2018
				WO	2016155962	A1	06 October 2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02J7/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02J B60L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2015 205725 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6. Oktober 2016 (2016-10-06)	1,4
A	Paragraph [0003], [0035]-[0039], [0041], [0055]; Abbildung 1 -----	2,3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

4. November 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/11/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Meyer, Andreas Hans

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/076769

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015205725 A1	06-10-2016	CN 107431370 A	01-12-2017
		DE 102015205725 A1	06-10-2016
		US 2018069417 A1	08-03-2018
		WO 2016155962 A1	06-10-2016
