



(10) **DE 10 2011 054 339 A1** 2012.04.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 054 339.2**

(22) Anmeldetag: **10.10.2011**

(43) Offenlegungstag: **26.04.2012**

(51) Int Cl.: **G01R 31/36 (2012.01)**

G01R 19/02 (2012.01)

H01M 10/44 (2012.01)

H01M 10/48 (2012.01)

(30) Unionspriorität:
12/908,669 20.10.2010 US

(74) Vertreter:
Schweiger & Partner, 80333, München, DE

(71) Anmelder:
**GM Global Technology Operations LLC, (n.d.
Ges. d. Staates Delaware), Detroit, Mich., US**

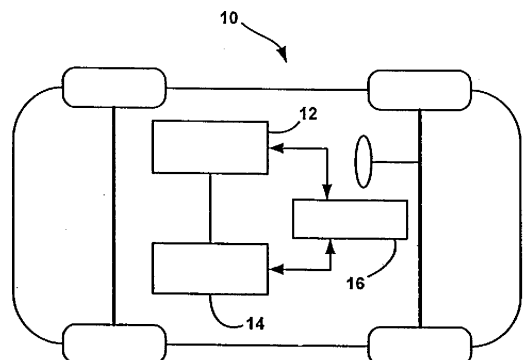
(72) Erfinder:
**Lin, Jian, Beverly Hills, Mich., US; Tang, Xidong,
Sterling Heights, Mich., US; Koch, Brian, Berkley,
Mich., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Adaptive langsam veränderliche Stromerkennung**

(57) Zusammenfassung: Ein System und ein verfahren zum Bestimmen, ob ein integriertes Abschätzverfahren, beispielsweise ein rekursives Least-Squares-Regressionsverfahren effektiv verwendet werden kann, um den Batterieladezustand zu berechnen. Das verfahren beinhaltet das Definieren einer Strommesszeit und einer vorhergehenden Messzeit und das Messen des Batteriestroms. Das Verfahren berechnet dann eine Variation des gleitenden Durchschnitts des gemessenen Stroms und einen Index der Stromänderungsrate, die durch Bestimmen des Mittelwerts des Absolutwerts der Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms unter Verwendung des gemessenen Stroms und der berechneten gleitenden Mittelwerte aus den vergangenen Messzeiten verwendet. Das Verfahren bestimmt dann, ob der Stromänderungsindex größer als ein vorbestimmter Schwellwert ist, und sollte das der Fall sein und setzt dann fest, dass die Abschätzung des Batterieladezustands aus dem integrierten Abschätzverfahren gültig ist.



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich allgemein auf ein System und ein Verfahren zur Abschätzung des Batterieladezustandes (SOC) und insbesondere auf ein System und ein Verfahren zur Abschätzung eines Batterieladezustandes, das das Berechnen eines Stromänderungsindex beinhaltet, um zu bestimmen, ob der Batteriestrom genug Anregung enthält, so dass ein integrierter Echtzeitabschätzalgorithmus, wie zum Beispiel ein rekursives Verfahren nach den kleinsten Quadraten (RLS von "recursive least squares") eine genaue Abschätzung des Ladezustands bereitstellt.

2. Diskussion des Standes der Technik

[0002] Elektrofahrzeuge werden immer häufiger. Diese Fahrzeuge beinhalten Hybridfahrzeuge, wie zum Beispiel Elektrofahrzeuge mit verlängerter Reichweite (EREV), die eine Batterie und eine Hauptantriebsquelle, wie zum Beispiel eine Verbrennungskraftmaschine, ein Brennstoffzellensystem etc. beinhalten, und reine Elektrofahrzeuge wie zum Beispiel batteriebetriebene Elektrofahrzeuge (BEV). All diese Arten von Elektrofahrzeugen verwenden eine Hochvoltbatterie, die eine Anzahl von Batteriezellen umfasst. Diese Batterien können verschiedene Batteriearten sein, wie zum Beispiel eine Lithium-Ionen-Batterie, eine Nickel-Metallhydrid-Batterie, eine Blei-Batterie etc. Ein typisches Hochvoltbatteriesystem für ein Elektrofahrzeug kann 196 Batteriezellen aufweisen, die ungefähr 400 V liefern. Das Batteriesystem kann auch einzelne Batteriemodule beinhalten, wobei jedes Batteriemodul wiederum eine gewisse Anzahl von Batteriezellen enthalten kann, so zum Beispiel 12 Zellen. Die einzelnen Batteriezellen können miteinander elektrisch in Reihe gekoppelt sein oder eine Reihe von Zellen kann elektrisch parallel gekoppelt sein, wobei eine Zahl von Zellen in dem Modul in Reihe geschaltet ist und jedes Modul mit den anderen Modulen elektrisch parallel gekoppelt ist. Verschiedene Fahrzeugkonzepte erfordern verschiedene Batteriekonzepte, die verschiedene Vor- und Nachteile für die einzelne Anwendung beinhalten.

[0003] Batterien spielen eine wichtige Rolle bei der Stromversorgung von Elektrofahrzeugen und Hybridfahrzeugen. Die Wirksamkeit der Batterieregelung und des Powermanagements ist essentiell für die Fahrleistung, den Kraftstoffverbrauch, die Lebensdauer der Batterie und den Komfort der Passagiere. Für die Batterieregelung und das Powermanagement müssen zwei Kenngrößen der Batterie, nämlich der Ladezustand (SOC) und die Batterieleistung vorhergesagt oder geschätzt und in Echtzeit

überwacht werden, da diese keine messbaren Größen während des Fahrzeugbetriebs darstellen. Der Batterieladezustand und die Batterieleistung können unter Zuhilfenahme eines Ersatzschaltbildmodells der Batterie abgeschätzt werden, das die Batterieerlerlaufspannung (OCV), den Batterieinnenwiderstand und ein RC-Glied mit Widerstand und Kapazität mittels der Batterieklemmspannung und des Stroms definiert. Demzufolge müssen beide Batteriekenngößen von den Batterieparametern abgeleitet werden, wobei die Batterieparameter von der Batterieklemmspannung und dem Strom geschätzt werden. Ein paar Batteriezustandsabschätz-Algorithmen wurden in der Vergangenheit entwickelt unter Zuhilfenahme verschiedener Methoden und einige davon wurden in Fahrzeugen implementiert.

[0004] Es ist bestens bekannt, dass die Batteriedynamik generell nichtlinear ist und stark von den Batteriebetriebsbedingungen abhängt. Allerdings kann für eine integrierte Batterieparameterabschätzung ein lineares Modell, das einige Frequenzkorrekturterme beinhaltet, herangezogen werden, um die hauptsächlichste Batteriedynamik in einer spezifischen Anwendung zu approximieren, beispielsweise eine Leistungsvorhersage oder eine Ladezustandsabschätzung. Der Hauptgrund dafür ist, dass für integrierte Anwendungen nur eine begrenzte Rechenleistung und ein begrenzter Rechenspeicher zur Verfügung stehen. Andererseits ist aber auch, wenn eine unbegrenzte Rechenleistung und ein unbegrenzter Rechenspeicher zur Verfügung stünden, eine genaue Abschätzung von allen Batterieparametern in einem komplexen Modell mit so viel wie möglichen Frequenzkorrekturen nicht zu garantieren, weil die Anregung von Signalen, normalerweise die Batterieklemmspannung und der Klemmenstrom, begrenzt ist. Demzufolge ist es weder praktisch noch notwendig, in einem Modell alle Frequenzkorrekturterme zu berücksichtigen, so lange ein Abschätzungsfehler, der von Modellunsicherheiten herrührt, innerhalb eines akzeptablen Bereichs für die spezifische Anwendung liegt.

[0005] Um Rechenspeicher und Rechenaufwand zu minimieren, wird demnach ein einfaches Batteriemodell bevorzugt. Andererseits müssen verschiedene Anwendungen durch verschiedene Frequenzkorrekturterme charakterisiert werden. Beispielsweise ist die Merkmalsfrequenz, um den Hochfrequenzwiderstand einer Batterie zu charakterisieren, viel höher als die Merkmalsfrequenz, die eine Änderung in der Batterieleistung charakterisiert. Ein einfaches Modell mit begrenzten Frequenzmoden führt zwangsläufig zu Fehlern und Unsicherheiten, da nicht alle Merkmalsfrequenzen für verschiedene Anwendungen voll abgedeckt werden können.

[0006] Die US-Patentanmeldung, Seriennummer 11/867,497, angemeldet am 4. Oktober 2007 und

veröffentlicht unter der Veröffentlichungsnummer US 2009/0091299 mit dem Titel "Dynamisch adaptives Verfahren zum Ermitteln des Ladezustands einer Batterie", angemeldet unter dem Anmelder der vorliegenden Erfindung und hiermit durch Bezugnahme inkorporiert in die vorliegende Anmeldung, zeigt ein Verfahren zum Ermitteln des Batterieladezustands und der Batterieleistung mittels vier Batterieparametern, nämlich der Batterieerleerlaufspannung, dem Ohm'schen Widerstand und Widerstand und Kapazität eines RC-Gliedes.

[0007] Eine bekannte Technik zum Abschätzen eines Batterieladezustandes ist das rekursive Verfahren der kleinsten Quadrate (RLS von "recursive least squares"), um die Leerlaufspannung V_{oc} abzuschätzen, aus dem gemessenen Batteriestrom I und der Batteriespannung V . In RLS-Algorithmen werden lineare Gleichungen verwandt, die Matrizen beinhalten, welche unabhängige Reihen von Daten benötigen, um die Gleichungen zu lösen. Diese Daten werden aus dem Batteriestrom I gewonnen, der sich unter verschiedenen Raten von einer Messzeit zur nächsten ändern muss, um eine Lösung für die Gleichungen darzustellen. Mit anderen Worten, der RLS-Algorithmus kann nicht effektiv sein, um den Batterieladezustand zu bestimmen, wenn sich der Strom nicht signifikant mit der Zeit ändert, da die Gleichungen in den RLS-Berechnungen gleich bleiben oder ungefähr gleich bleiben, von einem Messpunkt zum nächsten. Mit anderen Worten, ist die Qualität der regressiv ermittelten Leerlaufspannung V_{oc} eine Funktion der Eingangsgrößenanregung, wobei eine größere Anregung einen besseren Leerlaufspannungsausgang produziert. Ein Mangel an Anregung muss detektiert werden, so dass ein qualitativ schlechter Ausgang in der Ladezustandsabschätzung nicht benutzt wird. Zu den bekannten Techniken zum Bestimmen, ob sich der Strom mit ausreichend verschiedenen Raten ändert, gehört das Überwachen der Regressionsmathematik durch ein Geteilt-durch-Null-Szenario. Allerdings war die Detektion manchmal zu langsam, um eine Instabilität zu verhindern und einen Verlust an Ladezustandsgenauigkeit bei allen Bedingungen.

[0008] Sobald sich der Batteriestrom nur minimal ändert, ergeben die Werte in den Matrizen der linearen Gleichungen eine Lösung. Diese Lösung garantiert jedoch nicht, korrekt zu sein, so dass die Genauigkeit der Berechnungen nicht akzeptabel ist. Die resultierende Batterieladezustandsabschätzung kann nicht genau bestimmt werden. Typischerweise ist es schwierig, festzulegen, welche Schwellwerte eingesetzt werden sollten für eine akzeptable Batteriestromänderungsrate, unterhalb der die Batterieladezustandsabschätzung nicht genau sein wird.

[0009] Sobald der RLS-Algorithmus nicht akzeptabel ist, um einen genauen Batterieladezustand zu berechnen, wird er zu diesem Zweck nicht herange-

zogen und die Batteriemanageralgorithmen benutzen ein anderes Modell, um den Batterieladezustand zu berechnen, beispielsweise die Coulomb- oder Stromintegration. Typischerweise ist es nicht wünschenswert, die Coulomb-Integration heranzuziehen, um den Batterieladezustand allein zu bestimmen, da dafür eine genaue Batteriestromhistorienaufzeichnung für die Integration notwendig ist und die Stromsensoren, die bei Kraftfahrzeuganwendungen typischerweise benutzt werden, um den Batteriestrom zu messen, nicht genau genug sind. Daher erzeugt das Nichtwissen des ursprünglichen Stromwertes in den Berechnungen einen Fehler, der mit der Zeit anwächst.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0010] Im Einklang mit den Lehren der vorliegenden Erfindung, wird ein System und ein Verfahren zur Bestimmung offenbart, ob ein integriertes Abschätzungsverfahren, beispielsweise ein rekursives Least-Squares-Regressions-Verfahren, effektiv den Ladezustand einer Batterie berechnen kann. Das Verfahren beinhaltet das Bestimmen einer Strommesszeit und einer vorangegangenen Messzeit und das Messen des Batteriestroms. Das Verfahren berechnet dann eine Variation des gleitenden Durchschnitts des gemessenen Stroms und einen Stromänderungsrateindex, der durch Mitteln des Absolutwertes der Variation des gleitenden Durchschnitts des Stroms bestimmt wird, wobei der gemessene Strom und die gleitenden Mittelwerte, die von den vorhergehenden Messzeiten berechnet wurden, benutzt werden. Das Verfahren bestimmt dann, ob der Stromänderungsindex größer ist als ein vorbestimmter Schwellwert und, sollte das der Fall sein, bestimmt, dass die Abschätzung des Batterieladezustands, der aus dem integrierten Abschätzverfahren resultiert, gültig ist.

[0011] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung und den beigefügten Patentansprüchen zusammen mit den beigefügten Figuren verständlich.

KURZE BESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0012] [Fig. 1](#) ist eine vereinfachte Draufsicht auf ein Hybridfahrzeug mit einer Batterie und einer Hauptantriebsquelle;

[0013] [Fig. 2](#) ist ein Flussdiagramm zum Bestimmen des Betriebs eines Algorithmus, ob ein Batteriestrom sich schnell genug ändert, so dass ein rekursiver Least-Squares-Algorithmus zur genauen Abschätzung eines Batterieladezustandes herangezogen werden kann; und

[0014] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm eines Systems zur Bestimmung, ob ein Batteriestrom sich mit genug

Anregung ändert, so dass ein Abschätzalgorithmus den Batterieladezustand genau bestimmen kann.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0015] Die folgende Diskussion der Ausführungsbeispiele der Erfindung, die auf ein System und ein Verfahren zum Bestimmen gerichtet ist, ob ein RLS-Algorithmus effektiv benutzt werden kann, um den Batterieladezustand zu bestimmen ist rein beispielhafter Natur und dient in keiner Weise dazu, um die Erfindung oder die Anwendung der Erfindung oder die Verwendung der Erfindung zu beschneiden. Beispielsweise findet die Erfindung Anwendung beim Betrieb von Fahrzeugbatterien. Allerdings ist es Fachleuten sofort klar, dass die hier offenbarte Technik auch außerhalb von Fahrzeuganwendungen zur Anwendung kommen kann.

[0016] **Fig. 1** ist eine vereinfachte Draufsicht auf ein Fahrzeug **10** mit einer Hochvoltbatterie **12** und einer Hauptantriebsquelle **14**, wobei das Fahrzeug **10** dazu dient, jegliche Art von Hybridfahrzeugen darzustellen, beispielsweise Hybridfahrzeuge mit einer Verbrennungskraftmaschine, Brennstoffzellenfahrzeuge etc. Die Batterie **12** kann jegliche Art von Batterie sein, die für ein Hybridfahrzeug geeignet ist, beispielsweise eine Blei-Batterie, eine Metall-Hydrid-Batterie, eine Lithium-Ionen-Batterie etc. Das Fahrzeug **10** dient auch dazu, jede Art von reinem Elektrofahrzeug darzustellen, das nur eine Batterie als Antriebsquelle verwendet. Das Fahrzeug **10** beinhaltet ein Steuergerät **16**, das dazu dient, alle Steuermodule und Vorrichtungen darzustellen, die für einen sauberen Betrieb und die Leistungsregelung notwendig sind, die von der Batterie **12** und der Antriebsquelle **14** stammen, um das Fahrzeug **10** zu fahren, die Batterie **12** wieder aufzuladen durch die Antriebsquelle **14** oder durch regeneratives Bremsen und um den Batterieladezustand und das Leistungsvermögen zu bestimmen.

[0017] **Fig. 2** ist ein Flussdiagramm **20**, das einen Algorithmus zur Bestimmung zeigt, ob ein Batteriestrom sich mit genug Anregung ändert, so dass die Batterieerlaufspannung V_{oc} genau aus der Batterieklemmspannung und dem Strom abgeschätzt werden kann, wobei ein Abschätzalgorithmus, beispielsweise ein RLS-Algorithmus benutzt wird. Im Kasten **22** misst der Algorithmus den Batteriestrom unter Zuhilfenahme eines Stromsensors (nicht gezeigt) und bestimmt eine Strommesszeit t . Aus der Strommessung berechnet der Algorithmus eine Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms I_m im Kasten **24** unter Zuhilfenahme der unten angegebenen Gleichung (1). Die Variation des gleitenden Strommittelwerts I_m ist ein Mittelwert der Batteriestromvariation über verschiedene aufeinander folgende Messzeiten

$$I_m(i) = a[I_m(i-1)] + I(i) - I(i-1) \quad (1),$$

wobei a ein vorbestimmter Koeffizient, $I(i)$ der bei einer Strommesszeit t aufgenommene Strom, $I(i-1)$, der in einer vorhergehenden Messzeit aufgenommene Strom $i-1$ und $I_m(i-1)$ die berechnete Variation des gleitenden Durchschnitts des Stroms aus der vorhergehenden Messzeit $i-1$ ist.

[0018] Der stromvariationsgleitende Strommittelwert $I_m(i)$ wird dann dazu benutzt, um einen Stromänderungsindex I_c im Kasten **26** mit der Gleichung (2) zu bestimmen. Der Index I_c ist der Mittelwert des Absolutwertes des stromvariationsgleitenden Durchschnitts I_m über verschiedene aufeinander folgende Messzeiten

$$I_c(i) = b[I_c(i-1)] + (1-b)[|I_m(i)|] \quad (2),$$

wobei b eine vorbestimmte Konstante und $I_c(i-1)$ der gleitende Mittelwert des Absolutwertes der Variation des gleitenden Durchschnitts des Stroms I_m aus der letzten Messzeit $i-1$ darstellt. Es wird angemerkt, dass andere Arten von Normfunktionen als der Absolutwert ebenfalls in der Gleichung (2) angewendet werden können, beispielsweise:

$$I_c(i) = b[I_c(i-1)] + (1-b)[|I_m^2(i)|] \quad (3)$$

[0019] Der Algorithmus bestimmt dann, ob der Index I_c oberhalb eines vorbestimmten Schwellwertes in der Entscheidungsraute **28** ist und, sollte das der Fall sein, nimmt der Algorithmus dann einen rekursiven Least-Squares-Regressionsalgorithmus (RLS) hinzu, um den Batterieladezustand im Kasten **30** in bekannter Art zu bestimmen, wie es zum Beispiel in der oben erwähnten Patentanmeldung beschrieben wird. Die Batterieerlaufspannung V_{oc} wird mittels des RLS-Algorithmus berechnet und danach wird der Batterieladezustand aus einer Lookup-Tabelle bestimmt, die aus der Leerlaufspannung V_{oc} und der Batterietemperatur T basiert. Der RLS-Algorithmus, der hier erläutert wird, benutzt eine Regression der Klemmenspannung und des Stroms, um die Leerlaufspannung (OCV) und den Ohm'schen Widerstand R abzuschätzen, das heißt den Hochfrequenzwiderstand. Der Batterieladezustand wird dann aus der Leerlaufspannung mit der Lookup-Tabelle bestimmt. Die Leerlaufspannung und das Potential über den Ohm'schen Widerstand R werden von der Klemmenspannung subtrahiert. Die resultierende Spannung wird darüber hinaus weiteren Regressionsverfahren unterworfen, um andere Batterieparameter zu bekommen.

[0020] Wenn der gleitende Mittelwert I_c kleiner als der Schwellwert in der Entscheidungsraute **28** ist, beinhaltet der Batteriestrom nicht genug Anregung, um genug Information für den RLS-Algorithmus bereitzustellen oder für einen anderen Abschätzalgorithmus,

um genau die Leerlaufspannung V_{oc} abzuschätzen. In diesem Fall wird die Coulomb-Integration im Kasten **32** verwendet, um den Batterieladezustand auf bekannte Art und Weise zu bestimmen.

[0021] Die **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm eines Systems **40**, der bestimmt, ob der RLS-Algorithmus oder ein anderer Abschätzalgorithmus dazu in der Lage ist, einen genauen Batterieladezustand wie oben diskutiert anzugeben. Der gemessene Batteriestrom I wird auf der Leitung **42** an einen Kasten **44** überbracht, der die Variation des gleitenden Durchschnitts I_m mit der Gleichung (1) bestimmt. Der gemessene Strom I wird um eine Messzeit t im Kasten **46** verzögert und die Variation des gleitenden Durchschnitts des Stroms, die vorausgegangen war, $I_m(i - 1)$ wird an den Kasten **44** über den Verzögerungskasten **48** übermittelt. Der Ausgang des Kastens **44** wird im Kasten **52** mit der Konstanten a aus dem Kasten **50** multipliziert, was die Variation des gleitenden Mittelwerts I_m des Stroms für die Strommesszeit t ergibt.

[0022] Der Index I_c der Variation des gleitenden Mittelwerts I_m des Stroms wird dann mit der Gleichung (2) berechnet. Der Absolutwert der Variation des gleitenden Mittelwerts I_m des Stroms wird an den Kasten **56** übergeben. Die Konstante b wird vom Kasten **58** bereitgestellt und der Wert 1 wird vom Kasten **62** an den Kasten **60** übermittelt, so dass der Wert $(1 - b)$ bestimmt wird. Der Wert $(1 - b)$ wird mit dem Absolutwert der Variation des gleitenden Mittelwerts I_m des Stroms im Kasten **64** multipliziert und der verzögerte gleitende Mittelwert $I_m(i - 1)$ wird von der Verzögerungsbox **66** bereitgestellt und wird mit der Konstanten b im Kasten **68** multipliziert. Die zwei multiplizierten Werte aus den Kästen **64** und **68** werden dann im Kasten **70** addiert, um den Index I_c zu bekommen, der dann mit dem Schwellwert wie oben diskutiert verglichen wird.

[0023] Die vorherige Diskussion offenbart und beschreibt die vorliegende Erfindung rein beispielhaft. Ein Fachmann kann der Diskussion und aus den beigefügten Figuren und Patentansprüchen viele Änderungen, Modifikationen und Variationen erkennen, die gemacht werden können, ohne den Geist und den Bereich der vorliegenden Erfindung, wie er von den folgenden Patentansprüchen definiert wird, zu verlassen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 2009/0091299 [0006]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen, ob ein rekursives Least-Squares-Verfahren effektiv dazu benutzt werden kann, um einen Batterieladezustand (SOC) zu berechnen, wobei das Verfahren umfasst:

- Definieren einer Strommesszeit und einer vorhergehenden Messzeit;
- Messen eines Batteriestroms;
- Berechnen einer Stromvariation des gleitenden Strommittelwerts des gemessenen Stroms über aufeinander folgende Messzeiten;
- Berechnen eines Stromänderungsindex durch Mittelung einer Norm des gleitenden Mittelwerts der Stromvariation über aufeinanderfolgende Messzeiten;
- Bestimmen, ob der Stromänderungsindex größer als ein vorbestimmter Schwellwert ist; und
- Verwenden des rekursiven Least-Squares-Verfahrens, um den Batterieladezustand abzuschätzen, falls der Stromänderungsindex größer als der Schwellwert ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Berechnen des gleitenden Mittelwerts der gemessenen Stromvariation die folgende Gleichung benutzt:

$$I_m(i) = a[I_m(i-1)] + I(i) - I(i-1)$$

wobei I_m die Variation des gleitenden Mittelwerts, a ein vorgestimmter Koeffizient, $I(i)$ der gemessene Strom bei der Strommesszeit, $I(i-1)$ der gemessene Strom bei der vorherigen Messzeit $i-1$ und $I_m(i-1)$ die berechnete Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms aus der vorhergehenden Messzeit ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Berechnen des Stromänderungsindex die folgende Gleichung benutzt:

$$I_c(i) = b[I_c(i-1)] + (1-b)[I_m(i)]$$

wobei I_c der Stromänderungsindex als der gleitende Mittelwert des Absolutwerts der Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms, b ein vorbestimmter Koeffizient und I_m die Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms ist.

4. Verfahren nach Anspruch 1, des weiteren umfassend die Verwendung eines Coulomb-Integrationsverfahrens zur Bestimmung des Batterieladezustands, falls der gleitende Mittelwert der Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms kleiner als der Schwellwert ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Batterie eine Fahrzeugbatterie ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Fahrzeugbatterie eine Lithium-Ionen-Batterie ist.

7. Ein System zum Bestimmen, ob ein rekursives Least-Squares-Regressionsverfahren effektiv verwendet werden kann, um einen Batterieladezustand zu berechnen, wobei das System umfasst:

- Mittel zum Definieren einer Strommesszeit und einer vorhergehenden Messzeit;
- Mittel zum Messen eines Batteriestroms;
- Mittel zum Berechnen einer Variation des gleitenden Strommittelwerts des gemessenen Stroms über aufeinander folgende Messzeiten;
- Mittel zum Berechnen eines Stromänderungsindex durch Mitteln einer Norm des gleitenden Mittelwerts der Stromvariation über aufeinander folgende Messzeiten;
- Mittel zum Bestimmen, ob der Stromänderungsindex größer als ein vorbestimmter Schwellwert ist; und
- Mittel zum Verwenden des rekursiven Least-Squares-Verfahrens, um den Batterieladezustand abzuschätzen, falls der Stromänderungsindex größer als der Schwellwert ist.

8. System nach Anspruch 7, wobei die Mittel zum Berechnen der Variation des gleitenden Mittelwerts des gemessenen Stroms die folgende Gleichung verwenden:

$$I_m(i) = a[I_m(i-1)] + I(i) - I(i-1),$$

wobei I_m die Variation des gleitenden Mittelwerts ist, a ein vorbestimmter Koeffizient ist, $I(i)$ der gemessene Strom bei der Strommesszeit ist, $I(i-1)$ der gemessene Strom aus der vorherigen Messzeit $i-1$ und $I_m(i-1)$ die berechnete Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms von der vorherigen Messzeit ist.

9. System nach Anspruch 7, wobei die Mittel zum Berechnen des gleitenden Mittelwerts die folgende Gleichung verwenden:

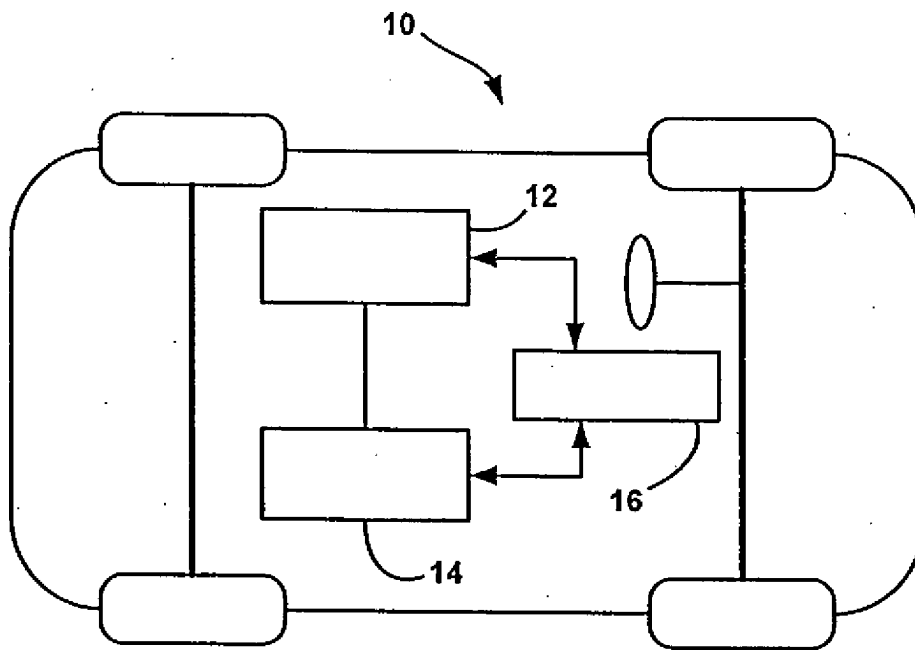
$$I_c(i) = b[I_c(i-1)] + (1-b)[I_m(i)]$$

wobei I_c der gleitende Mittelwert der Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms ist, b ein vorbestimmter Koeffizient und I_m die Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms ist.

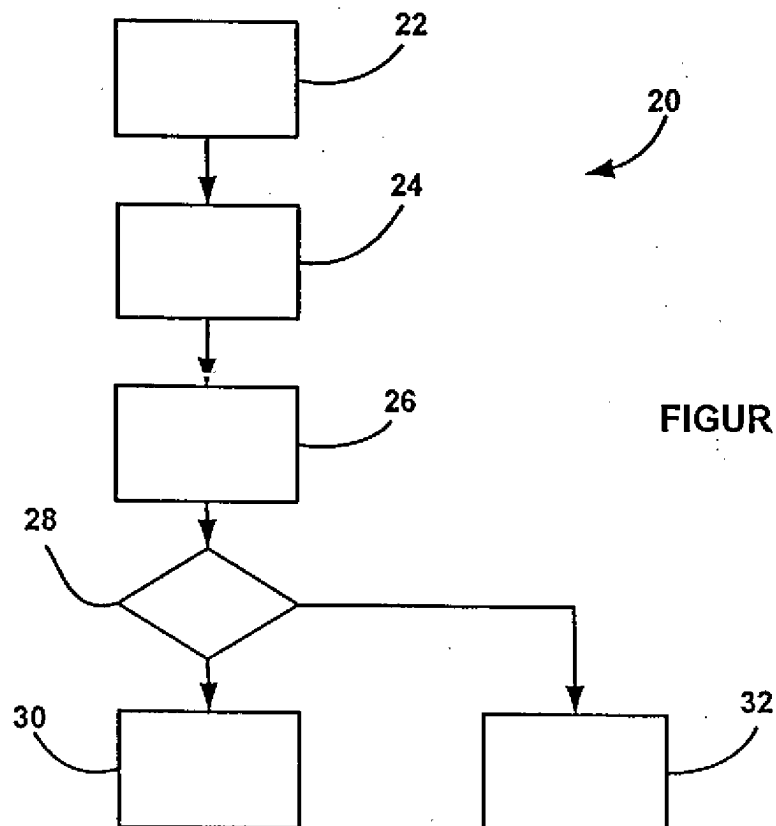
10. System nach Anspruch 7, des weiteren umfassend Mittel zum Verwenden eines Coulomb-Integrationsverfahrens, um den Batterieladezustand zu bestimmen, falls der gleitende Mittelwert der Variation des gleitenden Mittelwerts des Stroms kleiner als der Schwellwert ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

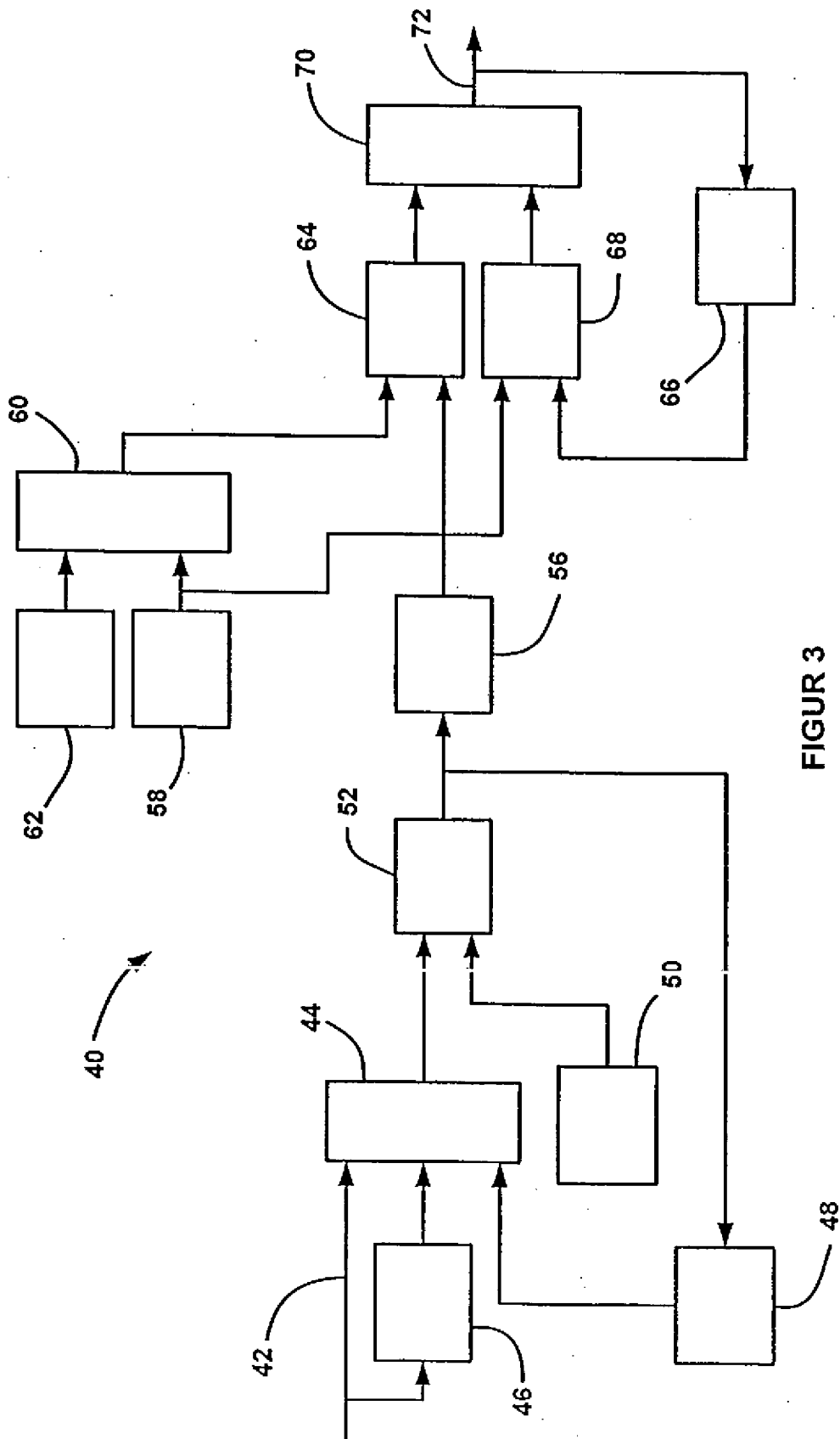
Anhängende Zeichnungen



FIGUR 1



FIGUR 2



FIGUR 3