

(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
18. Oktober 2012 (18.10.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/139675 A2

- (51) **Internationale Patentklassifikation:** Nicht klassifiziert
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2012/000361
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
27. Januar 2012 (27.01.2012)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2011 016 785.4
12. April 2011 (12.04.2011) DE
10 2011 108 231.3 22. Juli 2011 (22.07.2011) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US):** AUDI AG [DE/DE]; 85045 Ingolstadt (DE).
- (72) **Erfinder; und**
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US):** WINKLER, Josef [DE/DE]; Altmühlstr. 3, 85110 Kipfenberg (DE).
- (74) **Anwalt:** BRANDT, Kai; Audi AG, Patentabteilung, 85045 Ingolstadt (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart):** AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

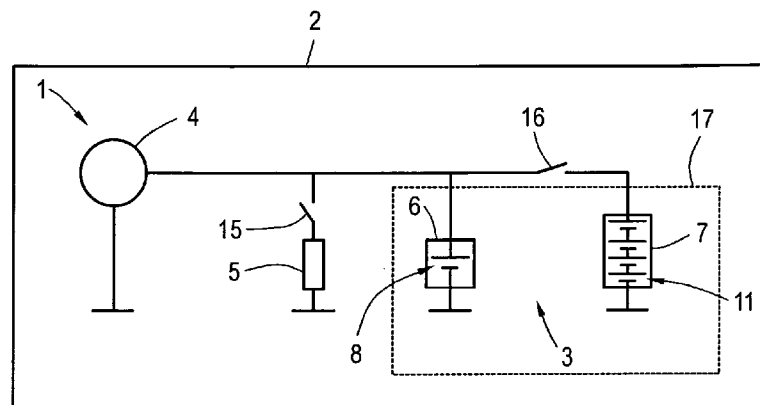
Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)

(54) **Title:** ENERGY STORAGE ARRANGEMENT

(54) **Bezeichnung:** ENERGIESPEICHERANORDNUNG

FIG. 1



(57) **Abstract:** Energy storage arrangement, comprising at least two rechargeable energy stores connected in parallel, a first energy store comprising a plurality of lead-based storage elements, and a second energy store (7) comprising a plurality of lithium-based storage elements (11). Between charge state limits of 0 to 100 % a charge state interval is achieved in which the nominal voltage (12, 13, 14, 21) of the second energy store (7) is in a range between the maximum charging voltage (9) and the nominal voltage (10) of the first energy store (6).

(57) **Zusammenfassung:** Energiespeicheranordnung, umfassend wenigstens zwei parallel geschaltete wiederaufladbare

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/139675 A2

Energiespeicher, wobei ein erster Energiespeicher mehrere auf Blei basierende Speicherelemente umfasst, wobei dass ein zweiter Energiespeicher (7) mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente (11) umfasst, wobei zwischen Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % ein Ladezustandsintervall gegeben ist, in dem die Nennspannung (12, 13, 14, 21) des zweiten Energiespeichers (7) in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (9) und der Nennspannung (10) des ersten Energiespeichers (6) liegt.

Energiespeicheranordnung

Die Erfindung betrifft eine Energiespeicheranordnung, umfassend wenigstens zwei parallel geschaltete wiederaufladbare Energiespeicher, wobei ein erster Energiespeicher mehrere auf Blei basierende Speicherelemente umfasst.

In modernen Kraftfahrzeugen sind regelmäßig Energiespeicheranordnungen mit mehreren parallel geschalteten wiederaufladbaren Energiespeichern vorgesehen, wobei üblicherweise ein erster Energiespeicher eine Bleibatterie in Form mehrerer auf Blei basierender auch als Zellen zu bezeichnender Speicherelemente umfasst. Ein hierzu parallel geschalteter zweiter Energiespeicher kann etwa in Form eines Kondensators vorliegen, welcher die beispielsweise beim Anlassen des Kraftfahrzeugs erforderlichen hohen Ströme erzeugt. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn aufgrund eines geringen Ladestands des ersten Energiespeichers die hohen Stromstärken allein durch diesen nicht bereitgestellt werden können.

Grundsätzlich problematisch bei auf Blei basierenden Energiespeichern ist der Spannungsabfall sobald ein Generator bzw. Ladegerät vom Netz genommen bzw. abgeschaltet wird. Der Spannungsabfall kann bei einer üblicherweise in einem Kraftfahrzeug verbauten Bleibatterie von einer Ladenspannung von ca. 14 Volt während des Ladevorgangs auf eine Nennspannung von ca. 12 Volt bei Wegnahme des Ladestroms betragen. Gleichermassen ist es bei auf Blei basierenden Energiespeichern nachteilhaft, dass diese eine vergleichsweise geringe Zyklenfestigkeit aufweisen, das heißt dass mit diesen nur eine vergleichsweise geringe Anzahl an Lade- bzw. Entladezyklen durchführbar ist. Beide Aspekte wirken sich insgesamt negativ auf die Leistungsfähigkeit einer einen auf Blei basierenden Energiespeicher aufweisenden Energiespeicheranordnung aus. Diese Probleme sind gleichermaßen bei

Fahrzeugen mit einem 24 Volt-Bordnetz gegeben, z. B. bei LKWs oder Bussen.

Der vorliegenden Erfindung liegt insofern das Problem zugrunde, eine verbesserte Energiespeicheranordnung anzugeben.

Das Problem wird erfindungsgemäß durch eine Energiespeicheranordnung der eingangs genannten Art gelöst, welche sich dadurch auszeichnet, dass ein zweiter Energiespeicher mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente umfasst, wobei zwischen Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % ein Ladezustandsintervall gegeben ist, in dem die Nennspannung des zweiten Energiespeichers in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung und der Nennspannung des ersten Energiespeichers liegt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, einem ersten auf Blei basierenden Energiespeicher einen zweiten, mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente umfassenden Energiespeicher parallel zu schalten. Dabei überkommt die Erfindung die in Wissenschaft und Technik regelmäßig als nachteilhaft beschriebene Parallelschaltung zweier unterschiedlicher Energiespeichertypen. Die Auswahl des zweiten Energiespeichers erfolgt erfindungsgemäß derart, dass dieser in einem durch die Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % definierten Ladezustandsintervall (des zweiten Energiespeichers) eine Nennspannung aufweist, die zwischen der maximalen Ladespannung und der Nennspannung des ersten Energiespeichers liegt.

Die Energiespeicheranordnung bildet bevorzugt einen Teil eines Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs, wobei das Bordnetz wenigstens einen Generator, insbesondere zum Laden des ersten und des zweiten sowie gegebenenfalls weiterer Energiespeicher, und wenigstens einen elektrischen Strom verbrauchenden Verbraucher umfasst. Wenngleich die Energiespeicheranordnung selbstverständlich auch in anderen Bereichen der Technik einsetzbar ist, beschränken sich die nachfolgenden Ausführungen im Wesentlichen auf die Anordnung der Energiespeicheranordnung in einem Kraftfahrzeug.

Mithin wird erfindungsgemäß dem ersten, eine vergleichsweise geringe Zyklendifestigkeit, welche ein Maß für die Anzahl an möglichen Lade-/Entladevorgängen des Energiespeichers angibt, aufweisenden Energiespeicher ein zweiter Energiespeicher mit einer vergleichsweise hohen Zyklendifestigkeit parallel geschaltet. Im Betrieb des Kraftfahrzeugs werden die an einem Bordnetz des Kraftfahrzeugs angeschlossenen elektrischen Verbraucher vornehmlich über den zweiten Energiespeicher gespeist. Der erste Energiespeicher dient vornehmlich dem Anlassen des Kraftfahrzeugs respektive einem diesem zugehörigen Antriebsaggregat.

Derart ist insbesondere in Zugphasen des Kraftfahrzeugs, das heißt in Fahrzuständen, in denen der ebenfalls einen Teil des Bordnetzes darstellende wenigstens eine elektrische Energie erzeugende Generator nur eine reduzierte Spannung erzeugt, ein Entladen des auf Blei basierenden ersten Energiespeichers weitestgehend verhindert, da in diesen Fällen, die jeweils erforderliche Energiemenge über den auf Lithium basierenden zweiten Energiespeicher bereitgestellt wird. Dies bedingt sich durch die im Vergleich höhere Nennspannung des zweiten Energiespeichers in diesen Fällen.

In Schubphasen des Kraftfahrzeugs, das heißt in Fahrzuständen, in denen der Generator eine erhöhte Spannung erzeugt, kann der Lithium-Energiespeicher stärker geladen werden als der Bleienergiespeicher, der in einem höheren Ladezustand ist und deshalb weniger Strom aufnimmt. Selbstverständlich ist eine geeignete Steuereinrichtung vorgesehen, welche beispielsweise sicherstellen kann, dass der erste Energiespeicher einen vorgebbaren oder vorgegebenen Mindestladezustand, beispielsweise von 80 %, nicht unterschreitet.

Die erfindungsgemäße Energiespeicheranordnung gewährleistet derart eine, insbesondere absolut betrachtet, längere Einsatzdauer des ersten Energiespeichers. Dies wird an folgendem beispielhaften Vergleich deutlich.

Typischerweise beträgt die Lebensdauer eines auf Blei basierenden Energiespeichers in etwa dem 300-fachen seiner Kapazität, während die Lebens-

dauer eines auf Lithium basierenden Energiespeichers mindestens dem 3000-fachen seiner Kapazität entspricht. Bei kleinen Entladezyklen kann die Lebensdauer eines auf Lithium basierenden Energiespeichers bis zu dem 20000-fachen der Kapazität entsprechen.

In einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung beträgt die maximale Ladespannung des ersten Energiespeichers ca. 15 Volt und die Nennspannung des ersten Energiespeichers ca. 12 Volt, sodass die Nennspannung des zweiten Energiespeichers in Ladezustandsgrenzen zwischen 0 und 100 % bereichsweise zwischen ca. 12 Volt und ca. 15 Volt liegt. Diese Spannungen gelten für Kraftfahrzeuge mit 12 Volt-Bordnetz. Für Fahrzeuge mit 24 Volt-Bordnetz beträgt die Ladespannung des ersten Energiespeichers ca. 30 Volt und seine Nennspannung ca. 24 Volt.

Die oben genannten Ladezustandsintervalle können innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 bis 100 % auch enger gefasst sein, sodass ein Ladezustandsintervall innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 bis 100 % auch zwischen 20 und 80 %, bevorzugt zwischen 40 und 60 %, besonders bevorzugt zwischen 45 und 55 %, liegen kann. Insbesondere sollte bei einem Ladezustand des zweiten Energiespeichers von 50 % dessen Nennspannung in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung und der Nennspannung des ersten Energiespeichers liegen. Mithin beträgt für den beispielhaften Fall einer maximalen Ladespannung des ersten Energiespeichers von ca. 15 Volt und einer Nennspannung des ersten Energiespeichers von ca. 12 Volt die Nennspannung des zweiten Energiespeichers beispielsweise in Ladezustandsgrenzen zwischen 45 und 55 % zwischen ca. 12 Volt und ca. 15 Volt. Entsprechendes mit angepassten Spannungswerten gilt im Falle eines 24 Volt-Bordnetzes.

Die den zweiten Energiespeicher bildenden Speicherelemente sind bevorzugt in Serie geschaltet. Serienschaltungen gleichartiger Speicherelemente sind weitestgehend bekannt. Derart ist es möglich, die Spannung des zweiten Energiespeichers in Abhängigkeit der Anzahl an in Serie geschalteten Speicherelementen auf nahezu beliebig hohe Werte einzustellen. Üblicher-

weise addieren sich die den einzelnen Speicherelementen zugehörigen Nennspannungen auf, sodass der zweite Energiespeicher eine der Summe der einzelnen Nennspannungen der jeweiligen Speicherelemente entsprechende Nennspannung aufweist.

Nachfolgend wird eine beispielhafte Aufzählung verschiedener Ausführungsformen des zweiten Energiespeichers gegeben. Die Aufzählung ist nicht abschließend.

Der zweite Energiespeicher kann demnach bei einer Auslegung für ein 12 Volt-Bordnetz umfassen: 6 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat, oder 4 Speicherelemente basierend auf Lithium, oder 3 Speicherelemente basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung, oder 4 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement basierend auf Lithium, oder 3 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat und 2 Speicherelemente basierend auf Lithium, oder 3 Speicherelemente basierend auf Titanat und 2 Speicherelemente basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung, oder 2 Speicherelemente basierend auf Lithium und 2 Speicherelemente basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung, oder 3 Speicherelemente basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat.

Im Falle einer Auslegung des zweiten Energiespeichers für ein 24 Volt-Bordnetz verdoppelt sich die jeweilige Anzahl der oben angegebenen Speicherelemente, wobei die Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Elementtypen gleich bleiben.

Eine weitere, insbesondere für Bordnetze von 24 Volt geeignete, Ausführungsform des zweiten Energiespeichers kann umfassen: 7 Speicherelemente basierend auf Lithium, oder 7 Speicherelemente basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat, oder 6 Speicherelemente basierend auf Lithium und 2 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat, oder 11 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat.

Es ist ferner denkbar, dass der zweite Energiespeicher zusätzlich zu den mehreren auf Lithium basierenden Speicherelementen wenigstens einen Kondensator, insbesondere einen Doppelschichtkondensator, umfasst. Doppelschichtkondensatoren umfassen zwei Elektroden, zwischen welchen sich ein elektrisch leitfähiger Elektrolyt befindet. Nach Anlegen einer elektrischen Spannung sammeln sich an den Elektroden Ionen des Elektrolyten umgekehrter Polarität. Es bildet sich eine Ladungsträgerschicht aus unbeweglichen Ladungsträgern. Die Elektroden mit der Ladungsträgerschicht als Dielektrikum verhalten sich wie zwei Kondensatoren, die über den Elektrolyten in Serie geschaltet sind. Sie speichern die Energie im Gegensatz zu elektrochemischen Energiespeichern elektrostatisch. Doppelschichtkondensatoren weisen in der Regel kleine Innenwiderstände und eine hohe Anzahl an möglichen Lade- bzw. Entladezyklen auf.

Vorteilhaft ist der Kondensator im Sinne eines weiteren Speicherelements zu dem mehreren auf Lithium basierenden Speicherelementen in Serie geschaltet. Derart kann die Nennspannung des zweiten Energiespeichers weiter erhöht werden. Selbstverständlich ist es auch denkbar, den Speicherelementen des zweiten Energiespeichers mehr als einen Kondensator in Serie nachzuschalten.

Sofern der zweite Energiespeicher wenigstens einen in Serie zu den auf Lithium basierenden Speicherelementen geschalteten Kondensator umfasst, sind die folgenden beispielhaften Ausführungsformen des zweiten Energiespeichers bevorzugt. Der zweite Energiespeicher für eine 12 Volt-Bordnetzauslegung umfasst demnach vorteilhaft: 5 Speicherelemente basierend auf Lithium-Titanat und 1 Kondensator, insbesondere einen Doppelschichtkondensator, oder 4 Speicherelemente basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung und 1 Kondensator, insbesondere einen Doppelschichtkondensator. Auch hier verdoppelt sich die jeweilige Elementanzahl, wenn der zweite Energiespeicher für das 24 Volt-Bordnetz ausgelegt wird.

Es ist zweckmäßig, wenn zwischen dem ersten und dem zweiten Energiespeicher eine Diode, insbesondere eine Quasidiode, geschaltet ist. Die Durchlass-

richtung der Diode ist bevorzugt in Richtung des zweiten Energiespeichers, das heißt über den ersten Energiespeicher kann Energie (Strom) in Richtung des zweiten Energiespeichers fließen. Entsprechend lässt die Diode keinen Energiefluss (Stromfluss) von dem zweiten auf Lithium basierenden Energiespeicher in Richtung des ersten auf Blei basierenden Energiespeichers zu (Sperrrichtung der Diode). In bestimmten Schaltanordnungen bzw. Situationen kann es vorgesehen sein, die Diode zu überbrücken und derart einen Energiefluss (Stromfluss) auch in Richtung des ersten Energiespeichers zu ermöglichen. Dies gilt insbesondere für einen Erst- oder Notstart eines Kraftfahrzeugs.

Es ist zudem zweckmäßig, wenn zwischen dem ersten und dem zweiten Energiespeicher ein elektrisches Schaltmittel, insbesondere ein Sicherheitschalter, geschaltet ist. Das elektrische Schaltmittel dient beispielsweise einem Überspannungsschutz und/oder Unterspannungsschutz und/oder Temperaturschutz. Das elektrische Schaltmittel kann etwa in Form eines Fehlerstromschutzschalters vorliegen. Es ist denkbar, dass das elektrische Schaltmittel über eine geeignete, mit diesem verbundene Steuereinrichtung schaltbar ist.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen:

- Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 2 eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung;
- Fig. 3 eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung;

- Fig. 4 ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC verschiedener erfindungsgemäßer Ausführungsformen eines zweiten Energiespeichers;
- Fig. 5 ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen zweiten Energiespeichers für unterschiedliche Lade- und Entladezustände;
- Fig. 6 ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC verschiedener erfindungsgemäßer Ausführungsformen eines zweiten Energiespeichers;
- Fig. 7 ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen zweiten Energiespeichers für unterschiedliche Lade- und Entladezustände; und
- Fig. 8 - 11 weitere Diagramme zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC weiterer beispielhafter Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen zweiten Energiespeichers für unterschiedliche Lade- und Entladezustände.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes 1 eines Kraftfahrzeugs 2 gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung. Dem Bordnetz 1 ist eine Energiespeicheranordnung 3, ein Generator 4 und wenigstens ein im Betrieb elektrischen Strom verbrauchender Verbraucher 5, beispielsweise in Form einer Klimaanlage, zugehörig. Der Verbraucher 5 ist über einen Schalter 15 vom Bordnetz 2 trennbar. Die Energiespeicheranordnung 3 umfasst zwei parallel geschaltete wiederaufladbare Energiespeicher 6, 7. Die elektrische Verbindung der Energiespeicher 6, 7 ist über einen elektrischen Schalter 16 trennbar. Der Schalter 16 übernimmt Sicherheitsfunktionen wie insbesondere Überspannungsschutz, Unterspannungsschutz bzw. Temperaturschutz. Die Netzspannung des Bordnetzes 1 beträgt ca. 13,5 bis 15,5 Volt.

Der erste Energiespeicher liegt als Bleibatterie vor und ist entsprechend aus mehreren in Serie geschalteten auf Blei basierenden Speicherelementen 8 (Zellen) gebildet. Die maximale Ladespannung des ersten Energiespeichers 6 beträgt ca. 15 Volt (vgl. Fig. 4, Gerade 9), die Nennspannung des ersten Energiespeichers 6 beträgt ca. 12 Volt (vgl. Fig. 4, Gerade 10). Der zweite Energiespeicher 7 liegt als Lithium Batterie vor und ist beispielsweise aus vier in Serie geschalteten auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 bzw. Zellen gebildet. Die Nennspannung des aus vier in Serie geschalteten auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 (vgl. Fig. 4, Linie 12) gebildeten zweiten Energiespeichers 7 liegt in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des zweiten Energiespeichers 7 zwischen 5 und 90 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 4, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6.

Der zweite Energiespeicher 7 könnte gleichermaßen auch aus sechs in Serie geschalteten Speicherelementen 11 aus Lithium-Titanat gebildet sein (vgl. Fig. 4, Linie 13). In diesem Fall läge die Nennspannung des zweiten Energiespeichers 7 in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des zweiten Energiespeichers 7 zwischen 20 und 65 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 4, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6. Die Verwendung von auf Lithium-Titanat basierenden Speicherelementen 11 ist im Hinblick auf die Sicherheit des zweiten Energiespeichers 7 vorteilhaft, da diese insbesondere eine vergleichsweise hohe thermische Stabilität aufweisen.

Es ist ebenso denkbar, den zweiten Energiespeicher 7 aus drei in Serie geschalteten auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 und einem dazu in Serie geschalteten auf Lithium-Titanat basierenden Speicherelement 11 zu bilden (vgl. Fig. 4, Linie 14). In diesem Fall läge die Nennspannung des zweiten Energiespeichers 7 in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des zweiten Energiespeichers 7

zwischen 40 und 100 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 4, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6.

Es sind demnach zahlreiche unterschiedliche Ausgestaltungen des zweiten Energiespeichers 7 möglich. Diesen ist gemein, dass deren Nennspannung in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall von wenigstens 40 bis 60 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 4, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6 liegt. Grundsätzlich ist in dem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden jeweiligen Ladezustandsintervall ein möglichst flach ansteigender Verlauf der Nennspannung des zweiten Energiespeichers 7 angestrebt, das heißt, die Nennspannung des zweiten Energiespeichers 7 soll grundsätzlich über ein weites Ladezustandsintervall zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 4, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6 liegen.

Wie durch den gestrichelten Kasten 17 angedeutet, ist es möglich, die Energiespeicheranordnung 3, das heißt den ersten und den zweiten Energiespeicher 6, 7, in einem gemeinsamen Gehäuse anzuordnen. Derart ist eine besonders kompakte, gut handhabbare sowie gewichtsreduzierte Ausführung der Energiespeicheranordnung 3 gegeben.

Grundsätzlich dient der erste Energiespeicher 6 vornehmlich dem Anlassen des Kraftfahrzeugs 1, da hier regelmäßig hohe Ströme notwendig sind. Aufgrund der im Vergleich zu dem ersten Energiespeicher 6 hohen Zyklenfestigkeit des zweiten Energiespeichers 7, das heißt der zweite Energiespeicher 7 kann häufiger ge- und entladen werden, wird dieser insbesondere für den Rekuperationsbetrieb des Kraftfahrzeugs 1 respektive des Generators 4 vorgesehen. Auch in einem so genannten Start-Stopp-Modus bzw. einem Nachlauf-Modus des Kraftfahrzeugs 1 wird vornehmlich der zweite Energiespeicher 7 verwendet. Gegebenenfalls ist eine Steuereinrichtung vorgesehen, die die Zu- bzw. Abschaltung der Energiespeicher 6, 7 vom Bordnetz 1 steuert.

Die erfindungsgemäße Energiespeicheanordnung 3 bietet zudem eine bessere Fahrzeugbeschleunigung, da der zweite Energiespeicher 7 bei geringer Spannungsreduzierung des Generators 4 die Versorgung des Bordnetzes 1 übernimmt.

Fig. 2 zeigt eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes 1 eines Kraftfahrzeugs 2 gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der Erfindung. Der wesentliche Unterschied zu der in Fig. 1 gezeigten Ausführungsform besteht in der zwischen den ersten Energiespeicher 6 und den zweiten Energiespeicher 7 geschalteten Diode 18, welche insbesondere in Form einer Quasidiode vorliegt. Die Durchlassrichtung der Diode 18 zeigt in Richtung des zweiten Energiespeichers 7. Die Diode 18 kann für den Erst- oder einen Notstart des Kraftfahrzeugs überbrückt werden. In diesem Fall kann somit zusätzlich auch Leistung des zweiten Energiespeichers 7 zum Anlassen des Kraftfahrzeugs 1 zur Verfügung gestellt werden.

Der gestrichelte Kasten 19 zeigt die Möglichkeit, die Diode 18, den Schalter 16 sowie den zweiten Energiespeicher 7 in ein gemeinsames Gehäuse zu integrieren. Denkbar ist es auch, nur den Schalter 15 und die Diode 18 in ein gemeinsames Gehäuse zu integrieren.

Fig. 3 zeigt eine Prinzipdarstellung eines Bordnetzes 1 eines Kraftfahrzeugs gemäß einer weiteren beispielhaften Ausführungsform der Erfindung. Der wesentliche Unterschied zu den in den Fig. 1, 2 gezeigten Ausführungsformen besteht in der Ausgestaltung des zweiten Energiespeichers 7, welcher hier zusätzlich zu drei auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 wenigstens einen Kondensator 20 umfasst. Ersichtlich ist der Kondensator 20 zu den Speicherelementen 11 in Serie geschaltet. Entsprechend kann die elektrische Kapazität des zweiten Energiespeichers 7 erhöht werden. Der Kondensator 20 ist vorteilhaft ein Doppelschichtkondensator. Die Nennspannung des Kondensators 20 liegt beispielsweise bei etwa 3 Volt.

Eine Serienschaltung von auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 und einem Kondensator kann beispielsweise auch durch fünf auf Lithium-Titanat basierenden Speicherelementen 11 und einem Doppelschichtkondensator gebildet sein (vgl. Fig. 4, Linie 21). In diesem Fall läge die Nennspannung des zweiten Energiespeichers 7 in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall des zweiten Energiespeichers 7 zwischen 15 und 85 % in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 4, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6.

Fig. 5 zeigt ein Diagramm zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC (von Englisch state of charge) einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäßen zweiten Energiespeichers 7, basierend auf 6 in Serie geschalteten auf Lithium-Titanat basierenden Speicherelementen 11 für unterschiedliche Lade- bzw. Entladezustände. Hieraus ist ersichtlich, dass es angestrebt ist, dass der zweite Energiespeicher 7 einen möglichst mittig zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 5, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 5, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6 liegenden Verlauf (vgl. Fig. 5, Linie 22) aufweist, da in diesem Fall der Verlauf der Nennspannung des zweiten Energiespeichers 7 sowohl in einem Ladezustand (vgl. Fig. 5, Linie 23) als auch in einem Entladezustand (vgl. Fig. 5, Linie 24), über ein möglichst breites Ladezustandsintervall zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 5, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 5, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6 liegt.

Die in den Fig. 6, 7 gezeigten Diagramme entsprechen im Wesentlichen den in den Fig. 4, 5 Gezeigten, allerdings liegt hier die Nennspannung des ersten Energiespeichers 6 jeweils bei ca. 12 V (vgl. Fig. 6, 7 Linie 10). Zusätzlich ist jeweils eine die minimale Betriebsspannung des ersten Energiespeichers 6 betreffende Gerade 37 dargestellt, welche beispielsweise bei ca. 13 V liegt. Ersichtlich liegt die Nennspannung der unterschiedlichen Ausführungsformen des zweiten Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 4, Linien 12, 13, 14, 21) in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % liegenden Ladezustandsintervall zwischen 0 bzw. 10 und 100 % in einem Bereich zwischen

der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 4, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 6, 7, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6 und in einem innerhalb der Ladezustandsgrenzen von 0 – 100 % liegenden Ladezustandsintervall zwischen 15 und 100 % zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 6, 7, Gerade 10) und der minimalen Betriebsspannung (vgl. Fig. 6, 7, Gerade 37) des ersten Energiespeichers 6. Gleiches gilt für die jeweiligen Lade- bzw. Entladezustände (vgl. Fig. 7, Linien 23, 24) des zweiten Energiespeichers 7.

Die Fig. 8 – 11 zeigen Diagramme zum Verlauf der Batteriespannung U gegen den Ladezustand SOC weiterer beispielhafter Ausführungsformen eines erfindungsgemäßen zweiten Energiespeichers 7 für unterschiedliche Lade- und Entladezustände. Die in den Fig. 6 – 9 gezeigten Ausführungsformen des zweiten Energiespeichers 7 eignen sich insbesondere für eine Verwendung der erfindungsgemäßen Energiespeicheranordnung 3 als Teil eines 24 Volt-Bordnetzes 1 eines Kraftfahrzeugs 2. Auch in den Fig. 8 – 11 betrifft die Gerade 9 die maximale Ladespannung des ersten Energiespeichers 6, die Gerade 10 die Nennspannung des ersten Energiespeichers 6 und die Gerade 37 die minimale Betriebsspannung des ersten Energiespeichers 6.

Bei der in Fig. 8 gezeigten Ausführungsform handelt es sich um einen aus 7 auf Lithium basierenden, in Serie geschalteten Speicherelementen 11 gebildeten zweiten Energiespeicher 7. Der Verlauf der Nennspannung (vgl. Fig. 8, Linie 25) des zweiten Energiespeichers 7 liegt in einem Ladezustandsintervall von ca. 65 bis 100 % zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 8, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 8, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6. Gleiches gilt bei einem Ladevorgang des zweiten Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 8, Linie 26) und einem Entladevorgang des zweiten Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 8, Linie 27).

Bei der in Fig. 9 gezeigten Ausführungsform handelt es sich um einen aus 6 auf Lithium basierenden und 2 auf Lithium-Titanat basierenden Speicherelementen 11, welche Speicherelemente 11 wiederum in Serie geschaltet sind, gebildeten zweiten Energiespeicher 7. Die Nennspannung (vgl. Fig. 9, Linie

28) eines derart aufgebauten zweiten Energiespeichers 7 als auch seine Nennspannung bei einem Ladevorgang (vgl. Fig. 9, Linie 29) sowie bei einem Entladevorgang (vgl. Fig. 9, Linie 30) liegt für ein Ladezustandsintervall von ca. 50 bis 90 % zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 9, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 9, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6.

Ähnliches gilt auch betreffend die in Fig. 10 gezeigte Ausführungsform eines zweiten Energiespeichers 7, welcher aus 7 auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 und 1 auf Lithium-Titanat basierendem Speicherelement 11 gebildet ist. Wiederum sind die den zweiten Energiespeicher 7 bildenden Speicherelemente 11 in Serie geschaltet. Hier beginnt das Ladezustandsintervall, in dem die Nennspannung (vgl. Fig. 10, Linie 31) im Allgemeinen als auch bei einem Ladevorgang (vgl. Fig. 10, Linie 32) sowie bei einem Entladevorgang (vgl. Fig. 10, Linie 33) zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 10, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 10, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6 liegt, bereits bei einem Ladezustand von 20 % und endet bei einem Ladezustand von ca. 80 %. Im Ladebetrieb des zweiten Energiespeichers 7 endet das Ladezustandsintervall bereits bei ca. 65 %.

Schließlich zeigt Fig. 11 eine Ausführungsform eines aus 11 in Serie geschalteten, jeweils auf Lithium basierenden Speicherelementen 11 gebildeten zweiten Energiespeichers 7. Auch dessen Nennspannung (vgl. Fig. 11, Linie 34) verläuft in einem Ladezustandsintervall von ca. 55 bis 100 % zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 11, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 11, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6. Gleiches gilt bei einem Ladevorgang (vgl. Fig. 11, Linie 35) und einem Entladevorgang (vgl. Fig. 11, Linie 36). Insbesondere die Kurve für den Ladevorgang zeigt dabei zweckmäßigerweise über ein Ladezustandsintervall von ca. 20 bis 100 % einen flach ansteigenden Verlauf zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 11, Gerade 9) und der Nennspannung (vgl. Fig. 11, Gerade 10) des ersten Energiespeichers 6.

Ersichtlich liegen die Nennspannungen des zweiten Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 8, Linie 25, Fig. 9, Linie 28, Fig. 10, Linie 31, Fig. 11, Linie 34) innerhalb des durch Ladezustandsgrenzen von 0 bis 100 % liegenden Ladezustandsintervallen von wenigstens ca. 60 bis 100 % (vgl. Fig. 8, Linie 25) bis zu Ladezustandsintervallen von ca. 15 bis 100 % (vgl. Fig. 10, Linie 31) auch zwischen der maximalen Ladespannung (vgl. Fig. 8 - 11, Linie 9) und der minimalen Betriebsspannung (vgl. Fig. 8 - 11, Linie 37) des ersten Energiespeichers 6. Analoges gilt für Lade- bzw. Entladevorgänge der in den Fig. 6 - 9 gezeigten Ausführungsformen des zweiten Energiespeichers 7 (vgl. Fig. 8, Linien 26, 27, Fig. 9, Linien 29, 30, Fig. 10, Linien 32, 33 und Fig. 11, Linien 35, 36).

PATENTANSPRÜCHE

1. Energiespeicheranordnung, umfassend wenigstens zwei parallel geschaltete wiederaufladbare Energiespeicher, wobei ein erster Energiespeicher mehrere auf Blei basierende Speicherelemente umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Energiespeicher (7) mehrere auf Lithium basierende Speicherelemente (11) umfasst, wobei zwischen Ladezustandsgrenzen von 0 und 100 % ein Ladezustandsintervall gegeben ist, in dem die Nennspannung (12, 13, 14, 21, 25, 28, 31, 34) des zweiten Energiespeichers (7) in einem Bereich zwischen der maximalen Ladespannung (9) und der Nennspannung (10) des ersten Energiespeichers (6) liegt.
2. Energiespeicheranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ladezustandsintervalle zwischen Ladezuständen von 20 und 80 %, bevorzugt zwischen 40 und 60 %, besonders bevorzugt zwischen 45 und 55 %, liegen.
3. Energiespeicheranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die den zweiten Energiespeicher (7) bildenden Speicherelemente (11) in Serie geschaltet sind.
4. Energiespeicheranordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Energiespeicher (7) wenigstens umfasst: 6 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium-Titanat, oder 4 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium, oder 3 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium und 1 Speicherelement (11) basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung, oder 4 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium-Titanat und 1 Speicherelement (11) basierend auf Lithium, oder 3 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium-Titanat und 2 Speicher-

elemente (11) basierend auf Lithium, oder 3 Speicherelemente (11) basierend auf Titanat und 2 Speicherelemente (11) basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung, oder 2 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium und 2 Speicherelemente (11) basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung, oder 3 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium und 1 Speicherelement basierend auf Lithium-Titanat.

5. Energiespeicheranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Energiespeicher (7) wenigstens umfasst: 7 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium, oder 7 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium und 1 Speicherelement (11) basierend auf Lithium-Titanat, oder 6 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium und 2 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium-Titanat, oder 11 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium-Titanat.
6. Energiespeicheranordnung nach einem der Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Energiespeicher (7) zusätzlich zu den mehreren auf Lithium basierenden Speicherelementen (11) wenigstens einen Kondensator (20), insbesondere einen Doppelschichtkondensator, umfasst.
7. Energiespeicheranordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kondensator (20) zu den mehreren auf Lithium basierenden Speicherelementen (11) in Serie geschaltet ist.
8. Energiespeicheranordnung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Energiespeicher (7) wenigstens umfasst: 5 Speicherelemente (11) basierend auf Lithium-Titanat und 1 Kondensator (20), insbesondere einen Doppelschichtkondensator, oder 4 Speicherelemente (11) basierend auf einer Lithium-Eisen-Phosphat-Verbindung

und 1 Kondensator (20), insbesondere einen Doppelschichtkondensator.

9. Energiespeicheranordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten Energiespeicher (6) und dem zweiten Energiespeicher (7) eine Diode (18), insbesondere eine Quasidiode, geschaltet ist.
10. Energiespeicheranordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem ersten Energiespeicher (6) und dem zweiten Energiespeicher (7) ein elektrisches Schaltmittel (16), insbesondere ein Sicherheitsschalter, geschaltet ist.
11. Energiespeicheranordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Teil eines Bordnetzes (1) eines Kraftfahrzeugs (2) bildet, wobei das Bordnetz (1) wenigstens einen Generator (4), insbesondere zum Laden des ersten Energiespeichers (6) und des zweiten Energiespeichers (7), und wenigstens einen elektrischen Strom verbrauchenden Verbraucher (5) umfasst.

FIG. 1

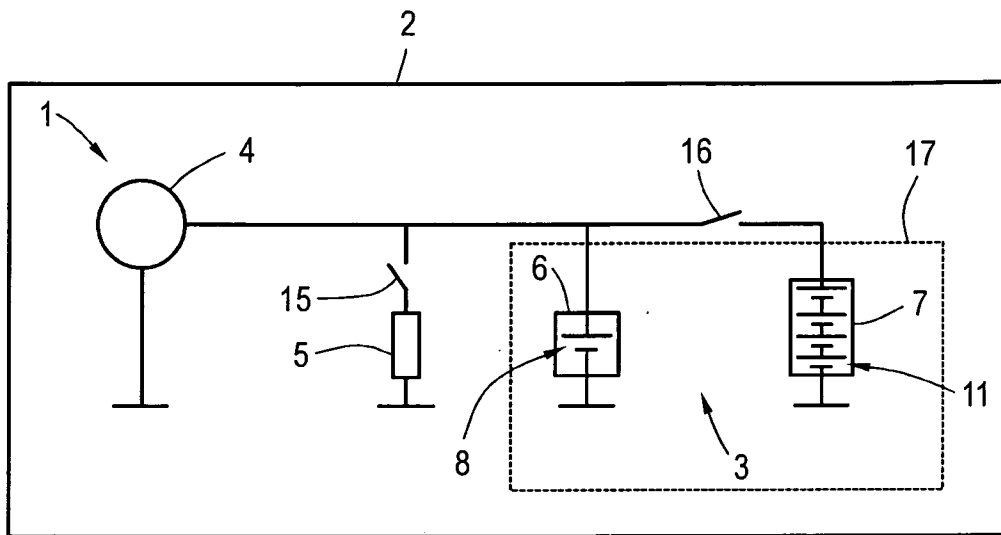


FIG. 2

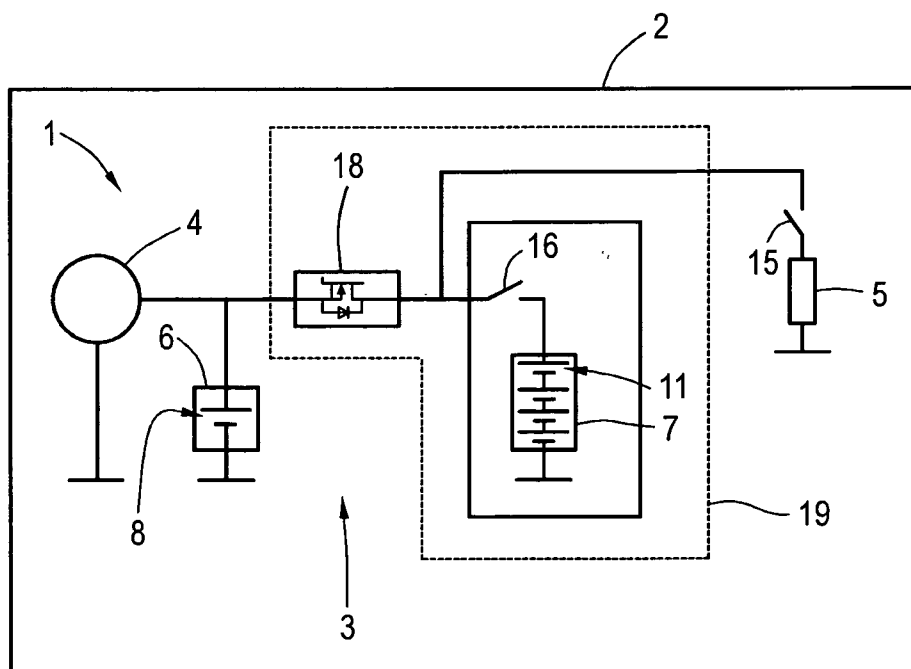


FIG. 3

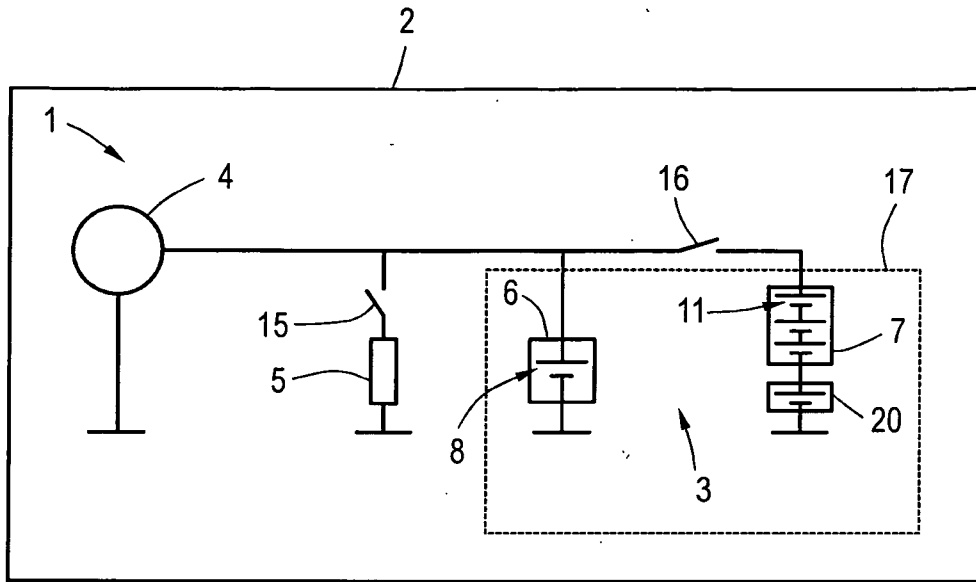


FIG. 4

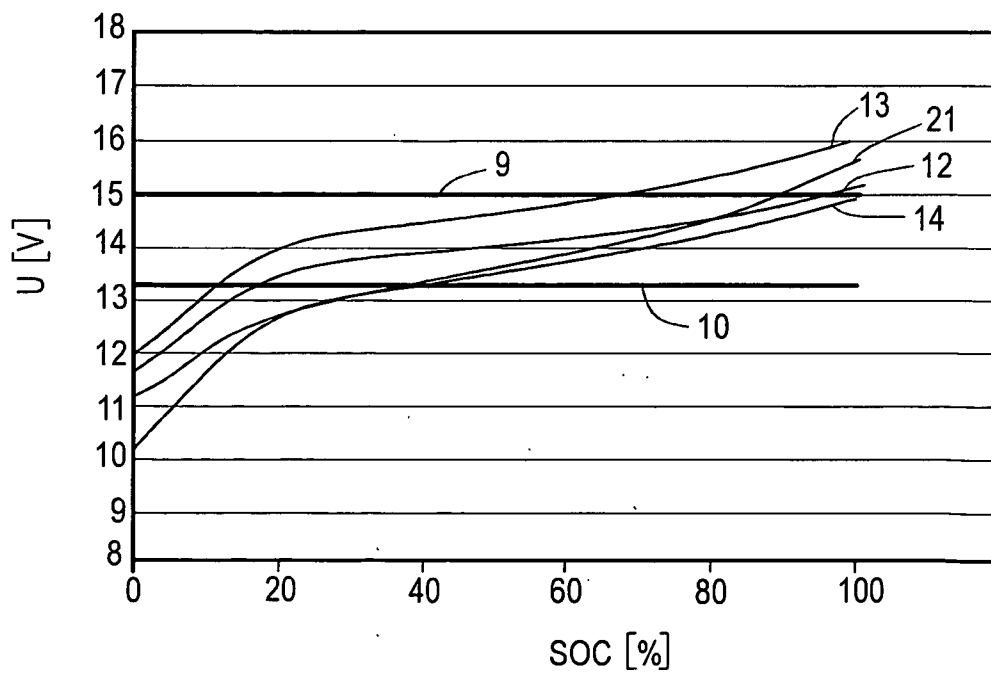


FIG. 5

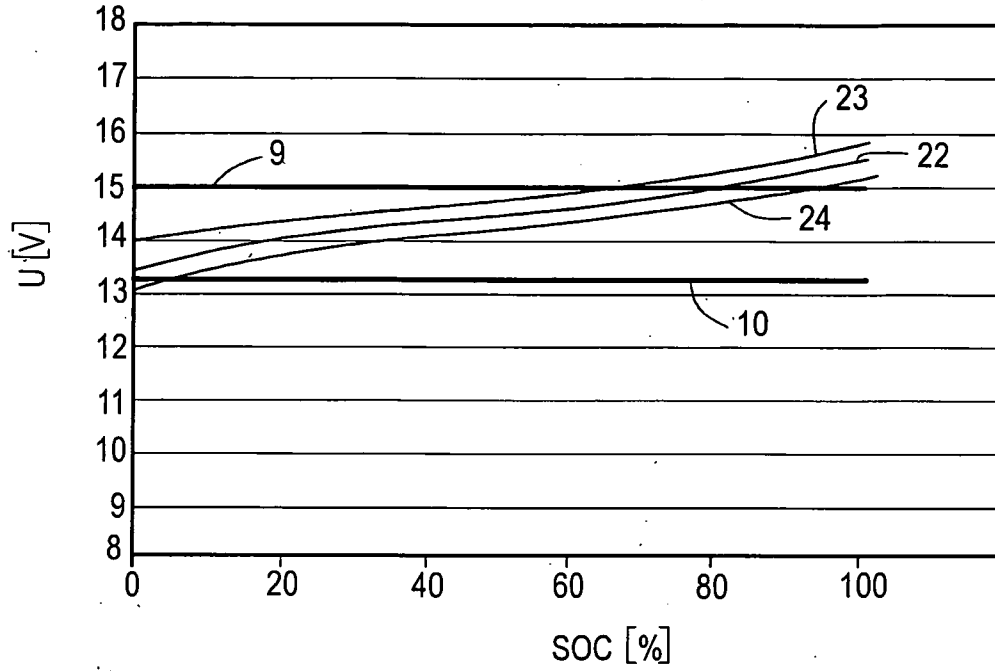


FIG. 6

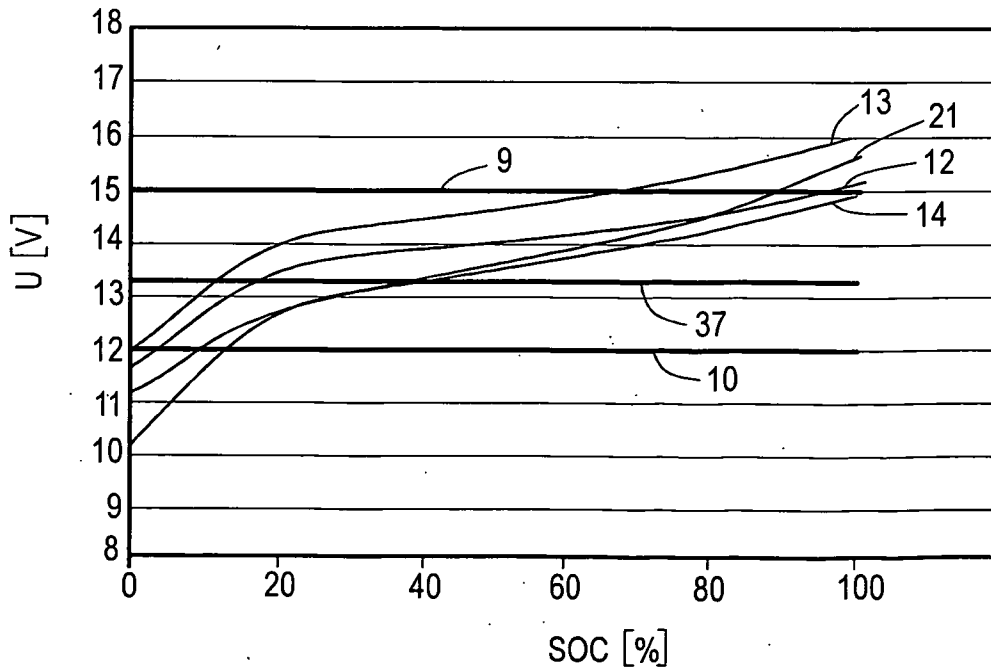


FIG. 7

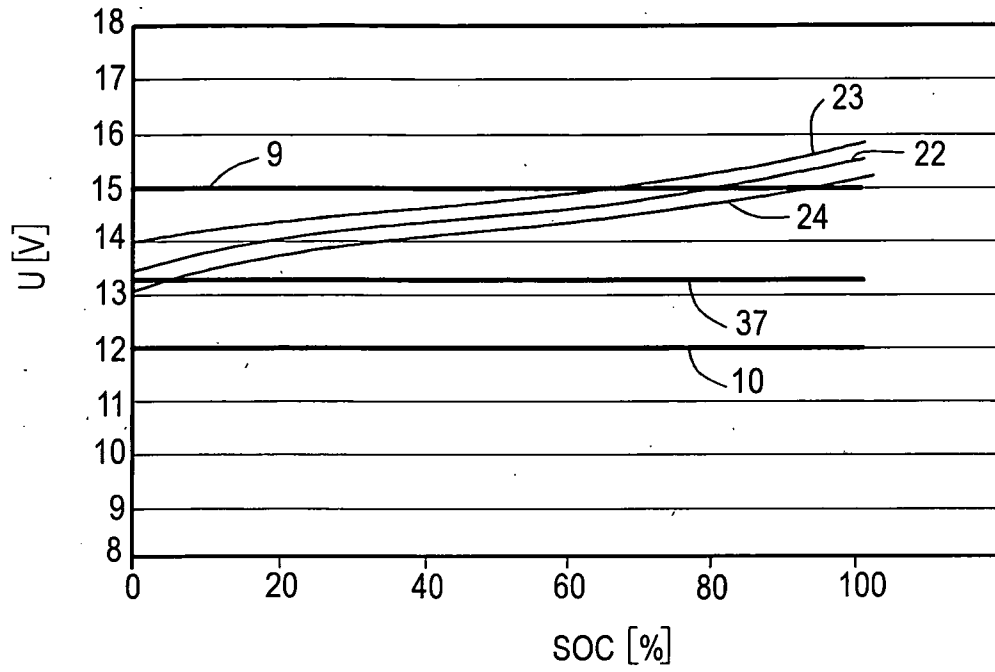


FIG. 8

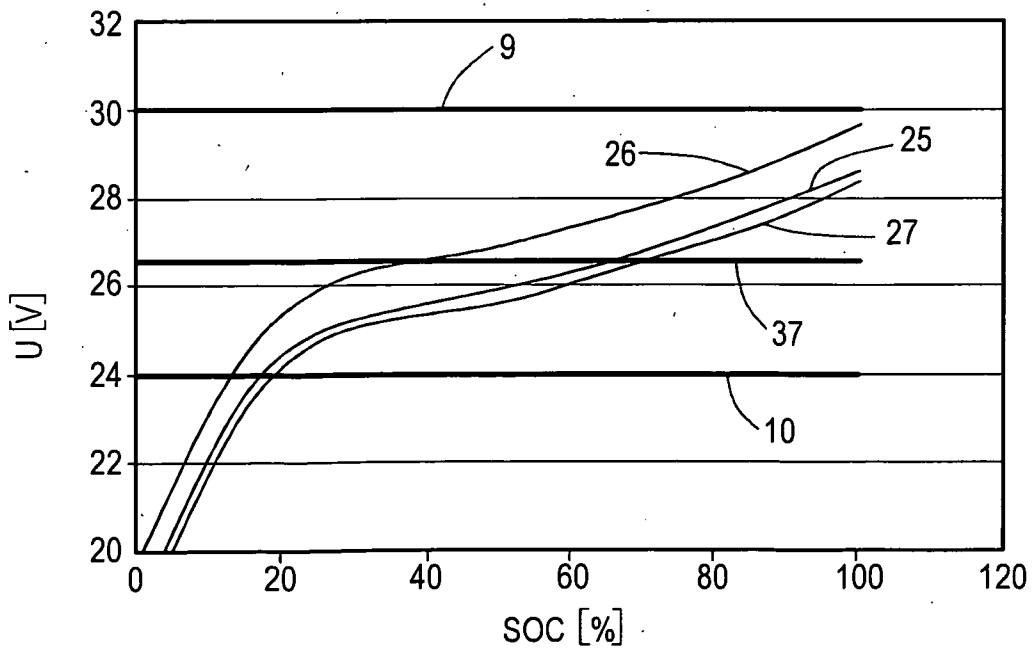


FIG. 9

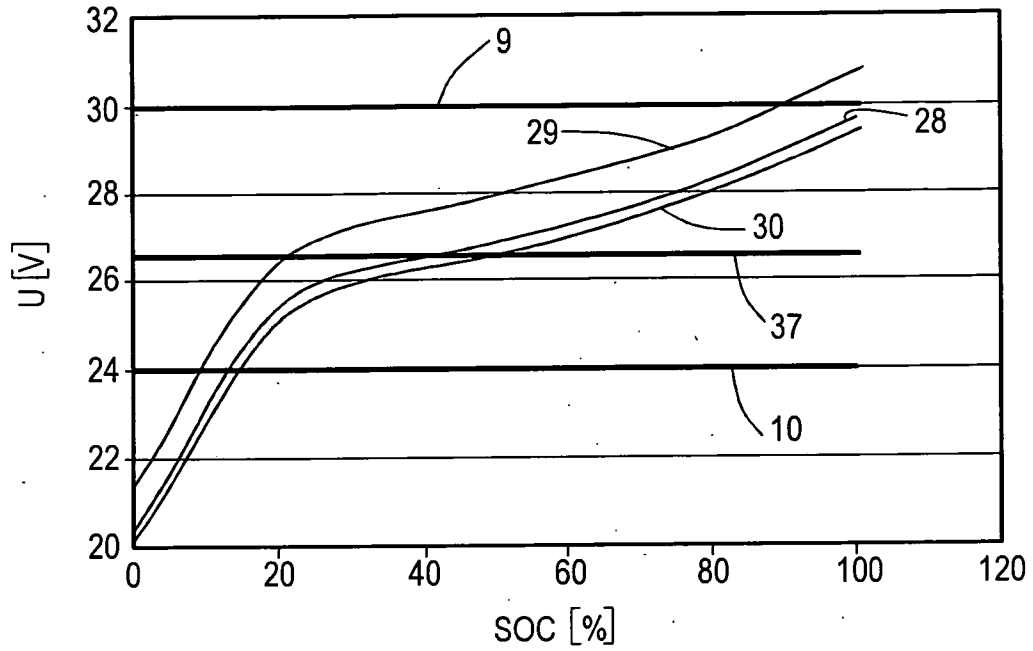


FIG. 10

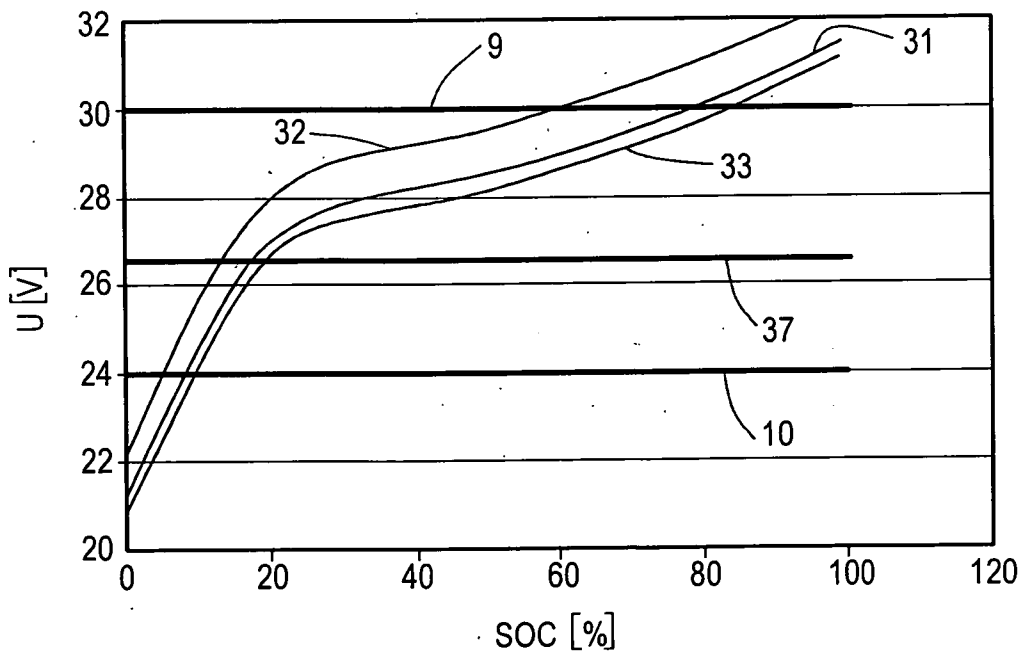


FIG. 11

