

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 164/2010
(22) Anmeldetag: 05.02.2010
(45) Veröffentlicht am: 15.01.2012

(51) Int. Cl. : **H02J 7/00** (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)
G01R 31/36 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 6281662B1 US 5532935A
EP 1976090A1 CN 101599657A
US 7489106B1 JP 2008-011657A
US 2004/0135546A1

(73) Patentinhaber:
ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGS- UND
PRÜFZENTRUM ARSENAL GESELLSCHAFT
M.B.H.
A-1210 WIEN (AT)

(72) Erfinder:
EINHORN MARKUS DIPL.ING.
WIEN (AT)

(54) VERFAHREN ZUR LADUNGSVERTEILUNG

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umladung bzw. Ladungsverteilung elektrischer Ladung zwischen einer Anzahl von in Serie geschalteten Akkumulatoreinheiten (1) mit jeweils unterschiedlicher Ladekapazität. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass in allen Akkumulatoreinheiten (1) die in der jeweiligen Akkumulatoreinheit (1) vorliegende, abgespeicherte Restladung ermittelt wird, dass diejenige Akkumulatoreinheit (1) ermittelt wird, in der die geringste gespeicherte Restladung vorliegt und dass die Akkumulatoreinheit (1) mit der geringsten Restladung von den übrigen Akkumulatoreinheiten (1) mit Ladung beaufschlagt wird.

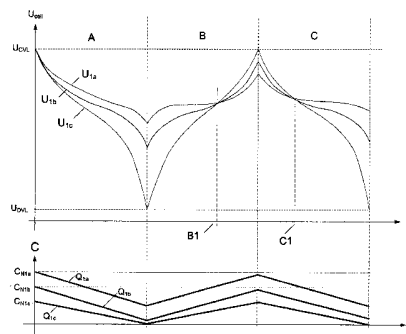


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Umladung, beispielsweise während des Ladens bzw. Entladens, einer Anzahl von in Serie geschalteten Energiespeicher. Hintergrund der Erfindung ist, dass aufgrund von Fertigungstoleranzen von Akkumulatoreinheiten, z.B. Batterien oder Supercaps, die einzelnen Akkumulatoreinheiten eines Akkumulators nicht exakt gleich ausgebildet sind. Sind die Akkumulatoreinheiten in einem Akkumulator in Serie geschaltet, besteht das Problem, dass Akkumulatoreinheiten mit geringerer Ladungskapazität früher entladen werden bzw. früher vollständig aufgeladen sind.

[0002] Dies führt dazu, dass diese Akkumulatoreinheiten während des Aufladevorgangs schneller überladen werden können und der Aufladevorgang früher abgebrochen werden muss. Entsprechend gleich verhält sich eine Akkumulatoreinheit bei der Entladung, wobei die Entladung früher abgebrochen werden muss, um eine vollständige Entladung und gegebenenfalls damit einhergehende Zerstörung der jeweiligen Akkumulatoreinheit zu vermeiden. Dies führt dazu, dass bei einer Serienschaltung von Akkumulatoreinheiten die Gesamtladekapazität durch die Akkumulatoreinheit mit der jeweils geringsten Ladekapazität begrenzt wird.

[0003] Zunächst wird ein konventionelles Verfahren mit einem Akkumulator umfassend drei Akkumulatoreinheiten beschrieben. Bei diesem Verfahren wird die an den einzelnen Akkumulatoreinheiten anliegende elektrische Spannung ermittelt und abhängig von der an den Akkumulatoreinheiten anliegenden elektrischen Spannung ein Umladevorgang initiiert.

[0004] Fig. 2 zeigt dabei den Umladevorgang für die in Fig. 1a, 1b dargestellten Serienschaltungen von Akkumulatoreinheiten.

[0005] Die Umladung wird dabei mit einer bekannten Balancing-Einheit 3 durchgeführt, die eine Umladung von der Serienschaltung der Akkumulatoreinheiten auf eine einzelne Akkumulatoreinheit und umgekehrt ermöglicht. Der beispielhaft dargestellte Akkumulator umfasst drei in Serie geschaltete Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c. Die Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c sind zu Beginn vollständig geladen, an ihnen liegt jeweils eine Batteriespannung U_{CVL} (Charging Voltage Limit) an. Zunächst werden die einzelnen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c entladen, wobei die Akkumulatoreinheit 1c, die die geringste Ladekapazität C_N aufweist, schneller an Spannung verliert als die beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b.

[0006] Die erste Akkumulatoreinheit 1a mit der höchsten Ladekapazität C_N kann dabei am längsten Strom liefern. Während des Entladevorgangs wird zur Stützung der leistungsschwächeren bzw. leistungsschwächsten dritten Akkumulatoreinheit 1c Ladung von den beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b auf die dritte Akkumulatoreinheit 1c transferiert. Kriterium hierfür ist, dass an der dritten Akkumulatoreinheit 1c die geringste Spannung anliegt und Ladung von den beiden anderen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, an denen jeweils eine höhere Spannung anliegt, auf die dritte Akkumulatoreinheit 1c transferiert wird. Trotz des Umladevorgangs erreicht die an der dritten Akkumulatoreinheit 1c anliegende Spannung zuerst einen unteren Spannungsschwellenwert U_{DVL} (Discharging Voltage Limit)

[0007] Eine Entladung der dritten Akkumulatoreinheit 1c, an der ein Spannungswert unterhalb des unteren Spannungsschwellenwertes anliegt, würde zu einer Zerstörung der dritten Akkumulatoreinheit 1c führen, sodass der Entladevorgang für den gesamten Akkumulator an dieser Stelle am Ende der ersten Entladezeitspanne A' abgebrochen wird.

[0008] Anschließend wird während einer ersten Ladezeitspanne B' der Akkumulator an einer Spannungsquelle 4 geladen. Dabei wird, wie in Fig. 1b dargestellt, eine Spannungsquelle 4 an die beiden äußeren Anschlüsse des Akkumulators angeschlossen und ein Ladestrom auf den Akkumulator aufgeprägt. Während des Ladens wird jeweils die Akkumulatoreinheit 1a, 1b, 1c, an der die höchste Spannung anliegt, gesucht; dies ist zunächst während des Zeitabschnitts B1' die Akkumulatoreinheit 1a mit der höchsten Ladekapazität. Aufgrund der geringeren Ladekapazität der beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1b, 1c steigen die an ihnen anliegenden Spannungen schneller an als die an der Akkumulatoreinheit 1a anliegende Spannung, sodass zum

Zeitpunkt B1' die Spannung an der Akkumulatoreinheit 1c die Spannung an der Akkumulatoreinheit 1a übersteigt. Durch die oben genannte Ladevorschrift wird nunmehr von der Akkumulatoreinheit 1c auf die Akkumulatoreinheit 1a bzw. 1b umgeladen. Schließlich erreicht die an der Akkumulatoreinheit 1c anliegende Spannung eine obere Ladenschwellenwertspannung, an der der Ladevorgang beendet wird. Eine weitere Aufladung der Akkumulatoreinheit 1c über diese Spannung hinaus würde zu ihrer Zerstörung bzw. zur Verkürzung ihrer Lebensdauer führen.

[0009] Anschließend wird während einer zweiten Entladezeitspanne C' erneut eine Entladung des Akkumulators vorgenommen, wobei jeweils Ladung von den beiden Akkumulatoreinheiten 1b, 1c mit der jeweils größeren anliegenden Spannung auf die Akkumulatoreinheit 1a mit der geringsten anliegenden Spannung umgeladen wird. Da aufgrund der geringeren Ladekapazität der Akkumulatoreinheit 1c die an dieser anliegende Spannung schneller abfällt, erreicht die an der Akkumulatoreinheit 1c anliegende Spannung die an der Akkumulatoreinheit 1a anliegende Spannung zu einem Zeitpunkt C1', nachdem an der Akkumulatoreinheit 1a jeweils die größte Spannung anliegt. Demgemäß wird von der Akkumulatoreinheit 1a und der Akkumulatoreinheit 1b Ladung an die Akkumulatoreinheit 1c übertragen, wobei trotz dieser Ladungsübertragung die an der Akkumulatoreinheit 1c anliegende Spannung schneller abfällt als die an den beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b anliegende Spannung.

[0010] In Fig. 2 ist zusätzlich der Verlauf der in den einzelnen Akkumulatorzellen gespeicherten Ladungen dargestellt. Hierbei ist ersichtlich, dass die schwächste Akkumulatoreinheit 1c während des Entladezeitraums C' bis zum Zeitpunkt C1' am stärksten entladen wird, wodurch sich die Nutzungszeit des gesamten Akkumulators erheblich verkürzt.

[0011] Die Akkumulatoreinheit 1c wird aufgrund ihrer geringeren Ladekapazität stets vollständig geladen und entladen, verfügt jedoch im voll aufgeladenen Zustand über weniger gespeicherte Energie als die anderen Zellen.

[0012] In der Europäischen Patentanmeldung EP 1976090 wird ein Überlastschutz für eine Reihenschaltung von Batterien vorgeschlagen, wobei der Ladezustand der Batterien indirekt über die Spannung ermittelt wird. In CN 101599657 sowie in "Balance Discharging for Series-connected Batteries, 2004 35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference, S. 2697" wird zur Steuerung der Umladung von in Akkumulatorzellen gespeicherten Ladungen ebenfalls die Batteriespannung herangezogen.

[0013] In US7489106 wird eine mikroprozessorgesteuerte Ladeeinheit dargestellt, bei der zur Steuerung die an den einzelnen Akkumulatorzellen anliegenden Spannungen herangezogen werden. In US 6281662 ist ein PWM-gesteuertes Verfahren zur Umladung dargestellt, bei dem zur Steuerung ebenfalls die Spannungen der Akkumulatorzellen herangezogen werden. Die US-Patentanmeldung zeigt ein Umladeverfahren basierend auf den laufend ermittelten Spannungen der Akkumulatorzellen.

[0014] In der Druckschrift US 5532935 wird die in einem Akkumulator gespeicherte Restladung ermittelt. Der Akkumulator wird dabei als zweipoliger Bauteil betrachtet, wobei einzelne Akkumulatorzellen des Akkumulators nicht beachtet werden. Es findet weder eine Umladung in den Akkumulatorzellen statt, noch ist es im Rahmen dieser Druckschrift erforderlich, dass überhaupt eine Vielzahl von Akkumulatorzellen vorliegt.

[0015] Der in JP 2008-011657 dargestellte Batterieentladevorgang beruht auf einer indirekten Ermittlung des Verhältnisses der Ladung zur Gesamtladung über die Bestimmung der Spannung. Es wird verglichen, ob ein parallel zu einer der Akkumulatorzellen anliegender Kondensator durch die Akkumulatorzelle beladen oder entladen wird. Somit wird ein Vergleich mit einer Schwellenwertspannung durchgeführt, durch den ein Umladevorgang ausgelöst wird.

[0016] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das bei Vorliegen von Akkumulatoreinheiten mit unterschiedlicher Ladekapazität die Entladezeit bei gleicher Last verlängert bzw. während des Ladevorgangs mehr Energie in die Akkumulatorelemente transportiert.

[0017] Die Erfindung löst diese Aufgabe mit einem Verfahren gemäß dem Kennzeichen des

Anspruchs 1 bzw. mit dem Kennzeichen des Anspruchs 5.

[0018] Bei einem Verfahren zur Umladung bzw. Ladungsverteilung elektrischer Ladung zwischen einer Anzahl von in Serie geschalteten Akkumulatoreinheiten mit jeweils unterschiedlicher Ladekapazität ist vorgesehen, dass in allen Akkumulatoreinheiten die in der jeweiligen Akkumulatoreinheit vorliegende, abgespeicherte Restladung ermittelt wird, dass diejenige Akkumulatoreinheit ermittelt wird, in der die geringste gespeicherte Restladung vorliegt und dass die Akkumulatoreinheit mit der geringsten Restladung von den übrigen Akkumulatoreinheiten mit Ladung beaufschlagt wird.

[0019] Bei einem Verfahren zur Umladung bzw. Ladungsverteilung elektrischer Ladung zwischen einer Anzahl von in Reihe geschalteten Akkumulatoreinheiten mit jeweils unterschiedlicher Ladekapazität ist vorgesehen, dass vorab für jede der in Serie geschalteten Akkumulatoreinheiten die maximale Ladungskapazität sowie die in der Akkumulatoreinheit vorliegende Ladung ermittelt wird, dass für jede Akkumulatoreinheit die Differenzladung als Differenz zwischen der maximalen Ladungskapazität und der in der Akkumulatoreinheit vorhandenen Ladung ermittelt wird, und dass die Akkumulatoreinheit mit der geringsten Differenzladung ermittelt wird.

[0020] Dabei ist vorteilhaft, dass dieses Verfahren nur eine relativ einfache Umladeschaltung benötigt und gegenüber dem vorgestellten Verfahren wesentlich verlängerte Entladezeiten bei gleicher Last aufweist. Zudem können innerhalb desselben Akkumulators Akkumulatoreinheiten mit stark voneinander abweichenden Ladespannungen verwendet werden.

[0021] Bevorzugterweise kann vorgesehen werden, dass die Suche nach der Akkumulatoreinheit mit der geringsten vorhandenen Restladung in vorgegebenen Zeitabständen, insbesondere in Abständen von 100 ms bis 500 s, wiederholt wird. Dies hat den Vorteil, dass eine exakte Überwachung erfolgt und die Entladezeit weiter gesteigert werden kann.

[0022] Weiters kann vorgesehen sein, dass der Entladevorgang beendet wird, wenn die Spannung an zumindest einer Akkumulatoreinheit eine vorgegebene untere Schwellenwertspannung erreicht bzw. unterschreitet.

[0023] Dies verhindert wirksam die Beschädigung bzw. die frühzeitige Alterung der Akkumulatoreinheiten.

[0024] Weiters kann vorgesehen sein, dass die Suche nach der Akkumulatoreinheit mit der geringsten Differenzladung in vorgegebenen Zeitabständen, insbesondere in Zeitabständen von 100 ms bis 500 s, wiederholt wird. Dies ermöglicht eine besonders gleichmäßige Aufladung der Akkumulatoreinheiten.

[0025] Weiters kann vorgesehen sein, dass der Ladevorgang beendet wird, wenn die Spannung an zumindest einer Akkumulatoreinheit eine vorgegebene obere U_{CVL} Ladenschwellenwertspannung erreicht bzw. überschreitet.

[0026] Dies verhindert wirksam die Beschädigung oder frühzeitige Alterung der Akkumulatoreinheiten durch Überladung.

[0027] Weiters kann vorgesehen sein, dass der Umladevorgang abgebrochen wird, wenn die jeweils in den Akkumulatoreinheiten gespeicherten Ladungen um weniger als 5 %, insbesondere weniger als 1 %, voneinander abweichen. Durch dieses Vorgehen wird erreicht, dass die in den Akkumulatoreinheiten gespeicherte Ladung bzw. Energie bei jedem Ladevorgang möglichst gleich ist.

[0028] Schließlich kann vorgesehen sein, dass während des Entladens oder während des Ladens der zeitliche Verlauf des Entladestroms und/oder des Ladestroms ermittelt wird und über die Zeit während des jeweiligen Entladevorgangs und/oder Ladevorgangs integriert wird, wobei das Integral des Ladestroms und/oder Entladestroms über die Entladezeit bzw. Ladezeit ermittelt wird und für die weiteren Lade- und/oder Entladevorgänge als Ladekapazität sowie gegebenenfalls bei der Bestimmung der Ladungsdifferenzen herangezogen wird. Dies ermöglicht eine Anpassung des erfindungsgemäßen Verfahrens an die einzelnen Akkumulatoreinhei-

ten während des laufenden Betriebs.

[0029] Die Erfindung wird anhand der folgenden Figuren ohne Einschränkung des allgemeinen erfinderischen Gedankens dargestellt.

[0030] Dabei zeigt

[0031] Fig. 1a eine Beschaltung eines Akkumulators während des Entladevorgangs.

[0032] Fig. 1b zeigt die Beschaltung eines Akkumulators während des Beladevorgangs.

[0033] Fig. 2 zeigt Lade- und Entladekurven bei einem bekannten Verfahren nach dem Stand der Technik.

[0034] Fig. 3 zeigt Lade- und Entladekurven beim erfindungsgemäßen Lade- bzw. Entladeverfahren.

[0035] Fig. 4 zeigt die Leerlaufspannung einer Akkumulatoreinheit abhängig von der in der Akkumulatoreinheit gespeicherten Ladung bezogen auf die Nennladung.

[0036] Fig. 5 erläutert eine erfindungsgemäße Verfahrensführung.

[0037] In Fig. 1a ist ein Akkumulator umfassend die Akkumulatoreinheiten 1a, 1b und 1c dargestellt. Die Anschlüsse der einzelnen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c sind jeweils an eine Lade- und Entladeregeleinheit 3 angeschlossen. Die beiden Pole des Akkumulators sind an eine Last 2 angeschlossen, über die sich die Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c kontinuierlich entladen.

[0038] In Fig. 3 sind die Zeitverläufe der an den Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c anliegenden Spannungen dargestellt. Unterhalb sind die in den jeweiligen Akkumulatorzellen 1a, 1b, 1c gespeicherten Ladungen Q_{1a} , Q_{1b} , Q_{1c} und die zugehörigen Nennkapazitäten C_{N1a} , C_{N1b} , C_{N1c} dargestellt. Zu Beginn des Entladevorgangs während der Zeitspanne A liegt an sämtlichen der Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c dieselbe Spannung an. Dies bedeutet, dass die in der Akkumulatoreinheit 1a mit der größten Ladekapazität abgespeicherte Ladung jeweils größer ist als die in den beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1b, 1c gespeicherte Ladung.

[0039] Wird während des Entladevorgangs der Akkumulator über eine konstante Last 2 entladen, so verringert sich auch die in den einzelnen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c gespeicherte Ladung. Dabei wird für alle Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c die in der jeweiligen Akkumulatoreinheit 1a, 1b, 1c vorliegende abgespeicherte Restladung ermittelt. Ferner wird diejenige Akkumulatoreinheit 1c ausgewählt, in der die geringste Restladung gespeichert ist. Während des Entladens wird mittels der Lade- bzw. Entladeregeleinheit 3 die Akkumulatoreinheit 1c mit der geringsten vorhandenen Restladung von den übrigen Akkumulatorelementen 1a, 1b mit Ladung beaufschlagt. Es findet somit ein Umladevorgang statt, der bewirkt, dass die beiden Akkumulatoreinheiten 1a, 1b stärker entladen werden, während die dritte Akkumulatoreinheit 1c mit der geringsten gespeicherten vorhandenen Restladung schwächer entladen wird. Fig. 3 zeigt, dass aufgrund der Serienschaltung die in den Akkumulatoreinheiten 1a, 1b gespeicherte Ladung auf dieselbe Weise abnimmt, somit verlaufen die beiden dargestellten Kurven Q_{1a} , Q_{1b} im gleichen Abstand zueinander. Da die dritte Akkumulatoreinheit 1c während des Entladens teilweise von den beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b gespeist wird, wird diese weitaus weniger stark entladen, wie der Verlauf der in der Akkumulatoreinheit 1c gespeicherten Ladung Q_{1c} zeigt. Wie aus dem Spannungsverlauf der Fig. 3 ersichtlich, fällt die an der Akkumulatoreinheit anliegende Spannung U_{1c} unter die untere Ladenschwellenwertspannung U_{DVL} , wodurch der Entladevorgang aus Sicherheitsgründen abgebrochen wird.

[0040] Ein Abbruch des Entladevorgangs hat insbesondere den Effekt, dass eine weitere Entladung der Akkumulatoreinheiten 1 vermieden wird, wodurch eine Zerstörung bzw. Alterungseffekte der betroffenen Akkumulatoreinheiten vermieden werden.

[0041] Für den anschließenden Ladevorgang wird vorab die maximale Ladungskapazität einer Akkumulatoreinheit 1 sowie die in der Akkumulatoreinheit 1 vorliegende Ladung ermittelt. Anschließend wird für jede Akkumulatoreinheit 1 die Differenzladung als Differenz zwischen der maximalen Ladungskapazität und der in der Akkumulatoreinheit 1 vorhandenen Ladung ermit-

telt. Anschließend wird die Akkumulatoreinheit 1c mit der geringsten Differenzladung ermittelt. Während des gesamten Ladevorgangs erfolgt eine Umladung von der Akkumulatoreinheit 1c mit der geringsten Differenzladung auf alle anderen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b. Aufgrund dieser Umladung verhält sich der Verlauf der in der Akkumulatoreinheit 1c gespeicherten Ladung Q_{1c} anders als der Verlauf der in den übrigen beiden Akkumulatoreinheiten gespeicherten Ladungen Q_{1a} , Q_{1b} . Schließlich überschreitet bzw. erreicht die Spannung an der Akkumulatoreinheit 1c eine vorgegebene obere Ladeschwellenwertspannung U_{CVL} am Ende der Ladezeitspanne B, und der Ladevorgang wird beendet. Dies verhindert, dass die Akkumulatoreinheit 1c mit der geringsten Ladekapazität überladen wird und folglich einer rascheren Alterung sowie einer frühzeitigen Zerstörung unterliegt.

[0042] Das Umladeverfahren wird, wenn die Spannung an keiner der Akkumulatorelemente 1a, 1b, 1c die obere Ladeschwellenspannung U_{CVL} überschreitet, dann beendet bzw. abgebrochen, wenn die in den Akkumulatoreinheiten 1 jeweils gespeicherten Ladungen um weniger als 5 %, insbesondere um weniger als 1 %, voneinander abweichen.

[0043] Im Zeitbereich C ist ein weiterer Entladevorgang dargestellt, der derselben Regelung unterliegt wie der im Zeitbereich A dargestellte Entladevorgang. Es besteht hierbei lediglich der Unterschied, dass aufgrund des vorangegangenen Ladevorgangs die an den einzelnen Akkumulatoreinheiten 1 anliegenden Spannungen nicht gleich groß sind. Hierdurch ergibt sich ein geringfügig unterschiedlicher Entladeverlauf, wobei jedoch wie auch beim ersten Entladevorgang stets von den beiden Akkumulatoreinheiten 1a, 1b in die dritte Akkumulatoreinheit 1c umgeladen wird. Aus diesem Grund entlädt sich, wie für Zeitbereich C dargestellt, die dritte Akkumulatoreinheit 1c weniger stark als die beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, wodurch sich die Entladedauer verlängert, da die Spannung an der dritten Akkumulatoreinheit 1c länger oberhalb der unteren Entladeschwellenspannung liegt.

[0044] Das oben betrachtete Beispiel geht von drei Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c aus, die voneinander unterschiedliche Ladekapazitäten aufweisen. Dies ist im Allgemeinen nicht der Fall, kann aber durchaus vorkommen z.B. bei unterschiedlicher Alterung. Während eines Lade- bzw. während eines Entladevorgangs unterschiedliche Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c zu unterschiedlichen Zeitpunkten die geringste Differenzladung bzw. während eines Entladevorgangs die geringste gespeicherte Restladung aufweisen können. Um in einem solchen Fall möglichst lange Entladezeitspannen A, C zu erhalten, kann es erforderlich sein, die Suche nach der Akkumulatoreinheit 1a, 1b, 1c mit der geringsten vorhandenen Restladung in vorgegebenen Zeitabständen zu wiederholen. Je nach Dauer der Entladung kann die Suche in Abständen von 10 ms bis zu 500 s wiederholt werden. Demgemäß kann auch die Suche nach der Akkumulatoreinheit 1 mit der geringsten Differenzladung in vorgegebenen Zeitabständen, insbesondere in Abständen von 100 ms bis 500 s wiederholt werden.

[0045] Die Ladekapazität einer Akkumulatoreinheit 1 kann, wie bereits erwähnt, vorab ermittelt werden. Alternativ kann jedoch auch vorgesehen werden, dass die, für die Ermittlung der Differenzladung benötigte maximale Ladungskapazität einer Akkumulatoreinheit 1 während des Entladevorgangs ermittelt wird. Dabei wird der zeitliche Verlauf des Entladestroms ermittelt und über die Zeit während des jeweiligen Entladevorgangs integriert. Anschließend wird der Entladestrom über die Entladezeit integriert und der erhaltene Wert als Ladekapazität der jeweiligen Akkumulatoreinheit 1 gleichgehalten. Analog kann dies auch während des Ladevorgangs durchgeführt werden, wobei der zeitliche Verlauf des Ladestroms ermittelt und über die Zeit während des Ladevorgangs integriert wird. Das Integral des Entladestroms über die Entladezeit entspricht dabei etwa dem Integral des Ladestroms über die Ladezeit. Allfällige Unterschiede ergeben sich etwa durch innere Entladungen der Akkumulatoreinheiten.

[0046] Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhafterweise von der in den Fig. 1a und 1b dargestellten Lade- und Entladeregeleinheit 3 geführt, die einerseits die an den einzelnen Akkumulatoreinheiten 1 anliegenden Spannungen misst und andererseits die Umladungsvorgänge zwischen den Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c steuert.

[0047] Alternativ können die oben beschriebenen Verfahren zur Umladung auch ohne gleich-

zeitiges Aufladen bzw. Entladen des Akkumulators durchgeführt werden. Ein typisches Beispiel hierfür ist eine Umladung der in den Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c gespeicherten Ladungen zwischen zwei Phasen, in denen die Akkumulatoreinheiten belastet werden. Ein solcher Vorgang ist in Fig. 5 dargestellt. Während eines ersten Entladezeitraums A" werden die Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c entladen, wobei die Ladungen der beiden Akkumulatorzellen 1a, 1b mit der größeren Ladekapazität während des Entladens teilweise auf die Akkumulatoreinheit 1c mit der geringeren Ladekapazität umgeladen werden. Nach Ablauf des Entladezeitraums A" wird die Last vom Akkumulator getrennt, der Akkumulator befindet sich im Leerlauf.

[0048] Im Folgenden wird dargestellt, dass das erfindungsgemäße Verfahren auch ohne Belastung bzw. ohne Laden an einer Strom- bzw. Spannungsquelle zielführend eingesetzt werden kann. In dieser besonderen Ausführungsform der Fig. 5 besteht die Aufgabe, während des Leerlaufs die Batteriezellen so umzuladen, dass eine möglichst lange Batterielaufzeit gewährleistet werden kann, sobald der Betrieb wieder aufgenommen und die Last wieder an den Akkumulator angeschlossen wird. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung findet lediglich eine Umladung statt, die jedoch nicht von dem Entladestrom, wie in Fig. 1 dargestellt, überlagert wird. Zunächst wird die Akkumulatoreinheit mit der geringsten gespeicherten Restladung von den beiden übrigen Akkumulatoreinheiten gespeist bzw. aufgeladen. Dabei verringert sich die Ladung in den beiden Akkumulatoreinheiten 1a und 1b, während die Ladung in der Akkumulatoreinheit 1c steigt. Zu einem Zeitpunkt BO" erreicht die in der Akkumulatoreinheit 1c gespeicherte Ladung das Niveau der in der Akkumulatoreinheit 1b gespeicherten Ladung und übersteigt diese. Im vorliegenden Beispiel wird die in den Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c gespeicherte Ladung in Zeiträumen von 10 Sekunden ermittelt und nach jedem 10-Sekunden-Intervall eine neue Akkumulatoreinheit bestimmt, in der die geringste Restladung abgespeichert vorhanden ist.

[0049] Dabei sind bis zum Zeitpunkt B₁" die Ladung Q_{1a} in der Akkumulatoreinheit 1a sowie die Ladung Q_{1b} in der Akkumulatoreinheit 1b stets größer als die in der Akkumulatoreinheit 1c gespeicherte Ladung Q_{1c}. Es wird von den Akkumulatoreinheiten 1a und 1b in die Akkumulatoreinheit 1c umgeladen. Dabei steigt die Ladung in der Akkumulatoreinheit 1c an, die in den Akkumulatoreinheiten 1a und 1b gespeicherten Ladungen Q_{1a} und Q_{1b} fallen dementsprechend ab. Zu den Zeitpunkten B₁", B₂", B₃", B₄" bis B₈" wird jeweils diejenige Akkumulatoreinheit 1a, 1b, 1c ermittelt, in der die geringste Restladung vorhanden ist. Zum Zeitpunkt B₁" ist in der Akkumulatoreinheit 1c die geringste Restladung vorhanden. Deshalb wird diese Akkumulatoreinheit auch von den beiden übrigen Akkumulatoreinheiten 1b, 1a während des Zeitintervalls zwischen den Zeitpunkten B₁" und B₂" geladen. Zum Zeitpunkt B₀" erreicht die in der Akkumulatoreinheit 1c gespeicherte Ladung den Wert der in der Akkumulatoreinheit 1b gespeicherten Ladung und übersteigt diesen. Zum Zeitpunkt B₂" wird erfindungsgemäß die Akkumulatoreinheit 1b ausgewählt, in der die geringste Restladung verblieben ist. Somit wird im nachfolgenden Intervall B₂" bis B₃" die Akkumulatoreinheit 1b von den übrigen beiden Akkumulatoreinheiten 1a, 1c aufgeladen. Während des Intervalls B₂" bis B₃" übersteigt die in der Akkumulatoreinheit 1b gespeicherte Ladung wiederum die in der Akkumulatoreinheit 1c gespeicherte Ladung und zum Zeitpunkt B₃" wird die Akkumulatoreinheit 1c wiederum als die Akkumulatoreinheit ausgewählt, in der die geringste Restladung verblieben ist. Dieser Vorgang wird zum Zeitpunkt B₄ wiederholt, wobei zum Zeitpunkt B₄ wiederum die Akkumulatoreinheit 1b ausgewählt wird. Zum Zeitpunkt B₈ sind die in den Akkumulatoreinheiten 1a, 1b, 1c gespeicherten Restladungen Q_{1a}, Q_{1b}, Q_{1c} innerhalb eines Schwankungsbereichs von +/- 1 %. Ein weiteres Umladen würde aufgrund der Verluste zu einer stetigen Entladung des gesamten Akkumulators führen, da die Umladung stets mit gewissen Verlusten, z.B. in einem Transformator, verbunden ist. Dem Zeitraum B" folgt ein weiterer Entladezeitraum C", bei dem die Akkumulatoreinheiten gleichförmig entladen werden.

[0050] Fig. 4 zeigt den typischen Spannungsverlauf einer Akkumulatoreinheit über den auf die Nennkapazität CN bezogene in der Akkumulatoreinheit gespeicherte Restladung Q_{cell}.

[0051] Das anhand der Fig. 5 erläuterte Verfahren kann ohne weiteres auch derart geführt werden, dass jeweils eine Akkumulatorzelle entladen wird, in der die geringste Differenzladung

zwischen der maximalen Ladekapazität dieser Akkumulatoreinheit und der in dieser Akkumulatoreinheit vorhandenen Ladung stattfindet. Ein derartiges Verfahren ist insbesondere dann sinnvoll, wenn der Ladevorgang unterbrochen wird, beispielsweise bei einem Ausfall der Ladespannungsquelle. In diesem Fall kann das Aufladen des gesamten Akkumulators gegenüber einem Verfahren verkürzt werden, bei dem während der Ausfalls der Ladespannungsquelle keine Umladungen stattfinden.

[0052] Das erfindungsgemäße Verfahren kann somit während eines Lade- oder Entladevorganges oder auch geführt werden, wenn die Akkumulatoreinheit sich im Leerlauf befindet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Umladung bzw. Ladungsverteilung elektrischer Ladung zwischen einer Anzahl von in Serie geschalteten Akkumulatoreinheiten (1) mit jeweils unterschiedlicher Ladekapazität, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass in allen Akkumulatoreinheiten (1) die in der jeweiligen Akkumulatoreinheit (1) vorliegende, abgespeicherte Restladung ermittelt wird,
 - dass diejenige Akkumulatoreinheit (1) ermittelt wird, in der die geringste gespeicherte Restladung vorliegt und
 - dass die Akkumulatoreinheit (1) mit der geringsten Restladung von den übrigen Akkumulatoreinheiten (1) mit Ladung beaufschlagt wird.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suche nach der Akkumulatoreinheit (1) mit der geringsten vorhandenen Restladung in vorgegebenen Zeitabständen, insbesondere in Abständen von 100 ms bis 500 s, wiederholt wird.
3. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Entladevorgang beendet wird, wenn die Spannung an zumindest einer Akkumulatoreinheit (1) eine vorgegebene untere Entladeschwellenspannung erreicht bzw. unterschreitet.
4. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Serienschaltung umfassend die Akkumulatoreinheiten (1) eine Last angelegt wird, sodass die Akkumulatoreinheiten (1) entladen werden, und dass während des Entladens die Akkumulatoreinheit (1) mit der geringsten vorhandenen Restladung von den übrigen Akkumulatoreinheiten (1) mit Ladung beaufschlagt wird.
5. Verfahren zur Umladung bzw. Ladungsverteilung elektrischer Ladung zwischen einer Anzahl von in Reihe geschalteten Akkumulatoreinheiten (1) mit jeweils unterschiedlicher Ladekapazität, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass vorab für jede der in Serie geschalteten Akkumulatoreinheiten (1) die maximale Ladungskapazität sowie die in der Akkumulatoreinheit (1) vorliegende Ladung ermittelt wird,
 - dass für jede Akkumulatoreinheit (1) die Differenzladung als Differenz zwischen der maximalen Ladungskapazität und der in der Akkumulatoreinheit (1) vorhandenen Ladung ermittelt wird, und
 - dass die Akkumulatoreinheit (1) mit der geringsten Differenzladung ermittelt wird.
6. Verfahren gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suche nach der Akkumulatoreinheit mit der geringsten Differenzladung in vorgegebenen Zeitabständen, insbesondere in Abständen von 100 ms bis 500 s, wiederholt wird.
7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ladevorgang beendet wird, wenn die Spannung an zumindest einer Akkumulatoreinheit (1) eine vorgegebene obere Ladeschwellenwertspannung erreicht bzw. überschreitet.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass an die Serienschaltung umfassend die Akkumulatoreinheit (1) eine Spannungsquelle angelegt wird, sodass die Akkumulatoreinheiten (1) aufgeladen werden und während des Ladens der Akkumulatoreinheit (1) eine Umladung von der Akkumulatoreinheit (1) mit der geringsten Differenzladung auf alle anderen Akkumulatoreinheiten (1) erfolgt.
9. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umladeverfahren abgebrochen und gegebenenfalls das Laden und/oder das Entladen ohne Ladungsverteilung fortgesetzt wird, wenn die in den einzelnen Akkumulatoreinheiten (1) gespeicherten Ladungen um weniger als 5 %, insbesondere weniger als 1 %, voneinander abweichen.
10. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Entladens und/oder während des Ladens der zeitliche Verlauf des Entladestroms und/oder des Ladestroms ermittelt wird und über die Zeit während des jeweiligen Entladevorgangs und/oder Ladevorgangs integriert wird, wobei das Integral des Ladestroms und/oder Entladestroms über die Entladezeit bzw. Ladezeit ermittelt wird und der Wert des Integrals für die weiteren Lade- und/oder Entladevorgänge als Ladekapazität sowie gegebenenfalls bei der Bestimmung der Ladungsdifferenzen herangezogen wird.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

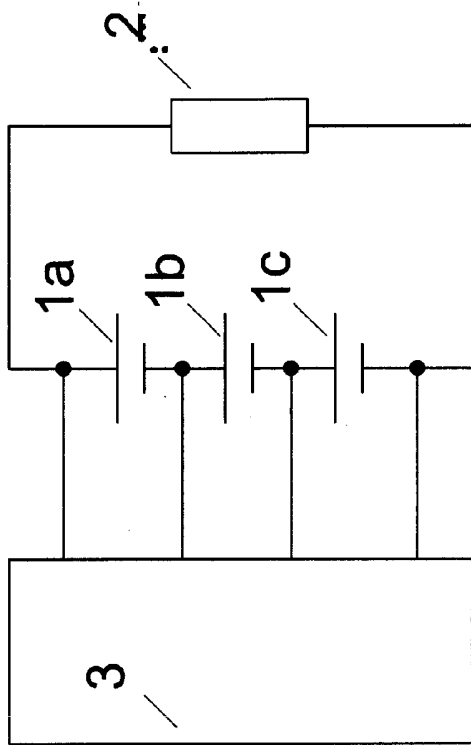


Fig. 1a

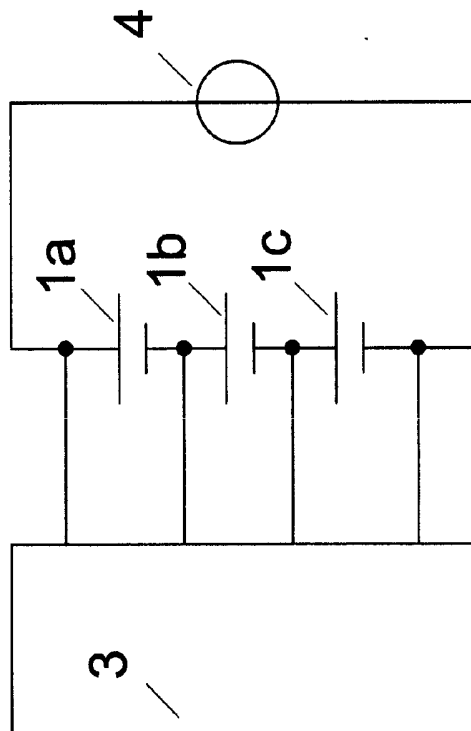


Fig. 1b

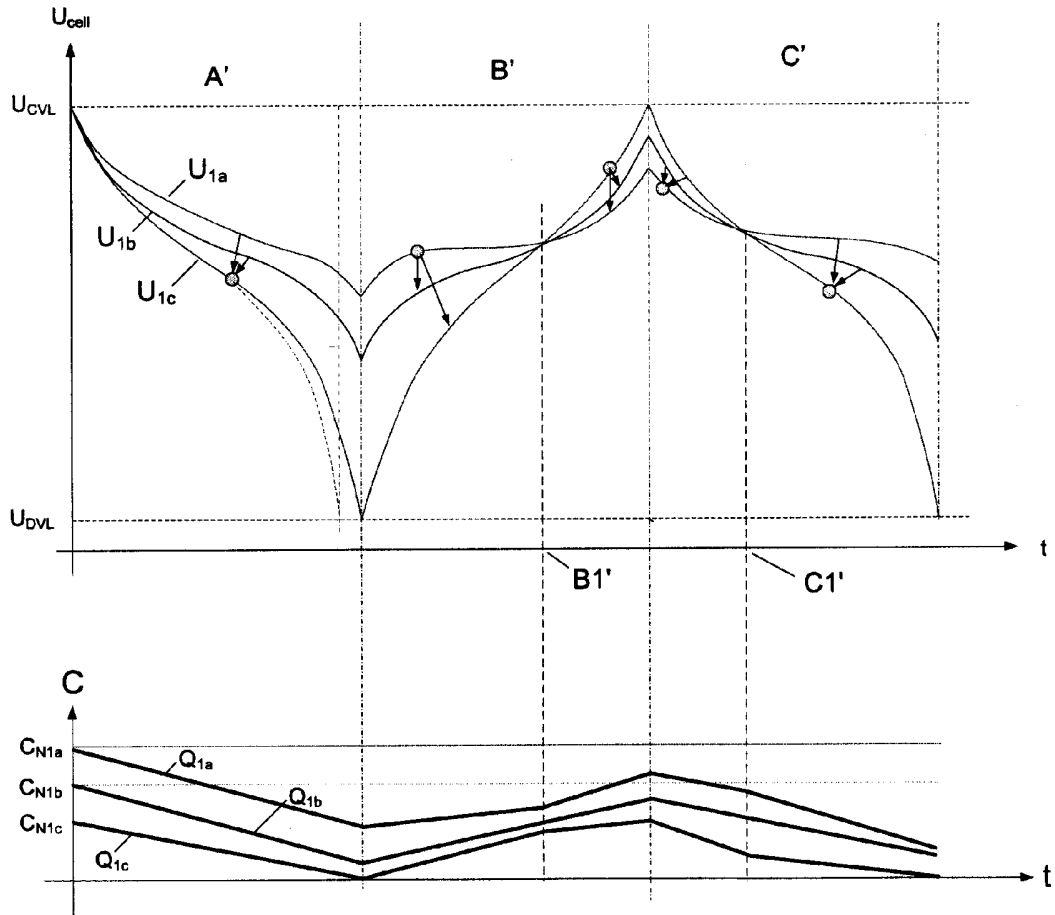


Fig. 2

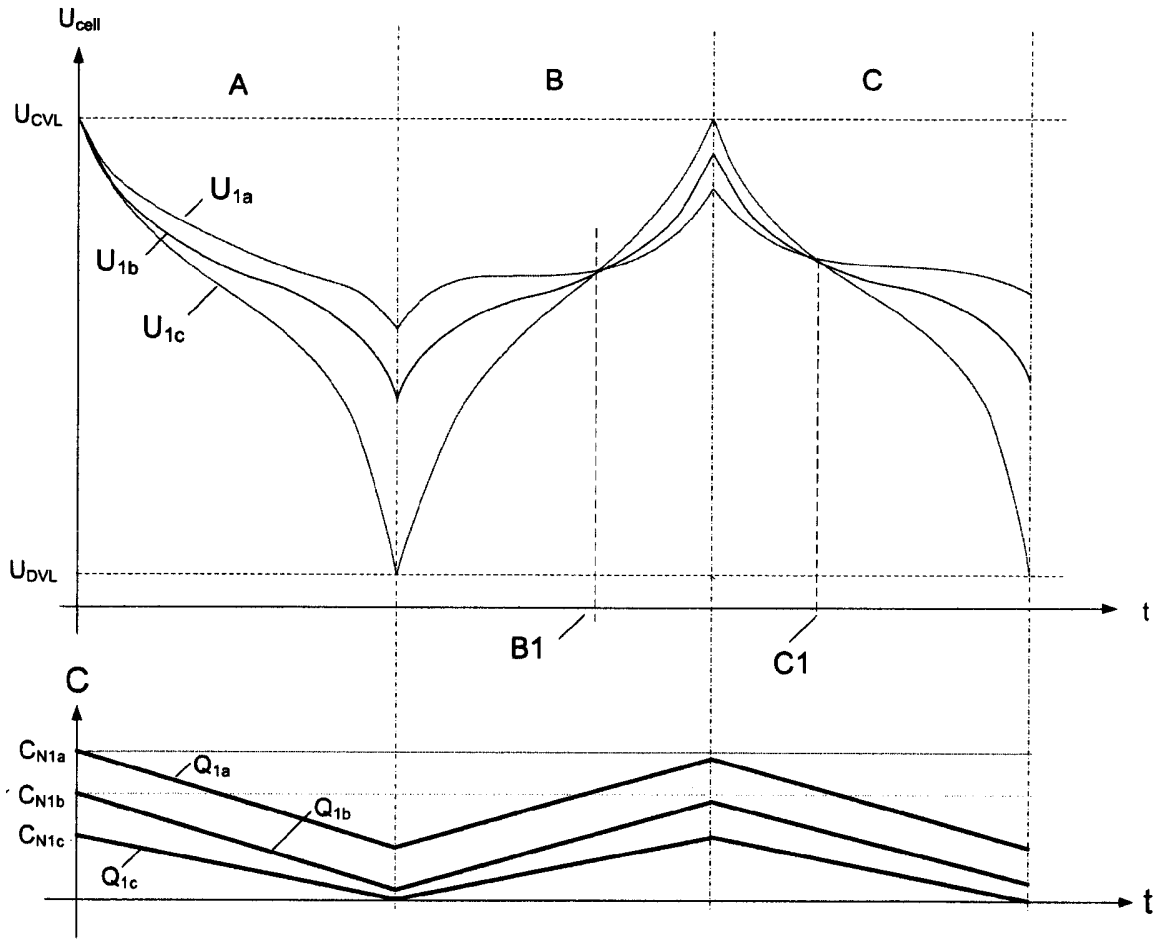


Fig. 3

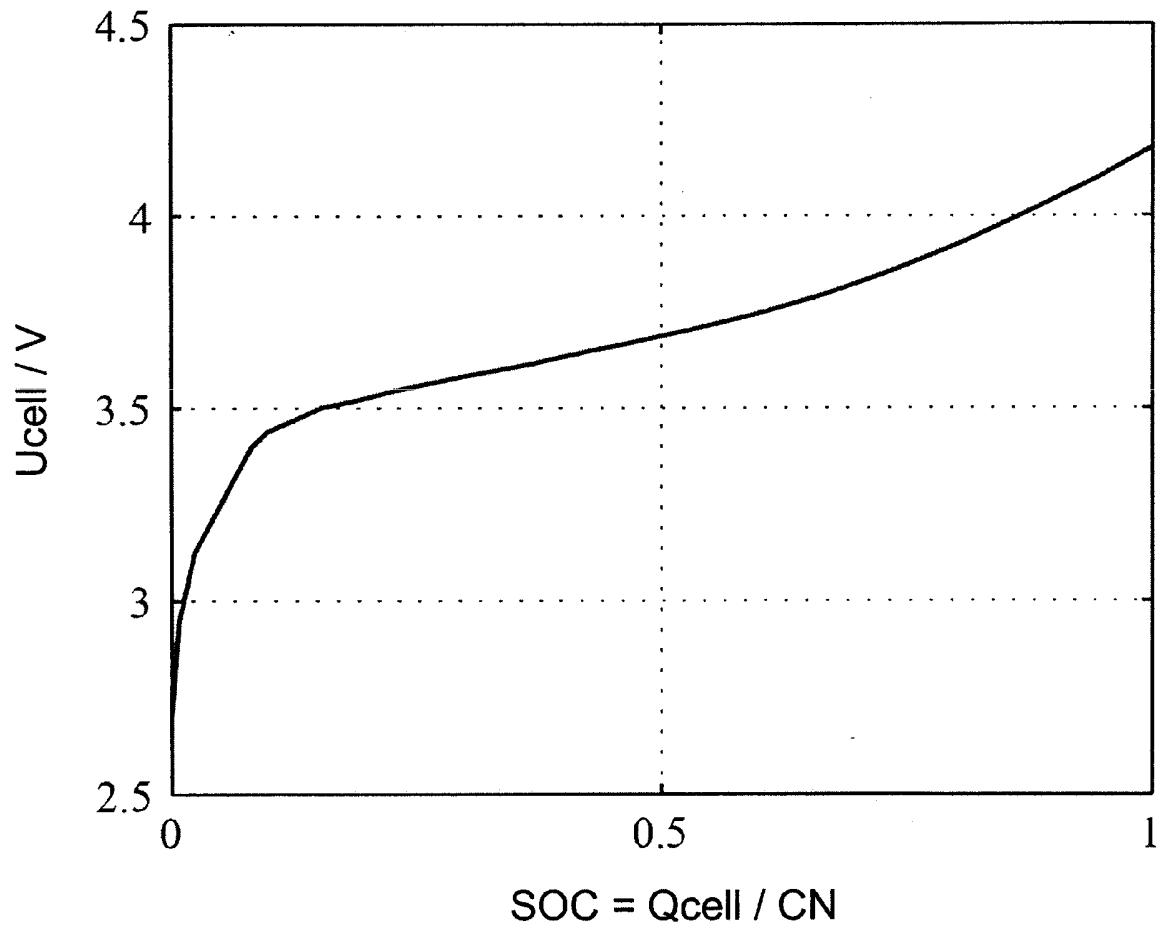


Fig. 4

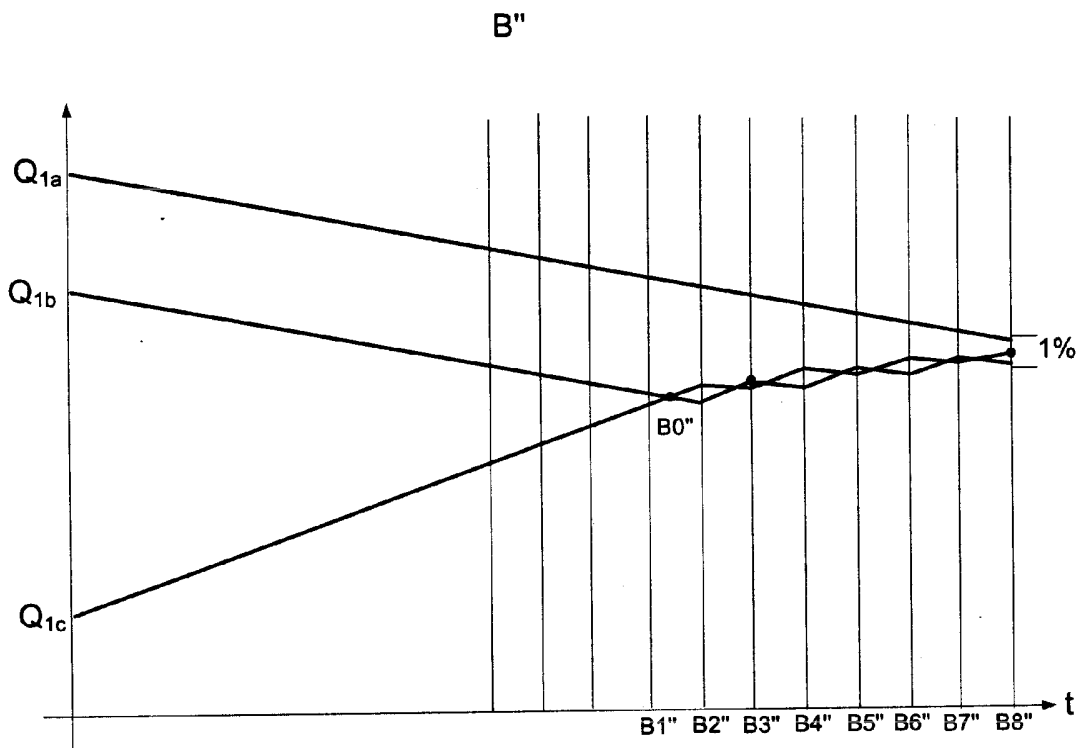


Fig. 5