



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 27 787 B4 2006.07.27**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 27 787.2**
 (22) Anmeldetag: **28.07.1995**
 (43) Offenlegungstag: **07.03.1996**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.07.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H02J 7/00 (2006.01)**
G01R 31/36 (2006.01)
H01M 10/44 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
178431/94 29.07.1994 JP
044135/95 03.03.1995 JP

(73) Patentinhaber:
Sanyo Electric Co., Ltd., Moriguchi, Osaka, JP

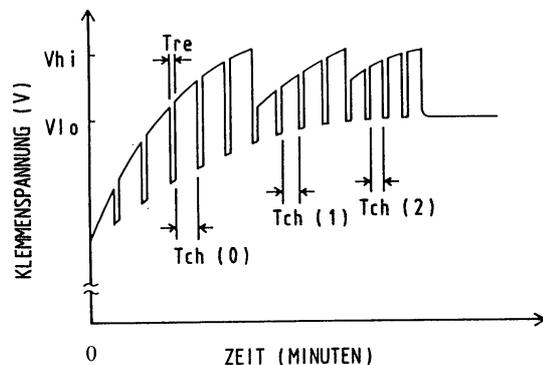
(74) Vertreter:
HOFFMANN & EITL, 81925 München

(72) Erfinder:
Tamai, Mikitaka, Sumoto, Hyogo, JP; Amazutsumi, Toru, Hyogo, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE-OS 25 24 790
DE-OS 19 26 917
US-PS 36 17 851
US 53 07 000 A
US 51 72 044 A
US 52 68 630
JP 06-1 13 474 A
JP 02-1 19 539 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Laden einer Sekundärbatterie**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend die folgenden Schritte:
 a) Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch, Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,
 b) Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie (B), während ein Laden gestoppt ist,
 c) Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y, Vlo),
 d) Beenden des Ladevorgangs, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y, Vlo) ist;
 e) Erfassen der Batterietemperatur,
 f) wobei der an die Batterie (B) zugeführte Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepiegel einem Voll-Ladepiegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt wird, indem die Ladeperioden (Tch(0), Tch(1)...Tch(2)) sukzessive spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verkürzt werden,...



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Laden einer Sekundärbatterie gemäß des Oberbegriffs der Verfahrensansprüche 1, 2, 3 bzw. der Vorrichtungsansprüche 9, 10, 11. Ein derartiges Verfahren und eine derartige Vorrichtung sind aus der US 5 307 000 A bekannt.

[0002] Die US-PS 3 617 851 beschreibt ebenfalls ein Batterieladegerät mit einer Steuerschaltung zur zyklischen Ladung und Entladung als Funktion der Batteriespannung während einer Entladung. Hier wird beschrieben, dass die Ladeperioden verringert werden können oder dass die Aus-Perioden verlängert werden können, oder dass der durchschnittliche Strom verringert werden kann, um eine übermäßige Gaserzeugung oder Erwärmung oder einen Verlust des Elektrolyts zu vermeiden.

[0003] Die DE-OS 25 24 790 beschreibt eine Schaltungsanordnung für ein Batterieladegerät, bei dem ein erster und ein zweiter Spannungspegel für den Ladungsvorgang verwendet wird. Die Abtastung der Batteriespannung findet innerhalb der Lade- als auch Entladeperioden statt.

[0004] Die DE-OS 19 26 917 beschreibt eine Schaltungseinrichtung zum Aufladen von Batterien, bei der der Ladestrom wieder eingeschaltet wird, wenn die Batteriespannung unter eine Bezugsspannung abfällt, wobei eine Einrichtung den Zustand der Aufladung der Batterie über das "Ein"- "Aus"-Schaltverhältnis des Ladestroms abtastet.

[0005] Die US 52 68 630 A beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Verändern der Abtastrate eines Schnelllade-Batterieladegeräts. Hier wird dann, wenn die Erhöhungsrates in der Batteriespannung relativ hoch ist, die effektive Abtastrate verringert, indem Abtastpunkte genommen werden, die zeitlich enger beieinander liegen.

[0006] Das US-Patent US 5 172 044 A beschreibt ein Ladeverfahren, welches sich auf eine Sekundärbatterie bezieht. Bei diesem Verfahren wird die Sekundärbatterie zunächst mit einem konstanten Strom geladen, bis die Klemmenspannung der sekundären Batterie einen vorgegebenen Spannungswert erreicht. Danach wird die Sekundärbatterie mit einer konstanten Spannung eines vorgegebenen Spannungswertes geladen, um zu verhindern, daß die Batterie durch eine Überspannung überladen wird. Um die Ladezeit zu reduzieren, kann ein größerer Stromwert während des Konstantstrom-Ladeintervalls gewählt werden. Allerdings sollte der Ladestrom auf einen Stromwert beschränkt werden, die der Ladeeigenschaften der sekundären Batterie nicht über-

mäßig verschlechtert.

[0007] Die japanische Offenlegungsschrift Nr. HEI 2-119539 (JP 2-119539A), veröffentlicht am 07. Mai 1990, beschreibt ebenfalls ein Ladeverfahren, bei dem eine Sekundärbatterie mit einem Konstantstrom geladen wird, bis die Klemmenspannung der sekundären Batterie einen ersten vorgegebenen Spannungswert erreicht.

[0008] Allerdings wird die Sekundärbatterie dann mit einem zweiten vorgegebenen konstanten Spannungswert geladen, der kleiner als der erste vorgegebene Spannungswert ist. Bei diesem Verfahren kann ein Laden der sekundären Batterie mit einem konstanten Strom auf den höheren ersten vorgegebenen Spannungswert eine Ladezeit reduzieren. Wenn jedoch der erste vorgegebene Spannungswert übermäßig hoch eingestellt wird, können die Ladeeigenschaften der sekundären Batterie exzessiv verschlechtert werden.

[0009] Um die obigen Probleme anzugehen, entwickelte einer der Erfinder der vorliegenden Erfindung ein Ladeverfahren, bei dem, wie in der am 22. April 1994 veröffentlichten japanischen Offenlegungsschrift Nr. HEI 6-113474 (JP 6-113474A) beschrieben, ein Ladevorgang alternierend gestartet und gestoppt wird, um die Batterie mit Impulsen zu laden. Dieses Ladeverfahren verringert die Ladezeit ohne eine übermäßige Verschlechterung durch Überladen der sekundären Batterie zu verursachen. Bei diesem Verfahren wird zu Beginn eines Ladevorgangs die Sekundärbatterie zunächst mit einem konstanten Strom geladen, bis die Klemmenspannung der sekundären Batterie einen ersten vorgegebenen Spannungswert erreicht.

[0010] Danach wird die Sekundärbatterie mit Impulsen bei einer konstanten Spannung des ersten vorgegebenen Spannungswerts gepulst geladen. Nach dem Impuls-Ladevorgang wird die Sekundärbatterie mit einem konstanten Spannungswert eines zweiten vorgegebenen Spannungswerts geladen, der kleiner als der erste vorgegebene Spannungswert ist.

[0011] Bei diesem Verfahren wird während des Impuls-Ladevorgangs die Sekundärbatterie mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert geladen, der höher als der zweite vorgegebene Spannungswert ist. Es wurde festgestellt, daß ein Impuls-Ladevorgang, bei dem ein Laden alternierend gestartet und gestoppt wird, im Vergleich mit einem kontinuierlichen Ladevorgang eine durch eine Überladung verursachte Verschlechterung der sekundären Batterie verringert.

[0012] Dieses Ladeverfahren besitzt die folgenden Nachteile. Bei diesem Ladeverfahren wird die Sekundärbatterie zunächst mit einem konstanten Strom,

dann mit Impulsen und schließlich mit einer konstanten Spannung geladen. Deshalb kann die Ladeschaltung für dieses Verfahren kompliziert sein. Zusätzlich wird die Sekundärbatterie während des Impuls-Ladeintervalls mit einem hohen ersten vorgegebenen Spannungswert für die gleiche Periode in jedem Impuls geladen. Bei Fortschreiten des Ladevorgangs auf einen Pegel mit voller Ladung kann ein Ladevorgang für die gleiche Dauer in jedem Impuls eine Verschlechterung der Ladeeigenschaft der sekundären Batterie durch eine Überladung verursachen.

[0013] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen, mit denen eine übermäßige Vergasung, eine übermäßige Erwärmung und ein übermäßiger Verlust des Elektrolyts der Sekundärbatterie während eines Ladevorgangs vermieden werden können.

[0014] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Laden einer Sekundärbatterie gemäß Anspruch 1, 2 oder 3 gelöst. Ferner wird diese Aufgabe durch eine Vorrichtung zum Laden einer Sekundärbatterie gemäß der Ansprüche 9, 10 oder 11 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Verbesserungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0015] Die Erfindung wird nachstehend anhand ihrer Ausführungsformen und unter Bezugnahme auf die Zeichnungen eingehend beschrieben. In den Zeichnungen zeigen:

[0016] Fig. 1 einen Graph, der einen Zusammenhang zwischen Überladebeträgen und ihre Auswirkung auf die Zykluslebensdauer einer nicht wässrigen organischen elektrolytischen, Lithium-Sekundärbatterie zeigt;

[0017] Fig. 2 eine Ladeschaltung einer Ladeeinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0018] Fig. 3 ein Flußdiagramm, welches ein Verfahren zum Laden einer Sekundärbatterie gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0019] Fig. 4 einen Graph der Klemmenspannung der sekundären Batterie, die gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geladen wird;

[0020] Fig. 5 einen detaillierten Graph aus Fig. 4, der eine verlängerte Zeitachse besitzt;

[0021] Fig. 6 ein Flußdiagramm, welches ein Verfahren zum Laden einer sekundären Batterie gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0022] Fig. 7 einen Graph der Klemmenspannung der sekundären Batterie, die gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geladen wird;

[0023] Fig. 8 ein Flußdiagramm, welches ein Verfahren zum Laden einer sekundären Batterie gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0024] Fig. 9 einen Graph der Klemmenspannung der sekundären Batterie, die gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geladen wird;

[0025] Fig. 10 ein Flußdiagramm, welches ein Verfahren zum Laden einer sekundären Batterie gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0026] Fig. 11 einen Graph der Klemmenspannung der sekundären Batterie, die gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geladen wird; und

[0027] Fig. 12 einen ausführlichen Graph aus Fig. 11, der eine verlängerte Zeitachse besitzt.

[0028] Die vorliegende Erfindung ist auf eine Ladeeinrichtung gerichtet, die eine Sekundärbatterie lädt. Während jeder Ladeperiode wird die Batterie mit einem Ladestrom, vorzugsweise einem konstanten Strom, in alternierenden Lade- und Ruheperioden geladen. In Ruheperioden ist der Ladestrom verringert oder vorzugsweise vollständig gestoppt. Gemäß einem Aspekt der Erfindung ist das Laden in einer solchen Weise beschränkt, um eine durch ein Überladen verursachte Verschlechterung der Batterie zu verringern oder zu beseitigen. Ferner kann das verbesserte Ladeverfahren leicht mit einer relativ einfachen Ladeschaltung durchgeführt werden.

[0029] Fig. 1 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Überladebetrag und seine Auswirkung auf die Zykluslebensdauer einer nicht wässrigen, organischen elektrolytischen Lithium-Sekundärbatterie (im folgenden als eine Lithiumionen-Sekundärbatterie bezeichnet). Die als "Überladebetrag" auf der vertikalen Achse dargestellte Größe ist der Ladebetrag über einen Voll-Ladepegel hinaus und er wird als ein prozentualer Anteil über einer Vollladung dargestellt. Wenn der Überladebetrag größer als 5% ist, dann nimmt die Zykluslebensdauer der Lithiumionen-Sekundärbatterie schnell ab, wie in Fig. 1 gezeigt. Somit nimmt die Qualität der Lithiumionen-Sekundärbatterie bei einer Überladung größer als ein Pegel von 5% rapide ab. Wenn andererseits der Überladebetrag kleiner als 5% ist, nimmt die Zykluslebensdauer nicht so schnell ab. Wenn der Überladebetrag kleiner als 3% ist, existiert nur ein sehr geringer Abfall

der Zykluslebensdauer der Lithiumionen-Sekundärbatterie. Wenn ferner der Überladebetrag innerhalb von 1% ist, besteht im wesentlichen kein Abfall der Zykluslebensdauer der Lithiumionen-Sekundärbatterie.

[0030] Deshalb wird gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zur Reduzierung oder Beseitigung einer durch eine Überladung verursachten Verschlechterung der Lithiumionen-Sekundärbatterie der an die Batterie während einer Ladeperiode gelieferte Ladebetrag auf einen Bereich innerhalb von 5% von dem Vollladebetrag beschränkt. Vorzugsweise wird der Ladebetrag während einer Ladeperiode auf innerhalb 3% eingestellt. Vorzugsweise wird der Ladebetrag während der Ladeperiode auf innerhalb 1% eingestellt.

[0031] Wenn Sekundärbatterien irgendeines Typs überladen werden, verschlechtern sich gewöhnlicherweise die Eigenschaften der Sekundärbatterien. Beispielsweise wird die Zykluslebensdauer der Sekundärbatterie typischerweise durch eine Überladung herabgesetzt. Eine Lithiumionen-Sekundärbatterie ist insbesondere anfällig für eine Schwächung als Ergebnis einer übermäßigen Ladung. In den folgenden Ausführungsformen wird als die Sekundärbatterie eine Lithiumionen-Sekundärbatterie verwendet. Allerdings ist die vorliegende Erfindung auf andere Arten von Sekundärbatterien genauso anwendbar.

[0032] Fig. 2 zeigt eine Ladeschaltung einer Ladeeinrichtung. Die Ladeeinrichtung lädt eine Batterie säule **3**, die zwei in Reihe geschaltete Sekundärbatterien **B** enthält. In einer bevorzugten Ausführungsform umfassen die Sekundärbatterien **B** Lithiumionen-Sekundärbatterien.

[0033] Die Ladeeinrichtung umfaßt eine Gleichstrom-Energiequelle **1**, ein Schaltelement **SW1** und eine Steuereinrichtung **2**. Die Gleichstrom-Energiequelle **1** wandelt den Netzwechselstrom (z.B. einen Wechselstrom bei 100 Volt) in einen Gleichstrom um, der eine geeignete Spannung zum Laden der Sekundärbatterien **B** aufweist. Die Gleichstrom-Energiequelle **1** stellt ferner einen vorgegebenen konstanten Strom (z.B. einen konstanten Strom von ungefähr 3 C) bereit.

[0034] Das Schaltelement **SW1** umfaßt ein Halbleiterschaltelement, beispielsweise einen Transistor oder einen FET. Wenn das Schaltelement **SW1** EIN-geschaltet ist, dann lädt die Einrichtung die Sekundärbatterien **B** mit einem konstanten Strom. Wenn andererseits das Schaltelement **SW1** AUS-geschaltet ist, dann stoppt die Einrichtung den Ladevorgang.

[0035] Die Steuereinrichtung **2** schaltet wiederholt das Schaltelement **SW1** ein und aus, um der Einrich-

tung zu ermöglichen, die Batterien in alternierenden Lade- und bzw. Ruheperioden zu laden. Die Batterie säule **3** umfaßt eine Überladungsschutzschaltung **4**, die das Überladen der Sekundärbatterien **B** verringert oder beseitigt, indem die Klemmenspannung der Sekundärbatterien **B** überwacht wird. Die Überladungsschutzschaltung **4** umfaßt einen Differenzverstärker **5**, eine Referenzspannung **E** (z.B. 9,0 V), einen MOSFET, eine Konstantstromquelle **6**, und einen Inverter **7**. Der Differenzverstärker **5** vergleicht die Quellenspannung der Sekundärbatterien **B** mit einer Referenzspannung **E**. Der Ausgang des Differenzverstärkers **5** schaltet den MOSFET ein und aus. Parallel zu dem MOSFET ist ein Kondensator **C** geschaltet. Die Konstantstromquelle **6** versorgt den Kondensator **C** und den MOSFET mit einem konstanten Strom. Der Inverter **7** invertiert die Klemmenspannung des Kondensators **C**. Der Ausgang des Inverters **7** schaltet das Schaltelement **SW1** ein und aus.

[0036] Die Überladungsschutzschaltung **4** arbeitet in der folgenden Weise. Wenn die Klemmenspannung der Sekundärbatterien **B** kleiner als die Referenzspannung **E** ist, dann ist der Ausgang des Differenzverstärkers **5** hoch und der MOSFET wird eingeschaltet, wobei der Kondensator **C** kurzgeschlossen wird. Dann wird die Klemmenspannung des Kondensators **C** im wesentlichen 0 V, was den Inverter **7** veranlaßt, ein hohes Signal auszugeben, welches das Schaltelement **SW1** eingeschaltet hält, wobei die Fortsetzung eines Ladevorgangs zugelassen wird.

[0037] Wenn die Klemmenspannung der Sekundärbatterien **B** andererseits höher als die Referenzspannung **E** (z.B. 9 V) ist, dann ist der Ausgang des Differenzverstärkers **5** niedrig und der MOSFET wird ausgeschaltet. Infolgedessen wird der Kondensator **C** durch die Konstantstromquelle **6** so geladen, daß die Klemmenspannung des Kondensators **C** allmählich ansteigt. Wenn die Klemmenspannung des Kondensators **C** die vorgegebene Schwellspannung des Inverters **7** erreicht, dann gibt der Inverter **7** ein niedriges Signal aus, welches das Schaltelement **SW1** ausschaltet. In dieser Ausführungsform erreicht die Klemmenspannung des Kondensators **C** den vorgegebenen Schwellspannungswert 60 ms, nachdem der MOSFET ausgeschaltet wird. Somit gibt der Inverter **7** 60 ms nach Ausschalten des MOSFET ein niedriges Signal aus, welches das Schaltelement **SW1** ausschaltet, um die Ladeperiode zu beenden.

[0038] Der Zeitbetrag, den die Klemmenspannung des Kondensators **C** benötigt, um die vorgegebenen Schwellspannung zu erreichen, ist eine Funktion des Stromwerts der Konstantstromquelle **6** und der Kapazität des Kondensators **C**. Durch Verändern dieser Werte kann die Verzögerung zwischen der Zustandsänderung des MOSFET und dem nachfolgenden Ausschalten des Schalters **SW1** leicht eingestellt werden.

[0039] Aus der voranstehenden Beschreibung entnimmt man, daß, wenn die Klemmenspannung der Sekundärbatterie B die Referenzspannung E für mehr als 60 ms übersteigt, das Schaltelement SW1 zum Beenden eines Ladevorgangs ausschaltet. In dieser Weise verhindert die Überladungsschutzschaltung 4, daß die Sekundärbatterien B überladen werden. Eine derartige Überladung kann beispielsweise auftreten, wenn eine Fehlfunktion der Konstantquelle 1 oder der Steuerschaltung 2 existiert. Es sei darauf hingewiesen, daß, wenn die Klemmenspannung der Sekundärbatterien B die Referenzspannung E übersteigt, aber unter die Spannung E innerhalb der Periode von 60 msek. fällt, das Schaltelement SW1 eingeschaltet bleibt, um den Ladevorgang fortzusetzen.

[0040] In der voranstehend beschriebenen Überladungsschutzschaltung 4 ist die Klemmenspannung der Sekundärbatterien B, die abgetastet wird, die in Reihe geschaltete Spannung. In einer alternativen Ausführungsform kann die Ladungsschutzschaltung 4 die Klemmenspannung von jeder der Sekundärbatterien B individuell abtasten. Wenn dann die Klemmenspannung irgendeiner der Sekundärbatterien B die bestimmte Referenzspannung länger als die vorgegebene Zeitperiode übersteigt, dann kann die Schaltung 4 das Schaltelement SW1 zum Beenden des Ladevorgangs ausschalten.

[0041] Das Ladeverfahren gemäß einer ersten Ausführungsform der Steuereinrichtung 2 wird nachstehend unter Bezugnahme auf ein in Fig. 3 gezeigtes Flußdiagramm beschrieben. Fig. 4 zeigt einen Graph der Klemmenspannung der Lithiumionen-Batterie in dieser Ausführungsform. Fig. 5 zeigt eine ausführliche Ansicht des Graphen aus Fig. 4, wobei die Zeitachse erweitert ist.

[0042] In dieser ersten Ausführungsform lädt die Ladeeinrichtung die Sekundärbatterie mit einem konstanten Strom in alternierenden Ladeperioden und Ruheperioden, in denen der Ladevorgang gestoppt ist.

[0043] In einem Aspekt der Erfindung ist der Ladebetrag, der an die Batterie während jeder Ladeperiode gefolgt von einer Ruheperiode geliefert wird, auf einen Betrag beschränkt, der keine Verschlechterung der Sekundärbatterie verursacht, wenn sie sich einem Voll-Ladepiegel annähert.

[0044] Hinsichtlich des Ladebetrags, der keine Verschlechterung der Sekundärbatterie in der Nähe des Voll-Ladepiegels verursacht, wenn eine Lithiumionen-Sekundärbatterie verwendet wird, ist der Ladebetrag während jeder Ladeperiode vorzugsweise auf 5% der Volladepkapazität gemäß der obigen Fig. 1 beschränkt. Insbesondere sollte der Ladebetrag während jeder Ladeperiode 3% nicht übersteigen. Weiter

vorzugsweise sollte der Ladebetrag während jeder Ladeperiode innerhalb von 1% liegen. Wenn die Lithiumionen-Sekundärbatterie beispielsweise eine Volladepkapazität von 1000 mAh aufweist, ist 5% dieses Vollladebetrags von 1000 mAh gleich 50 mAh.

[0045] Wenn der Ladestrom 2 A beträgt, wird deshalb beispielsweise jede Ladeperiode vorzugsweise auf 90 Sek. (= 25 mh) eingestellt. Wenn der Ladebetrag während jeder Ladeperiode auf 1% der Volladepkapazität von 1000 mAh eingestellt wird, ist alternativ die Dauer jeder Ladeperiode 18 Sek. (= 5 mh).

[0046] Nachdem die Einrichtung den Prozess startet, tastet die Steuereinrichtung 2, wie im Flußdiagramm aus Fig. 3 gezeigt, die Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterien B für den gestoppten Ladevorgang während der Ruheperioden ab, in denen ein Ladevorgang gestoppt ist. Im Schritt 2 wird bestimmt, ob die abgetastete Klemmenspannung (Vst) für den gestoppten Ladevorgang kleiner als ein vorgegebener erster Spannungswert Y (z.B. 8,4 V) ist.

[0047] Wenn die abgetastete Klemmenspannung (Vst) für gestopptes Laden kleiner als der vorgegebene Spannungswert (Y) ist, dann schaltet die Steuereinrichtung 2 das Schaltelement SW1 im Schritt 3 wieder ein, um das Laden wiederaufzunehmen. Im Schritt 4 startet die Steuereinrichtung 2 einen Zeitnehmer, um eine vorgegebene Ladeperiode (Tch) (z.B. 1,5 msek.) zu messen. Der Ladezeitnehmer ist in der Steuereinrichtung 2 untergebracht. Dann wird im Schritt 4 bestimmt, ob die vorgegebene Ladeperiode Tch abgelaufen ist oder nicht.

[0048] Wenn die vorgegebene Ladeperiode (Tch) noch nicht abgelaufen ist, fährt die Steuereinrichtung 2 fort, die Sekundärbatterien B zu laden. Sobald die vorgegebene Ladeperiode (Tch) abgelaufen ist, schaltet die Steuereinrichtung 2 das Schaltelement SW1 im Schritt 5 aus, um den Ladevorgang zu unterbrechen.

[0049] Im Schritt 6 startet die Steuereinrichtung 2 einen Ruheperioden-Zeitnehmer zum Messen einer vorgegebenen Ruheperiode (Tre) (z.B. 1,5 msek.). Der Ruheperioden-Zeitnehmer ist in der Steuereinrichtung 2 untergebracht. Dann wird im Schritt 6 bestimmt, ob die vorgegebene Ruheperiode (Tre) abgelaufen ist oder nicht. Wenn die vorgegebene Ruheperiode (Tre) noch nicht abgelaufen ist, dann fährt die Steuereinrichtung 2 fort, das Schaltelement SW1 in dem AUS-Zustand zu halten.

[0050] Sobald die Ruheperiode abläuft, wiederholt der Prozess die Schritte 1 bis 6. Wenn dann im Schritt 2 bestimmt wird, daß die abgetastete Klemmenspannung (Vst) für gestopptes Laden gleich oder größer als der vorgegebene Spannungswert (Y) ist, dann wird ein Zähler im Schritt 7 inkrementiert. Im Schritt 8

wird bestimmt, ob die Anzahl der Ereignisse, bei denen die abgetastete Spannung (Vst) für gestopptes Laden die vorgegebene Spannung (Y) überschritten hat, (dargestellt durch den Zählwert im Schritt 7) gleich oder größer als eine vorgegebene Anzahl (A) ist (z.B. 3 mal). Wenn der Zählwert im Schritt 8 kleiner als die darauffolgende vorgegebene Anzahl (A) ist, dann springt der Prozess zum Schritt 1 zurück, um die Klemmenspannung (Vst) für gestopptes Laden wieder abzutasten. Wenn andererseits der Zählwert im Schritt 8 gleich oder größer als die darauffolgende vorgegebene Anzahl (A) ist, dann ist der Ladevorgang abgeschlossen.

[0051] In einer alternativen Ausführungsform können die Schritte 7 bis 8 weggelassen werden. Nachdem die abgetastete Stopp-Klemmenspannung (Vst) im Schritt 1 gleich oder größer wie der vorgegebene Spannungswert (Y) ist, kann angenommen werden, daß der Ladevorgang abgeschlossen ist.

[0052] In dem Prozess der ersten Ausführungsform tastet die Steuereinrichtung die gestoppte Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterien B ab, während ein Ladevorgang gestoppt ist.

[0053] Wenn die Klemmenspannung überwacht wird, während der Ladevorgang vor sich geht, ist die überwachte Klemmenspannung gewöhnlicherweise viel größer als die gestoppte Klemmenspannung (Vst). Dieser Unterschied ist gewöhnlicherweise ein Ergebnis eines durch einen Kontaktwiderstand oder durch einen Innenwiderstand in den Sekundärbatterien B verursachten Spannungsabfalls, wie in den Fig. 4 und 5 gezeigt. Deshalb stellt die gestoppte Klemmenspannung (Vst) eine gute Anzeige des Ladungspegels der Sekundärbatterien B bereit.

[0054] Eine kürzere Ladeperiode kann effektiv die Verschlechterung der Sekundärbatterie verringern. Allerdings können Schaltungskomponenten, die eine extrem viel kürzere Ladeperiode in der Steuereinrichtung 2 ermöglichen und das Schaltelement SW1 viel teurer sein.

[0055] Wie in Fig. 5 gezeigt, stabilisiert sich die Klemmenspannung der Lithiumionen-Sekundärbatterie typischerweise um ungefähr 0,5 ms, nachdem das Schaltelement SW1 ein- oder ausgeschaltet ist. Deshalb ist die Zeitlänge einer Ladeperiode vorzugsweise so eingestellt, daß sie 1 ms übersteigt.

[0056] Ein Ladeverfahren gemäß einer zweiten dargestellten Ausführungsform wird nachstehend unter Bezugnahme auf ein Fig. 6 gezeigtes Flußdiagramm beschrieben. Fig. 7 zeigt einen Graphen der Klemmenspannung der Lithiumionen-Batterie, wenn sie gemäß dieser Ausführungsform geladen wird.

[0057] In der zweiten Ausführungsform lädt die La-

deeinrichtung die Sekundärbatterie in alternierenden Ladeperioden (mit einer ersten Dauer Tch(n)) und Ruheperioden (Tre) konstanter Länge.

[0058] Die Ladeeinrichtung tastet die Ladeklemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie ab, während die Batterie geladen wird. Dann vergleicht die Ladeeinrichtung die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) mit einem vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi).

[0059] Nachdem die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) den vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) erreicht oder übersteigt, lädt die Ladeeinrichtung die Sekundärbatterie in alternierenden Lade- und Ruheperioden, in denen die Ladeperioden eine kürzere Dauer (Tch(n+1)) als die vorangehenden Ladeperioden (Tch(n)) aufweisen. Jedoch bleibt die Dauer (Tre) der Ruheperiode konstant.

[0060] Wenn eine abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) dem vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) gleicht oder diesen übersteigt, nähert sich der Ladevorgang dem Voll-Ladepegel an. Nachdem die abgetastete Ladeklemmenspannung dem vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) gleicht oder diesen übersteigt, lädt die Ladeeinrichtung deshalb die Sekundärbatterie in alternierenden Lade- und Ruheperioden, in denen die Ladeperioden kürzer als die vorangehenden Ladeperioden sind, um die Verschlechterung der Sekundärbatterie durch einen Überladevorgang zu verringern.

[0061] Deshalb ist der Ladebetrag während jeder Ladeperiode gefolgt von einer Ruheperiode in der Nähe des Voll-Ladepegels auf einen Betrag beschränkt, der keine Verschlechterung der Sekundärbatterie verursacht.

[0062] Nachdem die Einrichtung den Prozess startet, initialisiert die Steuereinrichtung 2 die Anzahl (n) in den Ladeperioden (Tch(n)) auf 0 im Schritt 1, wie im Flußdiagramm aus Fig. 6 gezeigt. Die Anzahl (n) stellt die Anzahl von Malen dar, in denen die Ladeklemmenspannung der Sekundärbatterie B den vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) erreicht. Dann berechnet die Steuereinrichtung 2 die Ladeperioden (Tch(n)) gemäß der folgenden Gleichung (1).

$$Tch(n) = 50 \text{ ms} - (5 \text{ ms} \times n) \quad (1)$$

[0063] Wenn die Anzahl (n) in der Gleichung (1) Null ist, dann wird die Ladeperiode (Tch(0)) auf 50 ms eingestellt (in einer alternativen Ausführungsform können die Ladeperioden (Tch(n)) gemäß anderer Verfahren berechnet werden, beispielsweise gemäß der Gleichung (Tch(n) = Tch(0)/n).

[0064] Im Schritt 2 tastet die Steuereinrichtung 2 die gestoppte Klemmenspannung (Vst) der Sekundär-

batterien B ab, während ein Ladevorgang gestoppt ist. Im Schritt **3** wird bestimmt, ob die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) dem vorgegebenen niedrigen Spannungswert (Vlo) (z.B. 8,4 V) gleich oder diesen übersteigt.

[0065] Wenn die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) kleiner als der vorgegebene niedrige Spannungswert (Vlo) ist, dann schaltet die Steuereinrichtung **2** das Schaltelement SW1 im Schritt **4** ein, so daß die Sekundärbatterien B mit einem konstanten Strom von 3 C geladen werden (das Zeichen "C" bezeichnet die nominelle Kapazität der Sekundärbatterie. Wenn die Sekundärbatterie eine nominelle Kapazität von 1000 mAh besitzt, dann ist ein Ladestrom von 3 C gleich 3 A).

[0066] Im Schritt **5** wird bestimmt, ob die Ladeperioden (Tch(n)) abgelaufen sind oder nicht. Nachdem die Ladeperiode (Tch(n)) abgelaufen ist, tastet die Steuereinrichtung **2** die Ladeklemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterien B ab, während sie im Schritt **6** geladen werden.

[0067] Im Schritt **7** wird dann bestimmt, ob die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) dem vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) (z.B. 9,0 V) gleich oder größer als dieser ist. Wenn die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) kleiner als der vorgegebene hohe Spannungswert (Vhi) ist, dann schaltet die Steuereinrichtung **2** das Schaltelement SW1 für die Ruheperiode (Tre) aus und dann tastet sie (im Schritt **2**) wieder die Klemmenstoppspannung (Vst) ab. In dieser Ausführungsform sind die Ruheperioden (Tre) konstant, beispielsweise 10 msek.

[0068] Wenn andererseits im Schritt **7** bestimmt wird, daß die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) gleich oder größer als der vorgegebene hohe Spannungswert (Vhi) ist, dann wird die Anzahl (n) um Eins inkrementiert. Die Steuereinrichtung **2** berechnet die Ladeperioden (Tch(n+1)) gemäß der obigen Gleichung (1), so daß die Ladeperioden (Tch(n+1)) jeweils 5 msek. kürzer als die vorausgehenden Ladeperioden (Tch(n)) sind.

[0069] Im Schritt **9** wird bestimmt, ob die gegenwärtigen Ladeperioden (Tch(n)) gleich oder kleiner als Null sind. Wenn die Ladeperioden (Tch(n)) größer als Null sind, dann schaltet die Steuereinrichtung **2** (im Schritt **10**) das Schaltelement **2** aus, um eine Ruheperiode zu initiieren und der Prozess kehrt zum Schritt **2** zurück. Wenn die Ladeperioden (Tch(n)) gleich oder kleiner als Null sind, dann ist der Ladevorgang beendet.

[0070] Wenn (im Schritt **3**) bestimmt wird, daß die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der vorgegebene niedrige Spannungswert (Vlo) ist, wird im Schritt (**11**) ein Zähl-

wert inkrementiert. Im Schritt **12** wird bestimmt, ob die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) aufeinanderfolgend eine vorgegebene Anzahl von Malen (A) (z.B. 3 mal) gleich wie der vorgegebene niedrige Spannungswert (Vlo) war oder diesen überschritten hat (wie durch den Zählwert im Schritt **11** dargestellt). Wenn der Zählwert im Schritt **11** kleiner als die vorgegebene Anzahl (A) ist, dann kehrt der Prozess zum Schritt **2** zurück, um die gestoppten Klemmenspannung (Vst) wieder abzutasten. Wenn andererseits der Zählwert im Schritt **11** gleich oder größer als die vorgegebene Anzahl (A) ist, was anzeigt, daß die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) aufeinanderfolgend A-mal gleich oder größer wie der vorgegebene niedrige Spannungswert (Vlo) gewesen ist, dann ist der Ladevorgang beendet (Schritt ENDE).

[0071] Kurz zusammengefaßt lädt die Steuereinrichtung **2** die Sekundärbatterien B während der Schritte **1** bis **10** mit einem konstanten Strom 3 C in alternierenden Ladeperioden (Tch(n)) und konstanten Ruheperioden (Tre), bis die Ladeklemmenspannung (Vch) den vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) erreicht. Jedesmal wenn die Ladeklemmenspannung (Vch) den vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) erreicht, reduziert die Steuereinrichtung **2** jede Ladeperiode im Vergleich zu den vorangehenden Ladeperioden um 5 msek. Die Ruheperioden (Tre) bleiben konstant.

[0072] Als nächstes wird im Zusammenhang mit dem in **Fig. 7** gezeigten Graph der Klemmenspannung dieser Prozess erläutert. Nachdem die Steuereinrichtung den Prozess startet, lädt die Steuereinrichtung **2** die Sekundärbatterien B mit einem konstanten Strom 3 C in alternierenden Ladeperioden (Tch(0):50 msek.) und konstanten Ruheperioden (Tre:10 msek.), bis die Ladeklemmenspannung (Vch) den vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) erreicht.

[0073] Nachdem die Ladeklemmenspannung (Vch) den vorgegebenen hohen Spannungswert (vhi) zum ersten Mal erreicht, reduziert die Steuereinrichtung **2** jede Ladeperiode (Tch(1)) auf 45 msek., was 5 msek. kürzer als die vorangehende Ladeperiode (Tch(0)) ist. Jedesmal wenn die Ladeklemmenspannung (Vch) danach den vorgegebenen hohen Spannungswert (Vhi) erreicht, reduziert die Steuereinrichtung **2** die Ladeperioden um 5 msek.

[0074] Ferner tastet die Steuereinrichtung **2** die gestoppte Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie B während jeder Ruheperiode ab und vergleicht die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) mit dem vorgegebenen niedrigen Spannungswert (Vlo), der kleiner als der vorgegebene hohe Spannungswert (Vhi) ist. Wenn die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (Vst) dem vorgegebenen niedri-

gen Spannungswert (V_{lo}) aufeinanderfolgend eine Anzahl von Malen, wie durch eine vorgegebene Anzahl (A) dargestellt, gleicht oder diesen Wert überschreitet, befindet sich die Batterie auf dem Voll-Ladepiegel und ein Ladevorgang ist abgeschlossen.

[0075] Zu Beginn jeder Ladeperiode ist die Klemmenspannung der Sekundärbatterien B in **Fig. 7** kleiner dargestellt als am Ende der vorangehenden Ladeperiode. Der Grund hierfür liegt darin, daß sich während der Ruheperioden chemische Reaktionen in der Sekundärbatterie stabilisieren, wobei die Klemmenspannung reduziert wird.

[0076] Wie voranstehend im Zusammenhang mit der zweiten Ausführungsform beschrieben, werden die Dauern der Ladeperioden im Vergleich mit den vorangehenden Ladeperioden reduziert, jedesmal wenn die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert erreicht oder diesen überschreitet. Allerdings können die Ladeperioden in einer alternativen Ausführungsform auf einen konstanten Wert (z.B. 50 msek.) eingestellt werden. Jedesmal, nachdem die Klemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen Spannungswert erreicht oder diesen überschreitet, können dann die Ruheperioden ($T_{re}(n)$) gemäß der folgenden Gleichung (2) verlängert werden.

$$T_{re}(n) = 10 \text{ ms} + (10 \text{ ms} \times n) \quad (2)$$

[0077] Die verlängerten Ruheperioden ($T_{re}(n)$) gemäß der Gleichung (2) können eine Verschlechterung der Sekundärbatterie, verursacht durch ein Überladen bei der Annäherung an den Voll-Ladungspegel reduzieren oder beseitigen.

[0078] Als eine weitere alternative Ausführungsform kann ein Temperatursensor eingebaut werden, um die Temperatur der Sekundärbatterien B zu erfassen oder zu detektieren. Wenn die Temperatur der Sekundärbatterien B ansteigt, dann können beispielsweise die Ladeperioden ($T_{ch}(n)$) gemäß der Gleichung (1) verringert werden, oder gemäß Gleichung (2) können beispielsweise die Ruheperioden ($T_{re}(n)$) vergrößert werden, und zwar weiter modifiziert durch eine Temperaturkomponente. Beispielsweise können die Ladeperioden ($T_{ch}(n)$) gemäß der folgende Gleichung (3) eingestellt werden.

$$T_{ch}(n) = 50 \text{ ms} - (5 \text{ ms} \times n) - Ak \quad (3)$$

wobei K die Temperatur darstellt und A eine Konstante ist. Wenn der Temperatursensor erfaßt, daß die Batterietemperatur größer als 60°C ist, dann kann die Steuereinrichtung **2** zusätzlich zum Stoppen des Ladevorgangs das Schaltelement SW1 ausschalten. In einer noch anderen alternativen Ausführungsform kann der vorgegebene hohe Spannungswert (V_{hi}) auf einen kleineren Wert eingestellt werden, wenn die

Temperatur der Sekundärbatterien B ansteigt, um die durch eine Überladung verursachte Verschlechterung der Sekundärbatterien B zu verringern.

[0079] Ein Ladeverfahren gemäß einer dritten dargestellten Ausführungsform wird nachstehend unter Bezugnahme auf in **Fig. 8** gezeigtes Flußdiagramm beschrieben. **Fig. 9** zeigt einen Graphen einer Klemmenspannung der Lithiumionen-Batterie, wenn sie in dieser Ausführungsform geladen wird.

[0080] In dieser dritten dargestellten Ausführungsform lädt die Ladeeinrichtung die Sekundärbatterie mit einem variablen Ladestrom ($I(n)$) in alternierenden konstanten Ladeperioden (T_{ch}) und konstanten Ruheperioden (T_{re}). Die Ladeeinrichtung tastet eine Ladeklemmenspannung (V_{ch}) der Sekundärbatterie während jeder Ladeperiode ab und vergleicht die abgetastete Ladeklemmenspannung (V_{ch}) mit einem vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}).

[0081] Wenn die abgetastete Klemmenspannung einen vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht oder überschreitet, dann lädt die Ladeeinrichtung die Sekundärbatterie mit einem kleineren konstanten Strom ($I(n+1)$) als der vorangehende konstante Strom ($I(n)$) der vorhergehenden Ladeperioden (T_{ch}). Wenn die abgetastete Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht oder überschreitet, dann nähert sich der Ladevorgang gerade dem Voll-Ladepiegel der Batterie an. Nachdem die abgetastete Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht oder überschreitet, lädt deshalb die Ladeeinrichtung die Sekundärbatterie mit einem kleineren konstanten Strom als der vorangehende konstante Strom, um die durch eine Überladung verursachte Verschlechterung der Sekundärbatterie zu verringern oder zu beseitigen. Deshalb ist der Ladebetrag während einer einzelnen Ladeperiode, gefolgt von einer Ruheperiode in der Nähe des Voll-Ladepiegels auf einen Betrag beschränkt, der eine Verschlechterung der Zykluslebensdauer der Sekundärbatterie verringert oder beseitigt.

[0082] Nachdem die Einrichtung den Prozess startet, initialisiert die Steuereinrichtung **2** die Anzahl (n) des konstanten Ladestroms ($I(n)$) auf Null, wie im Schritt **1** im Flußdiagramm aus **Fig. 8** gezeigt.

[0083] Die Anzahl (n) repräsentiert die Anzahl von Ereignissen, zu denen die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) der Sekundärbatterien B den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht hat.

[0084] Zusätzlich berechnet die Steuereinrichtung **2** den Ladestrom gemäß der folgenden Gleichung (4).

$$I(n) = 3 \text{ C} - (1 \text{ C} \times n) \quad (4)$$

[0085] Wenn die Anzahl (n) Null ist, wird somit der Ladestrom ($I(0)$) auf 3 C gesetzt.

[0086] Im Schritt **2** tastet die Steuereinrichtung **2** die gestoppte Klemmenspannung (V_{st}) der Sekundärbatterien B während einer Ruheperiode ab. Im Schritt **3** wird bestimmt, ob die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (V_{st}) den vorgegebenen niedrigen Spannungswert (V_{lo}) (z.B. 8,4 V) erreicht oder überschritten hat.

[0087] Wenn bestimmt wird, daß die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (V_{st}) kleiner als der vorgegebene niedrige Spannungswert (V_{lo}) ist, dann schaltet die Steuereinrichtung **2** das Schaltelement SW1 im Schritt **4** ein, wobei veranlaßt wird, daß die Sekundärbatterien B mit dem anfänglichen Ladestrom ($I(0)$) von 3 C geladen werden.

[0088] Im Schritt **5** wird bestimmt, ob die konstante vorgegebene Ladeperiode (T_{ch} : z.B. 50 ms) abgelaufen ist. Sobald die Ladeperiode (T_{ch}) abgelaufen ist, tastet die Steuereinrichtung **2** (Schritt **6**) die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) der Sekundärbatterien B während eines Ladevorgangs ab.

[0089] Im Schritt **7** wird bestimmt, ob die abgetastete Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) (z.B. 9,0 V) erreicht oder überschritten hat. Wenn die abgetastete Ladeklemmenspannung (V_{ch}) kleiner als der vorgegebene hohe Spannungswert (V_{hi}) ist, schaltet die Steuereinrichtung **2** (Schritt **10**) das Schaltelement SW1 für die Ruheperiode (T_{re}) aus und der Prozess kehrt zum Abtasten der gestoppten Klemmenspannung zurück (Schritt **2**). In dieser Ausführungsform ist die Ruheperiode (T_{st}) des Schaltelements SW1 eine Konstante von 10 ms.

[0090] Wenn andererseits im Schritt **7** bestimmt wird, daß die abgetastete Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht oder überschritten hat, dann wird die Anzahl (n) um Eins erhöht. Dann reduziert die Steuereinrichtung **2** den Ladestrom gemäß der voranstehenden Gleichung (4), so daß der gegenwärtige Ladestrom ($I(n+1)$) um 2 C verringert wird, also auf einen Pegel, der 1 C kleiner als der Pegel von 3 C des vorangehenden Ladestroms ($I(n)$) ist.

[0091] Im Schritt **9** wird bestimmt, ob der gegenwärtige Ladestrom ($I(n)$) gleich oder kleiner als Null ist.

[0092] Wenn der Ladestrom ($I(n)$) über Null bleibt, schaltet die Steuereinrichtung **2** (Schritt **10**) das Schaltelement **2** aus und der Prozess kehrt zum Schritt **2** zurück. Wenn andererseits der berechnete Ladestrom ($I(n)$) auf einen Pegel verringert worden ist, der gleich oder kleiner als Null ist, dann geht der Prozess zum Ende und der Ladevorgang ist abge-

schlossen.

[0093] Wenn im Schritt **3** bestimmt wird, daß die abgetastete gestoppte Klemmenspannung (V_{st}) den vorgegebenen niedrigen Spannungswert (V_{lo}) erreicht oder überschritten hat, wird ein Zähler im Schritt **11** inkrementiert. Im Schritt **12** wird dann bestimmt, ob der Zählwert im Schritt **11** gleich oder größer wie eine vorgegebene Anzahl (A) (z.B. 3 mal) ist. Wenn der Zählwert im Schritt **11** kleiner als die vorgegebene Anzahl (A) ist, dann kehrt der Prozess zum Schritt **2** zurück, um wieder die gestoppte Klemmenspannung abzutasten. Wenn andererseits der Zählwert im Schritt **11** gleich oder größer als die vorgegebene Anzahl (A) ist, was anzeigt, daß die abgetastete gestoppte Klemmenspannung die Spannung (V_{lo}) aufeinanderfolgend A -mal gleich dem Spannungswert (V_{lo}) gewesen ist oder überschritten hat, dann schaltet die Steuereinrichtung **2** das Schaltelement SW1 aus und der Ladevorgang ist abgeschlossen.

[0094] Kurz zusammengefaßt lädt die Steuereinrichtung **2** während der Schritte **1** bis **10** die Sekundärbatterien B mit einem sequentiell reduzierten Ladestrom ($I(n)$) in alternierenden konstanten Ladeperioden (T_{ch}) und konstanten Ruheperioden (T_{re}), bis die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht. Jedesmal, nachdem die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht, lädt die Steuereinrichtung **2** die Sekundärbatterie B mit einem Ladestrom, der im Vergleich mit dem vorhergehenden Ladestrom um 1 C verringert ist.

[0095] Als nächstes wird dieser Prozess im Zusammenhang mit dem in **Fig. 9** gezeigten Graph der Batterieklemmenspannung erläutert. Nachdem die Ladeeinrichtung den Prozess startet, lädt die Steuereinrichtung **2** die Sekundärbatterien B mit einem anfänglichen Ladestrom ($I(0)$) (z.B. 3 C) in alternierenden konstanten Ladeperioden (T_{ch}) und konstanten Ruheperioden (T_{re}), bis die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) einen vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht.

[0096] Nachdem die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) zum ersten Mal erreicht, lädt die Steuereinrichtung **2** die Sekundärbatterien B in alternierenden konstanten Lade- und Ruheperioden mit einem Ladestrom ($I(1)$) (z.B. 2 C), der im Vergleich zu dem vorangehenden Ladestrom ($I(0)$) um 1 C verringert ist. Nachdem die Ladeklemmenspannung (V_{ch}) den vorgegebenen hohen Spannungswert (V_{hi}) erreicht, dann lädt die Steuereinrichtung **2** die Sekundärbatterie B in alternierenden konstanten Lade- und Ruheperioden mit einem Ladestrom ($I(2)$) (z.B. 1 C), der wiederum im Vergleich mit dem vorangehenden Ladestrom ($I(1)$) um 1 C reduziert ist.

[0097] Die Steuereinrichtung **2** tastet während jeder Ruheperiode auch die stoppende Klemmenspannung (V_{st}) der Sekundärbatterien B ab und vergleicht die abgetastete stoppende Klemmenspannung (V_{st}) mit einem vorgegebenen niedrigen Spannungswert (V_{lo}), der kleiner als der vorgegebene hohe Spannungswert (V_{hi}) ist. Der Ladevorgang ist abgeschlossen, wenn die abgetastete stoppende Klemmenspannung (V_{st}) den vorgegebenen niedrigen Spannungswert (V_{lo}) für eine aufeinanderfolgende vorgegebene Anzahl von Malen (z.B. 3 mal) erreicht oder überschreitet.

[0098] In einer alternativen Ausführungsform kann ein Temperatursensor vorgesehen sein, um die Temperatur der Sekundärbatterien B zu erfassen. Wenn dann die Temperatur der Sekundärbatterien B ansteigt, kann der Ladestrom ($I(n)$) von dem durch Gleichung (4) berechneten Wert weiter verringert werden, nämlich gemäß der folgenden Gleichung (5).

$$I(n) = 3 C - (1 C \times n) - Dk \quad (5)$$

wobei K die Temperatur und D eine Konstante ist. Wenn der Temperatursensor erfaßt, daß die Temperatur der Sekundärbatterien B beispielsweise 60°C überschritten hat, kann die Steuereinrichtung **2** zusätzlich das Schaltelement SW1 zum Stoppen des Ladevorgangs ausschalten. In noch einer anderen alternativen Ausführungsform kann der vorgegebene hohe Spannungswert (V_{hi}) auf einen niedrigeren Wert eingestellt werden, wenn die Temperatur der Sekundärbatterien B ansteigt, um die durch ein Überladen verursachte Verschlechterung der Sekundärbatterien B zu verringern.

[0099] Die zweiten und dritten dargestellten Ausführungsformen können folgendermaßen zusammengefaßt werden. Jedesmal wenn die abgetastete Ladeklemmenspannung den vorgegebenen hohen Spannungswert erreicht oder überschreitet, wird der durchschnittliche Ladebetrag, der an die Sekundärbatterien B über jede kombinierte Ladeperiode und Ruheperiode geliefert wird, im Vergleich mit einem durchschnittlichen Ladebetrag, bevor die abgetastete Ladeklemmenspannung den vorgegebenen hohen Spannungswert erreicht, reduziert.

[0100] Ein Ladeverfahren gemäß einer vierten dargestellten Ausführungsform wird nachstehend unter Bezugnahme auf ein **Fig. 10** dargestelltes Flußdiagramm beschrieben. **Fig. 11** zeigt einen Graph der Klemmenspannung einer Lithiumionen-Batterie, wenn sie gemäß dieser Ausführungsform geladen wird. **Fig. 12** zeigt einen ausführlicheren Abschnitt des Graphen aus **Fig. 11**, bei dem die Zeitachse verlängert worden ist.

[0101] In der vierten Ausführungsform lädt die Ladeeinrichtung die Sekundärbatterie mit einem konstan-

ten Strom und tastet die Klemmenspannung (V) der Sekundärbatterie periodisch ab. Dann vergleicht die Ladeeinrichtung die abgetastete Klemmenspannung mit einem vorgegebenen Spannungswert (Y).

[0102] Wenn die abgetastete Klemmenspannung (V) den vorgegebenen Spannungswert (Y) erreicht oder übersteigt, dann stoppt die Ladeeinrichtung den Ladevorgang. Wenn andererseits die abgetastete Klemmenspannung (V) den vorgegebenen Spannungswert (Y) nicht erreicht hat, dann nimmt die Ladeeinrichtung ein Laden der Sekundärbatterie mit dem konstanten Strom wieder auf.

[0103] Dieser Prozess wird im Zusammenhang mit dem in den **Fig. 11** und **12** gezeigten Graph der Klemmenspannung der Sekundärbatterie erläutert. Unmittelbar nach der Einleitung des Ladevorgangs wird die abgetastete Klemmenspannung (V) die vorgegebene Klemmenspannung (Y) nicht erreicht haben. Deshalb setzt die Ladeeinrichtung den Ladevorgang fort. Dieses Intervall ist in **Fig. 11** als ein Intervall (A) bezeichnet.

[0104] Wenn dann die abgetastete Klemmenspannung (V) den vorgegebenen Spannungswert (Y) zum ersten Mal erreicht, stoppt die Ladeeinrichtung den Ladevorgang. Bei der nächsten Abtastung, wenn die Ladeeinrichtung die Klemmenspannung (V) der Sekundärbatterie abtastet, während der Ladevorgang gestoppt ist, wird die abgetastete Klemmenspannung (V) kleiner als der vorgegebene Spannungswert (Y) sein. Deshalb nimmt die Ladeeinrichtung den Ladevorgang wieder auf. Während dieses Intervalls, welches in den **Fig. 11** und **12** als Intervall (B) bezeichnet ist, bleibt die abgetastete Klemmenspannung (V) während des Ladevorgangs gleich oder größer als der vorgegebene Spannungswert (Y) und die abgetastete Spannung (V) bleibt kleiner als der vorgegebene Spannungswert (Y), während der Ladevorgang gestoppt ist. Jedesmal wenn die Ladeeinrichtung die Klemmenspannung (V) der Sekundärbatterie abtastet, verändert das Schaltelement SW1 einen Zustand (d.h. wird ein- oder ausgeschaltet), so daß die Ladeeinrichtung innerhalb des Intervalls (B) wiederholt zwischen einem Ladevorgang und einem Stoppen des Ladevorgangs hin- und herschaltet. Wenn die während eines Stoppens des Ladevorgangs abgetastete Klemmenspannung (V) gleich oder größer wie der vorgegebene Spannungswert (Y) wird, unter Bezugnahme auf das Intervall (C) der **Fig. 11** und **12**, dann ist der Ladevorgang abgeschlossen.

[0105] Der an die Batterie in einer Abtastperiode gelieferte Ladebetrag ist vorzugsweise auf einen Betrag begrenzt, der keine Verschlechterung der Sekundärbatterie verursacht, wenn sie sich dem Voll-Ladepiegel annähert. Wenn die Sekundärbatterie nach Starten des Ladevorgangs beispielsweise vollständig geladen sein sollte, kann eine Ladeschaltung gemäß

dieser Erfindung die durch eine Überladung verursachte Verschlechterung der Sekundärbatterie verringern.

[0106] Hinsichtlich des Ladebetrags, der keine Verschlechterung der Sekundärbatterie in der Nähe des Voll-Ladepegels verursacht, ist für eine Lithiumionen-Sekundärbatterie der während einer Ladeperiode zugeführte Ladungsbetrag vorzugsweise auf 5% des Voll-Ladungsbetrags beschränkt. Insbesondere ist der Ladebetrag während einer Ladeperiode auf 3% begrenzt. Weiter ist es vorteilhaft, wenn der Ladebetrag während einer Ladeperiode auf 1% beschränkt ist. Wenn die Lithiumionen-Sekundärbatterie beispielsweise einen Voll-Ladebetrag von 1000 mAh besitzt, sind 5% dieses Betrags 15 mAh. Wenn deshalb der Ladestrom 2 A ist, dann wird die Ladeperiode auf 90 sek. (= 25 mh) gesetzt, um den Ladebetrag auf 5% einer Voll-Ladung zu begrenzen. Wenn der Ladebetrag während einer Ladeperiode auf 1% des Voll-Ladebetrags von 1000 mAh beschränkt ist, ist die Ladeperiode auf 18 sek. (= 5 mh) beschränkt.

[0107] Wie in dem Flußdiagramm aus **Fig. 10** gezeigt, nachdem die Steuereinrichtung **2** den Prozess startet, tastet die Steuereinrichtung **2** die Klemmenspannung (V) der Sekundärbatterien B bei einer festen Periode X (z.B. 3 ms) im Schritt **1** periodisch ab. Im Schritt **2** wird bestimmt, ob die abgetastete Klemmenspannung (V) gleich oder größer als ein vorgegebener Spannungswert (Y) (z.B. 8,4 V) ist. Wenn die abgetastete Klemmenspannung (V) kleiner als der vorgegebene Wert (Y) ist, dann schaltet die Steuereinrichtung **2** das Schaltelement SW1 im Schritt **6** ein. Wie in den **Fig. 11** und **12** gezeigt, ist während der frühen Phase des Intervalls (A) die abgetastete Klemmenspannung (V) während eines Ladevorgangs kleiner als der vorgegebene Spannungswert. Infolgedessen wird das Schaltelement SW1 eingeschalten gehalten und die Sekundärbatterien B werden kontinuierlich und schnell geladen.

[0108] Sobald die abgetastete Klemmenspannung (V) während des Ladevorgangs den vorgegebenen Spannungswert (Y) erreicht oder überschreitet, schaltet die Steuereinrichtung **2** das Schaltelement **2** im Schritt **3** aus. An diesem Punkt beginnt das Intervall (B) (**Fig. 11** und **12**). Im Schritt **4** wird dann ein Zähler inkrementiert, um die Anzahl von aufeinanderfolgenden Malen, zu denen der Schalter SW1 ausgeschaltet wird, zu verfolgen. Der (nicht dargestellte) Zähler ist in der Steuereinrichtung **2** untergebracht.

[0109] Im Schritt **5** wird bestimmt, ob der Zählwert im Schritt **4** (der die aufeinanderfolgenden Male darstellt, zu denen der Schalter SW1 ausgeschaltet wird) gleich oder größer als eine vorgegebene Anzahl (A) ist. Wenn der Zählwert im Schritt **4** kleiner als die vorgegebene Anzahl (A) ist, dann kehrt der Prozess zum Schritt **1** zurück. Während der Ladevorgang dann ge-

stoppt ist, tastet die Steuereinrichtung **2** die Klemmenspannung (V) im Schritt **2** ab. Während des Intervalls B steigt die Klemmenspannung, die abgetastet wird, während der Ladevorgang gestoppt ist, allgemein bei jeder Abtastung an, aber die Klemmenspannung hat den vorgegebenen Spannungswert noch nicht erreicht. Jedesmal wenn die Klemmenspannung abgetastet wird, während das Laden gestoppt ist, wird somit der Schalter SW1 zur Wiederaufnahme des Ladevorgangs wieder eingeschaltet (Schritt **6**).

[0110] Zusätzlich wird der Zähler zurückgesetzt. Der Wiederaufnahme des Ladevorgangs folgend wird die Klemmenspannung nach der vorgegebenen Periode X im Schritt **1** abgetastet. Während des Intervalls B bleibt die während des Ladens abgetastete Klemmenspannung über dem vorgegebenen Spannungswert (Y). Jedesmal wenn die Klemmenspannung abgetastet wird, während im Intervall B ein Ladevorgang abläuft, wird somit der Schalter SW1 ausgeschaltet (Schritt **3**) und der Zähler wird inkrementiert (Schritt **4**). Da der Zähler in dem vorhergehenden Schritt **6** zurückgesetzt wurde, bleibt der Zählwert unter dem im Schritt **5** bestimmten vorgegebenen Zählwert (A) bis zum Ende des Intervalls B. In dieser Weise wird während des Intervalls B der Ladevorgang wie in den **Fig. 11** und **12** gezeigt alternierend eingeschaltet und ausgeschaltet.

[0111] Sobald die Klemmenspannung, die abgetastet wird, während der Ladevorgang gestoppt ist, den vorgegebenen Spannungswert (Y) (Schritt **2**) erreicht, wird der Zähler im Schritt **4** inkrementiert, anstelle im Schritt **6** zurückgesetzt zu werden. Wenn die abgetastete Klemmenspannung A-mal oder eine größere Anzahl von Malen aufeinanderfolgend bei dem Spannungswert (Y) oder darüber abgetastet wird, während ein Laden gestoppt ist (Schritt **5**), dann ist der Ladevorgang abgeschlossen. Nachdem die Ladeeinrichtung den Ladevorgang zum ersten Mal abgeschlossen hat, wenn die Klemmenspannung (V) kleiner als der vorgegebene Spannungswert (Y) ist, beispielsweise aufgrund einer Selbstentladung, dann nimmt die Ladeeinrichtung in einer anderen Ausführungsform den Ladevorgang wieder auf.

[0112] Ein Laden während einer kürzeren Abtastperiode kann effektiv die Verschlechterung der Sekundärbatterie verringern. Allerdings können Teile, die eine extrem viel kürzere Abtastperiode in der Steuereinrichtung **2** und dem Schaltelement SW1 realisieren, teuer sein.

[0113] Wie in **Fig. 12** gezeigt, stabilisiert sich die Klemmenspannung der Lithiumionen-Sekundärbatterie allgemein bei 0,5 ms, nachdem das Schaltelement SW1 aus- oder eingeschaltet ist. Deshalb wird die Zeitlänge einer Periode auf wenigstens 1 msek. eingestellt.

[0114] In den voranstehend erwähnten Ausführungsformen tastet die Ladeeinrichtung die in Reihe geschaltete Klemmenspannung der Sekundärbatterien B, die in Reihe geschaltet sind, ab. In einer alternativen Ausführungsform kann die Ladeeinrichtung die Klemmenspannung jeder der Sekundärbatterien B individuell abtasten. Wenn somit die Klemmenspannung einer der Sekundärbatterien B den vorgegebenen Spannungswert erreicht, dann kann die Einrichtung den Ladevorgang beenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend die folgenden Schritte:

- a) Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch, Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,
- b) Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie (B), während ein Laden gestoppt ist,
- c) Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y, Vlo),
- d) Beenden des Ladevorgangs, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y, Vlo) ist;
- e) Erfassen der Batterietemperatur,
- f) wobei der an die Batterie (B) zugeführte Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepegel einem Voll-Ladepegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt wird, indem die Ladeperioden (Tch(0), Tch(1)...Tch(2)) sukzessive spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verkürzt werden,

dadurch gekennzeichnet, dass

- f1) im Schritt f) mit Annäherung des Batterieladepegels an den Volladepegel die Ladeperioden (Tch(0), Tch(1)...Tch(2)) dadurch sukzessive verkürzt werden, dass die Klemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie auch in den Ladeperioden (Tch) abgetastet wird, und
- f2) die Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) mit einem zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) verglichen wird, der größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y) ist, wobei jedesmal dann, wenn die abgetastete Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) den zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) überschritten hat, die darauffolgende Ladeperiode (Tch(0), Tch(1)...Tch(2)) verkürzt wird, wobei der zweite vorgegebene Spannungswert (Vhi) mit steigender Temperatur auf einen niedrigeren Wert eingestellt wird.

2. Verfahren zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend die folgenden Schritte:

- a) Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch, Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,
 - b) Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie (B), während ein Laden gestoppt ist,
 - c) Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y, Vlo),
 - d) Beenden des Ladevorgangs, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y, Vlo) ist, und
 - e) Erfassen der Batterietemperatur,
 - f) wobei der an die Batterie (B) zugeführte Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepegel einem Voll-Ladepegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt wird, indem die Ruheperioden (Tre) spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verlängert werden, dadurch gekennzeichnet, dass
 - f1) im Schritt f) mit Annäherung des Batterieladepegels an den Volladepegel die Ruheperioden (Tre(0), Tre(1)...Tre(2)) dadurch sukzessive verlängert werden, dass die Klemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie auch in den Ladeperioden (Tch) abgetastet wird, und
 - f2) die Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) mit einem zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) verglichen wird, der größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y) ist, wobei jedesmal dann, wenn die abgetastete Ladeklemmenperiodenspannung (Vch) den zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) überschritten hat, die darauffolgende Ruheperiode (Tre(0), Tre(1)...Tre(2)) verlängert wird, wobei der zweite vorgegebene Spannungswert (Vhi) mit steigender Temperatur auf einen niedrigeren Wert eingestellt wird.
3. Verfahren zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend die folgenden Schritte:
- a) Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch, Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,
 - b) Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie (B), während ein Laden gestoppt ist,
 - c) Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y, Vlo),
 - d) Beenden des Ladevorgangs, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y, Vlo) ist, und
 - e) Erfassen der Batterietemperatur,

f) wobei der an die Batterie (B) zugeführte Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepiegel einem Voll-Ladepiegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt wird, indem der durchschnittliche Ladebetrag ($I(0)$, $I(1)$... $I(2)$) in den Lade- und Ruheperioden ($Tch(0)$, $Tch(1)$... $Tch(2)$; $Tre(0)$, $Tre(1)$... $Tre(2)$) sukzessive spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verkleinert wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

f1) im Schritt f) mit Annäherung des Batterieladepiegels an den Volladepiegel der durchschnittliche Ladebetrag ($I(0)$, $I(1)$... $I(2)$) dadurch sukzessive verkleinert wird, dass die Klemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie auch in den Ladeperioden (Tch) abgetastet wird, und

f2) die Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) mit einem zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) verglichen wird, der größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y) ist, wobei jedesmal dann, wenn die abgetastete Ladeklemmenperiodenspannung (Vch) den zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) überschritten hat, der durchschnittliche Ladebetrag in den darauffolgenden Lade- und Ruheperioden ($Tch(0)$, $Tch(1)$... $Tch(2)$; $Tre(0)$, $Tre(1)$... $Tre(2)$) verkleinert wird, wobei der zweite vorgegebene Spannungswert (Vhi) mit steigender Temperatur auf einen niedrigeren Wert eingestellt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 dadurch gekennzeichnet, dass der Ladebetrag gleich oder kleiner 5% eines Voll-Ladebetrags der Sekundärbatterie (B) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3 dadurch gekennzeichnet, dass der Ladebetrag gleich oder kleiner als 3% eines Voll-Ladebetrags (C) der Sekundärbatterie ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladebetrag (C) gleich oder kleiner als 1% eines Voll-Ladebetrags der Sekundärbatterie (B) ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladevorgang der Sekundärbatterie (B) wieder aufgenommen wird, wenn die abgetastete Klemmenspannung (Vst , Vch) nach Überschreiten der ersten vorgegebenen Spannung (Y) wieder unter den ersten vorgegebenen Spannungswert (Vlo , Vhi , Y) abfällt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sekundärbatterie vor dem Schritt a) mit einem konstanten Ladestrom geladen wird (A) und Schritt a) erst dann ausgeführt wird (B), wenn die Klemmenspannung (V) der Sekundärbatterie den ersten vorgegebenen Spannungswert (Y) überschritten hat.

9. Vorrichtung zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend:

a) eine Ladeeinrichtung zum Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch , Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,

b) eine Abtasteinrichtung zum Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie (B), während ein Laden gestoppt ist, und

c) eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y , Vlo),

d) wobei die Ladeeinrichtung vorgesehen ist zum Beenden des Ladevorgangs, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y , Vlo) ist,

e) einen Temperatursensor zum Erfassen der Batterietemperatur,

f) wobei die Ladeeinrichtung den an die Batterie (B) zugeführten Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepiegel einem Voll-Ladepiegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt, indem sie die Ladeperioden ($Tch(0)$, $Tch(1)$... $Tch(2)$) sukzessive spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verkürzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

f1) die Ladeeinrichtung mit Annäherung des Batterieladepiegels an den Volladepiegel die Ladeperioden ($Tch(0)$, $Tch(1)$... $Tch(2)$) dadurch sukzessive verkürzt, dass die Abtasteinrichtung die Klemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie auch in den Ladeperioden (Tch) abtastet, und

f2) die Vergleichseinrichtung die Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) mit einem zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) vergleicht, der größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y) ist, wobei jedesmal dann, wenn die abgetastete Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) den zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) überschritten hat, die Ladeeinrichtung die darauffolgende Ladeperiode ($Tch(0)$, $Tch(1)$... $Tch(2)$) verkürzt, wobei der zweite vorgegebene Spannungswert (Vhi) mit steigender Temperatur auf einen niedrigeren Wert eingestellt wird.

10. Vorrichtung zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend:

a) eine Ladeeinrichtung zum Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch , Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,

b) eine Abtasteinrichtung zum Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie

rie (B), während ein Laden gestoppt ist, und
 c) eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y, Vlo),

d) wobei die Ladeeinrichtung den Ladevorgang beendet, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y, Vlo) ist, und

e) einen Temperatursensor zum Erfassen der Batterietemperatur,

f) wobei die Ladeeinrichtung den an die Batterie (B) zugeführten Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepegel einem Voll-Ladepegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt wird, indem sie die Ruheperioden (Tre) spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verlängert,

dadurch gekennzeichnet, dass

f1) die Ladeeinrichtung mit Annäherung des Batterieladepegels an den Volladepegel die Ruheperioden (Tre(0), Tre(1)...Tre(2)) dadurch sukzessive verlängert, dass die Abtasteinrichtung die Klemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie auch in den Ladeperioden (Tch) abtastet, und

f2) die Vergleichseinrichtung die Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) mit einem zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) vergleicht, der größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y) ist, wobei jedesmal dann, wenn die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) den zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) überschritten hat, die Ladeeinrichtung die darauffolgende Ruheperiode (Tre(0), Tre(1)...Tre(2)) verlängert, wobei der zweite vorgegebene Spannungswert (Vhi) mit steigender Temperatur auf einen niedrigeren Wert eingestellt wird.

11. Vorrichtung zum Laden einer Sekundärbatterie (B), umfassend:

a) eine Ladeeinrichtung zum Laden der Sekundärbatterie (B) mit einem Strom in alternierenden Lade- und Ruheperioden (Tch, Tre), wobei ein Ladebetrag (C) an die Batterie (B) während einer Ladeperiode (Tch) zugeführt wird und das Laden in den Ruheperioden (Tre) gestoppt wird,

b) eine Abtasteinrichtung zum Abtasten der Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) der Sekundärbatterie (B), während ein Laden gestoppt ist,

c) eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen der abgetasteten Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) mit einem ersten vorgegebenen Spannungswert (Y, Vlo),

d) wobei die Ladeeinrichtung vorgesehen ist zum Beenden des Ladevorgangs, wenn die abgetastete Ruheperioden-Klemmenspannung (Vst) gleich oder größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y, Vlo) ist, und

e) einen Temperatursensor zum Erfassen der Batterietemperatur,

f) wobei die Ladeeinrichtung den an die Batterie (B) zugeführten Ladebetrag (C), wenn sich der Batterieladepegel einem Voll-Ladepegel annähert, auf einen Ladebetrag (C), der eine Verschlechterung der Sekundärbatterie (B) verringert, beschränkt wird, indem sie den durchschnittlichen Ladebetrag (I(0), I(1)...I(2)) in den Lade- und Ruheperioden (Tch(0), Tch(1)...Tch(2); Tre(0), Tre(1)...Tre(2)) sukzessive spannungsabhängig und in Abhängigkeit von der Batterietemperatur verkleinert, dadurch gekennzeichnet, dass

f1) die Ladeeinrichtung mit Annäherung des Batterieladepegels an den Volladepegel den durchschnittlichen Ladebetrag (I(0), I(1)...I(2)) dadurch sukzessive verkleinert, dass die Abtasteinrichtung die Klemmenspannung (Vch) der Sekundärbatterie auch in den Ladeperioden (Tch) abtastet, und

f2) die Vergleichseinrichtung die Ladeperioden-Klemmenspannung (Vch) mit einem zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) vergleicht, der größer als der erste vorgegebene Spannungswert (Y) ist, wobei jedesmal dann, wenn die abgetastete Ladeklemmenspannung (Vch) den zweiten vorgegebenen Spannungswert (Vhi) überschritten hat, die Ladeeinrichtung den durchschnittlichen Ladebetrag in den darauffolgenden Lade- und Ruheperioden (Tch(0), Tch(1)...Tch(2); Tre(0), Tre(1)...Tre(2)) verkleinert, wobei der zweite vorgegebene Spannungswert (Vhi) mit steigender Temperatur auf einen niedrigeren Wert eingestellt wird.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9–11, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladebetrag (C) gleich oder kleiner als 5% des Voll-Ladepegels der Sekundärbatterie (B) ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9–11, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladebetrag (C) gleich oder kleiner als 3%, des Voll-Ladepegels der Sekundärbatterie (B) ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9–11, dadurch gekennzeichnet, dass der Ladebetrag (C) gleich oder kleiner als 1% des Voll-Ladepegels der Sekundärbatterie (B) ist.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

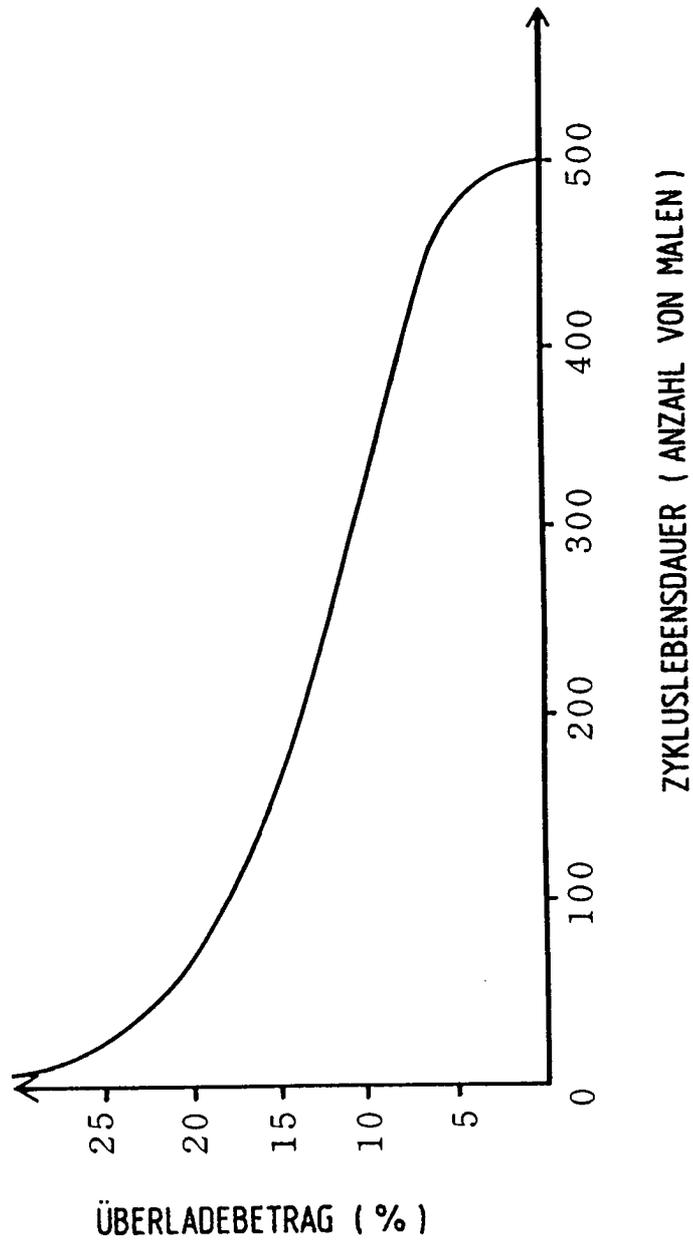


FIG. 2

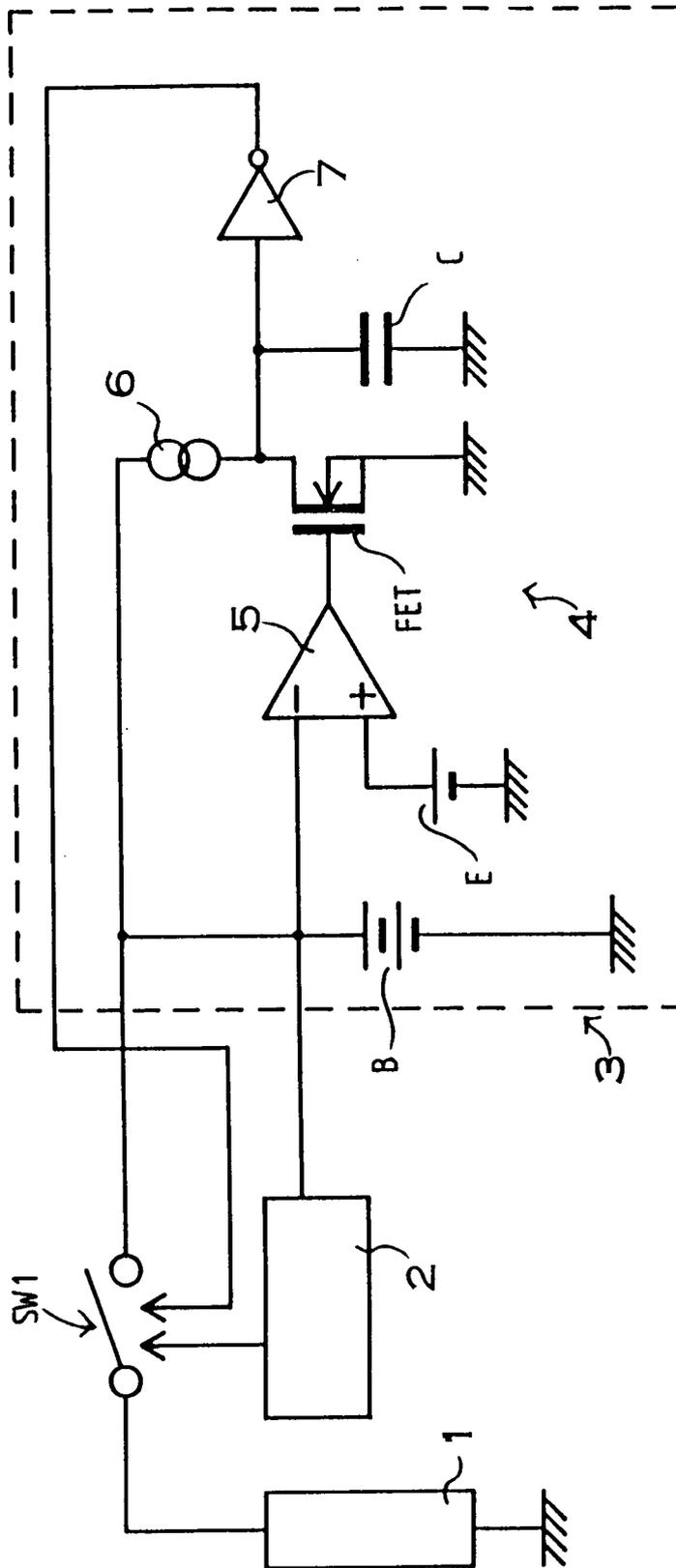


FIG. 3

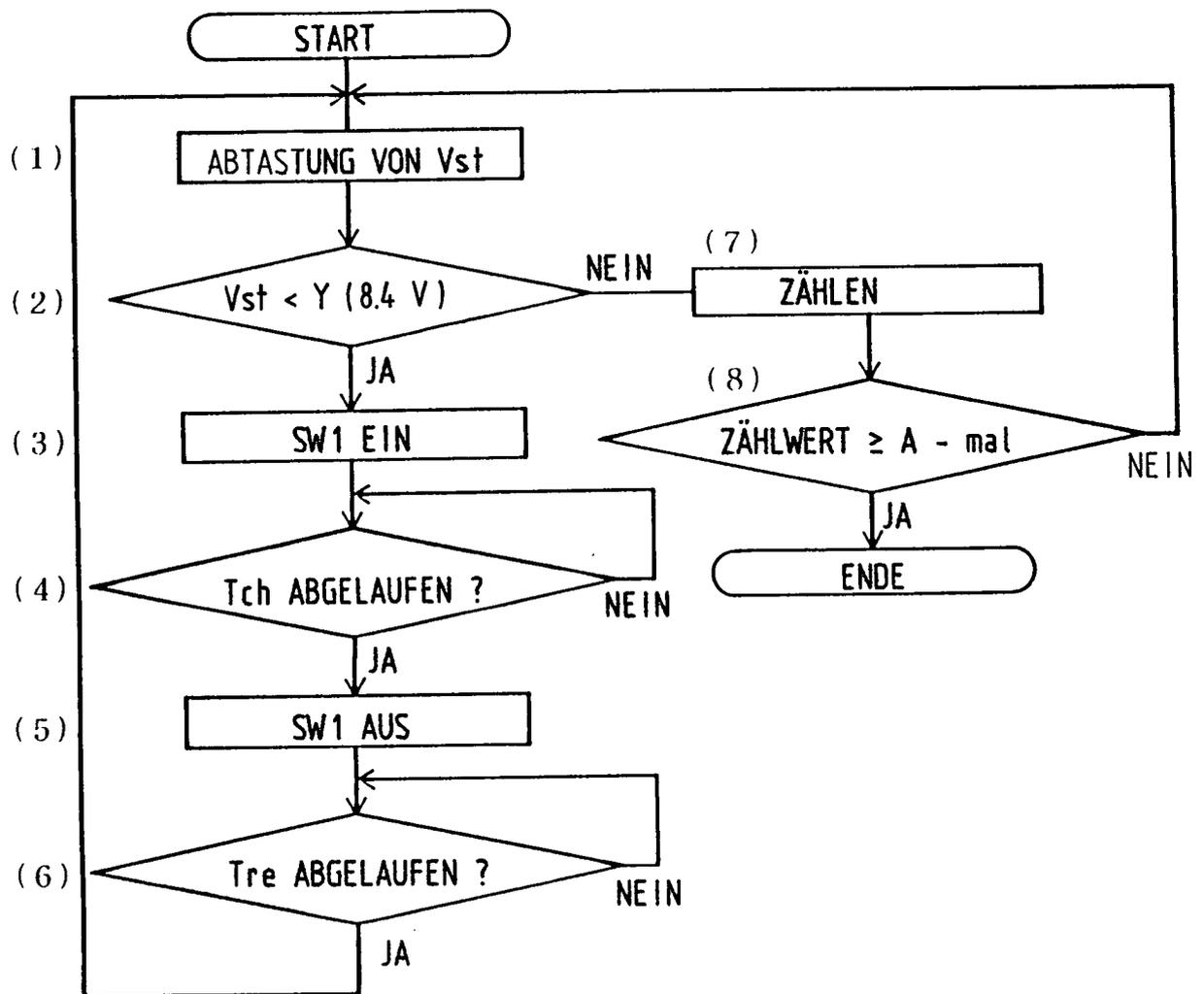


FIG. 4

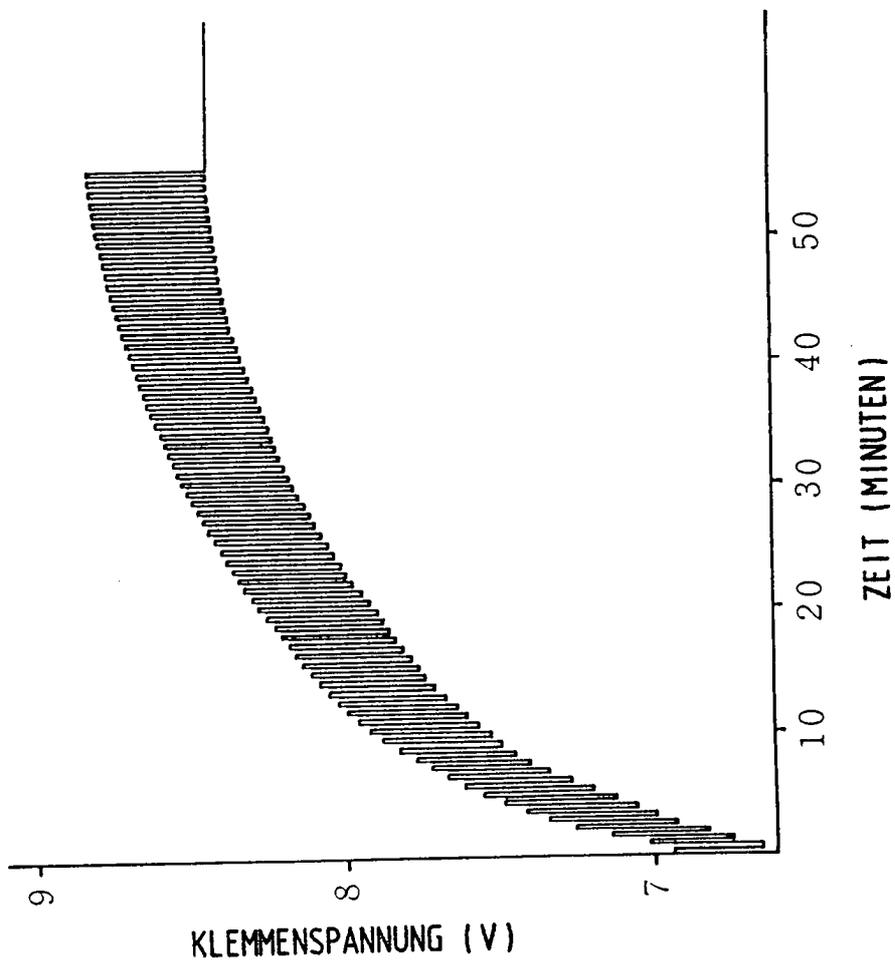


FIG. 5

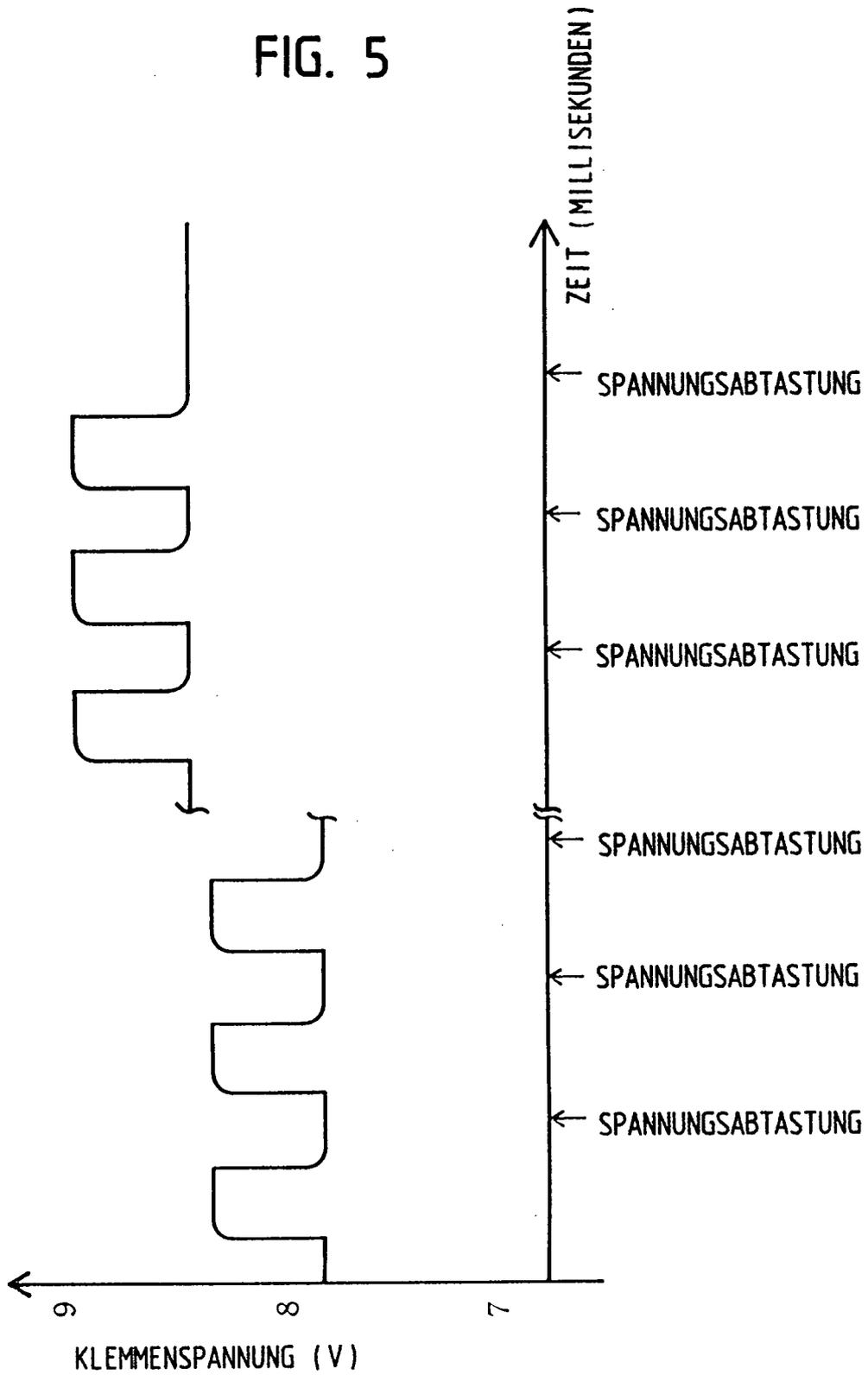


FIG. 6

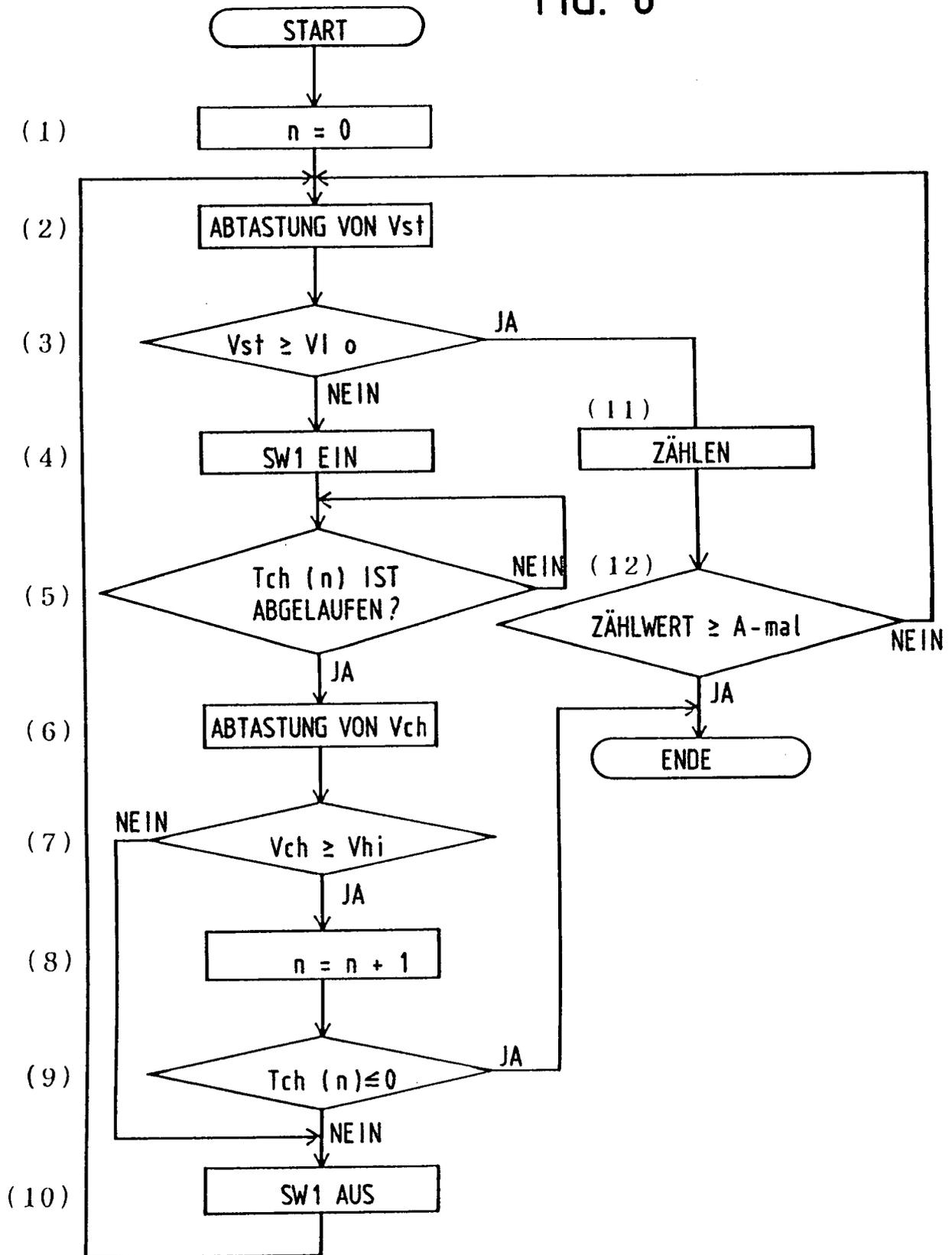


FIG. 7

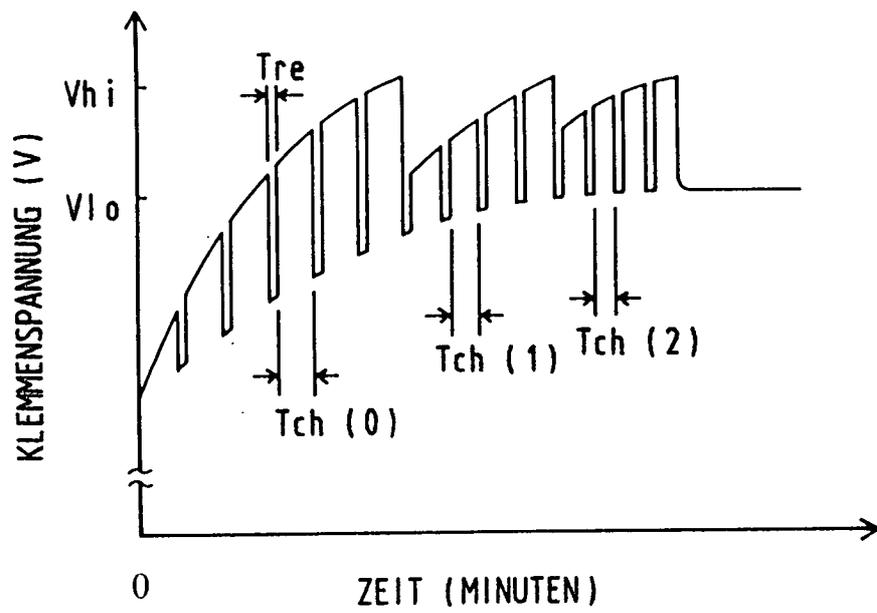


FIG. 8

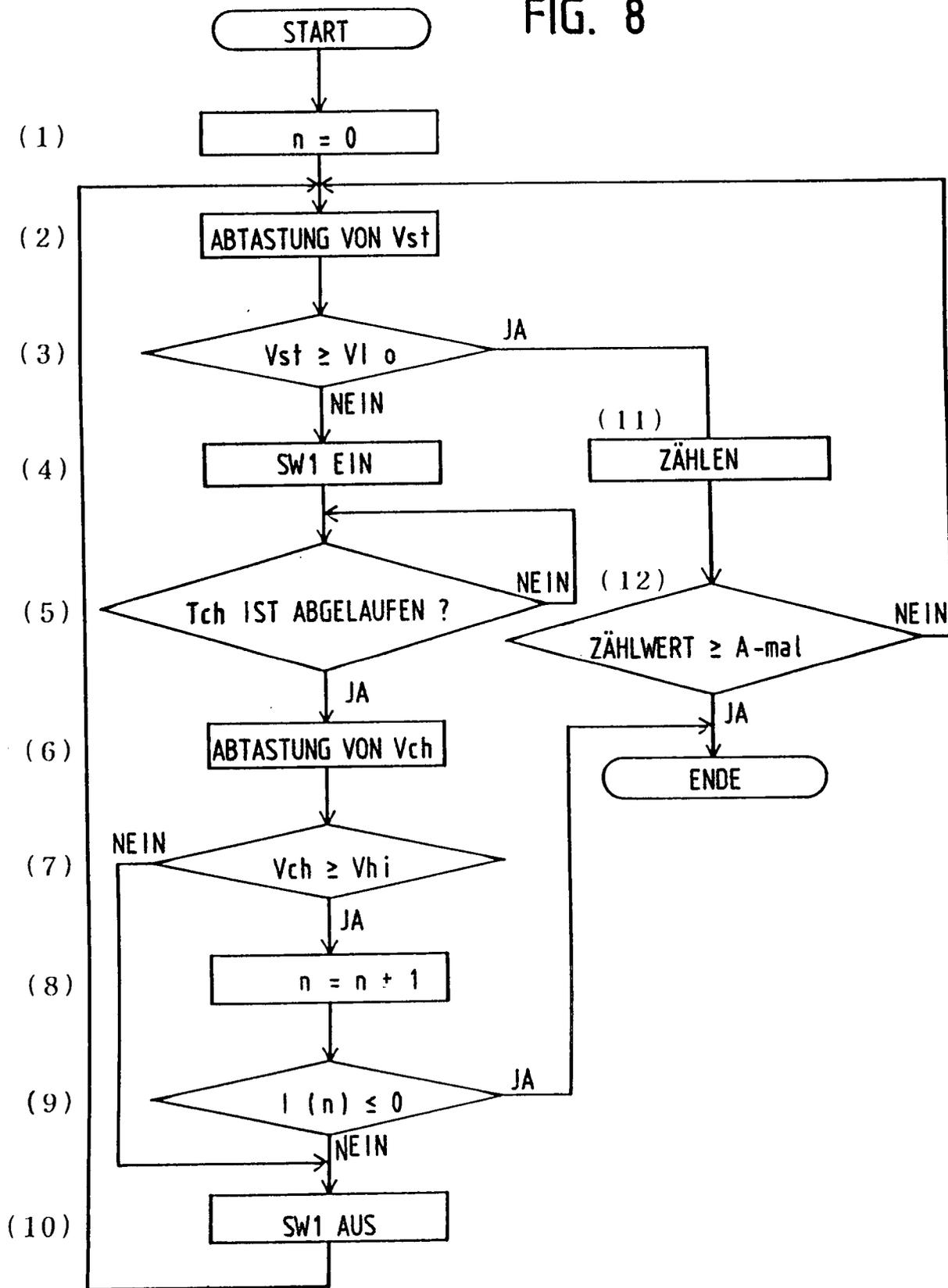


FIG. 9

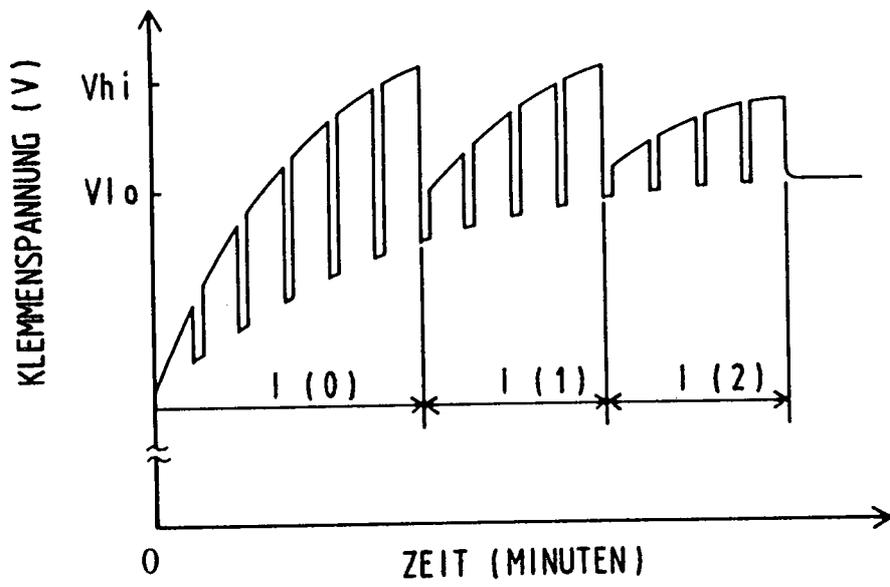


FIG. 10

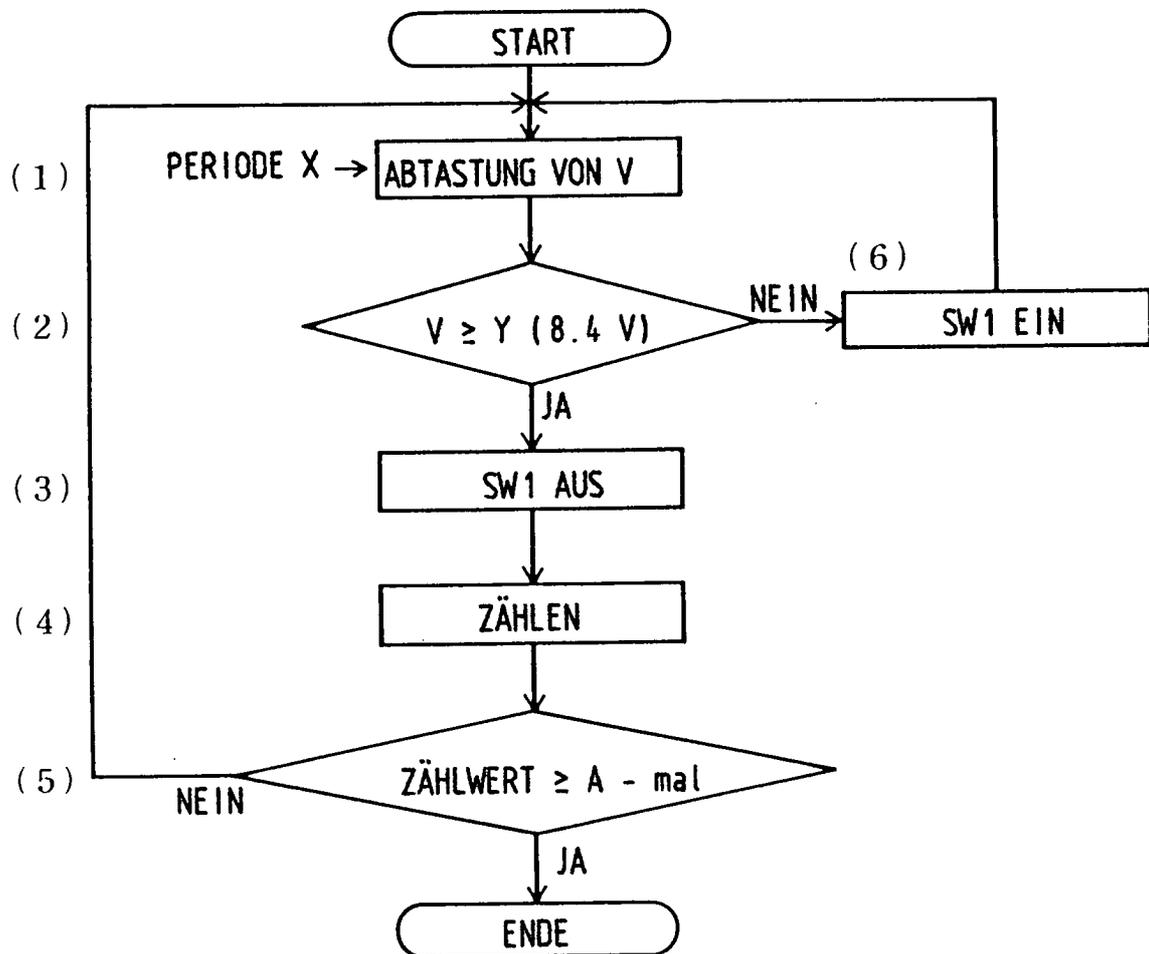


FIG. 11

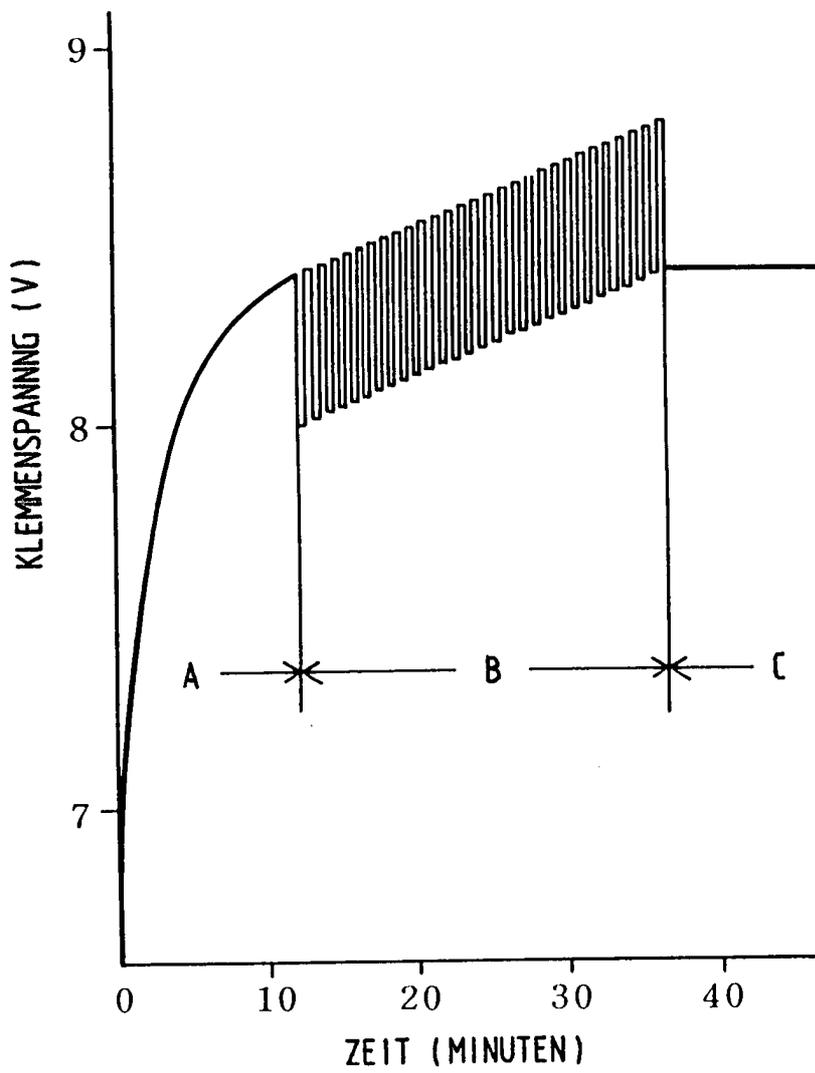


FIG. 12

