



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 25 714 T2 2004.05.13**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 931 374 B1**

(51) Int Cl.7: **H02J 7/02**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 25 714.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/DK96/00432**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 933 331.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 98/015997**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.10.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **16.04.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **08.01.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.05.2004**

(73) Patentinhaber:
Chartec Laboratories A/S, Charlottenlund, DK

(72) Erfinder:
**MICHELTSEN, Jesper, DK-2800 Lyngby, DK;
ANDERSEN, Arthur, Kim, DK-2990 Nivaa, DK;
RASMUSSEN, Kim, DK-2750 Ballerup, DK;
ANDERSEN, Mygh, Lars, DK-2750 Ballerup, DK**

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI,
LU, MC, NL, PT, SE**

(54) Bezeichnung: **DIGITAL GESTEUERTES SCHALTNETZTEIL ZUM LADEN VON WIEDERAUFLADBAREN BATTERIEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Fachgebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern der Ausgangsleistung eines Schaltnetzteils, das zum Laden einer wiederaufladbaren Batterie verwendet wird.

[0002] Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Steuern des Tastgrads eines Schalters in dem Schaltnetzteil während des Ladens der Batterie auf der Grundlage der Bestimmung eines oder mehrerer charakteristischer Batterieladeparameter des Ladeverfahrens und von Vergleichen der bestimmten Parameterwerte mit gewünschten Parameterwerten.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Wenn eine wiederaufladbare Batterie, zum Beispiel eine iCd-Batterie geladen wird, wird eine höhere elektrische Spannung als die Leerlauf-Ausgangsspannung der Batterie an die Anschlüsse der Batterie angelegt, so daß ein Stromfluß durch die Batterie erzeugt wird. Der Strom bewirkt, daß in der Batterie ein chemischer Prozeß stattfindet, durch den Energie in der Batterie gespeichert wird.

[0004] Wenn die Batterie vollständig geladen ist, hört der chemische Prozeß auf, und die an die Batterie zugeführte Energie wird im folgenden in Wärme umgewandelt. Da wiederaufladbare Batterien in verschlossenen Behältern untergebracht sind, führt die Wärmeerzeugung zu einem erhöhten Druck in der Batterie, was eine chemische Zerstörung der Batterie bewirkt, wodurch die Energiespeicherkapazität der Batterie verringert wird.

[0005] Wenn eine Batterie geladen wird, ist es somit wichtig, die Batterie vollständig zu laden und das Laden der Batterie zu beenden, bevor die Erzeugung von Wärme in der Batterie die Energiespeicherkapazität der Batterie stark verringert.

[0006] Typischerweise nimmt die Spannung an den Batterieanschlüssen während des Ladens linear zu. Wenn die Batterie jedoch nahezu vollständig geladen ist, nimmt die Spannung steiler auf ein Maximum zu, was anzeigt, daß der Zustand vollständiger Aufladung erreicht wurde. Fortgesetztes Laden führt aufgrund der Temperaturerhöhung zu einem Spannungsabfall, weil der Temperaturkoeffizient der Spannung negativ ist. Entsprechend fällt der Ladestrom typischerweise bei vollständiger Ladung auf ein Minimum und nimmt dann zu.

[0007] In WO 92/15142 ist ein Verfahren offenbart, in dem das Laden einer Batterie präzise, d. h. nachdem die Batterie vollständig geladen wurde und bevor sich die Kapazität der Batterie verringert, beendet werden kann. Das Verfahren weist die Bestimmung der restlichen Ladezeit während des Ladens auf der Grundlage bestimmter Ladeparameterwerte und gewünschter Ladeparameterwerten auf.

[0008] Ladeparameter können die Spannung an der Batterie, den an die Batterie zugeführten Ladestrom und/oder die Temperatur der Batterie umfassen. Es wurde empirisch gezeigt, daß die Kurvenformen dieser Parameter als Funktion der Zeit mit dem Abstand zu dem Zeitpunkt, zu dem es wünschenswert ist, das Laden zu beenden, korreliert. Nachdem die Kurvenformen bestimmt wurden, kann die benötigte Zeit, um die Batterie vollständig zu laden, aus dem Vergleich mit jeweiligen Referenzkurven bestimmt werden.

[0009] In US-A-5 541 490 ist eine Batteriesäule für einen tragbaren Computer offenbart, die eine Steuerung zum Steuern des Ausgangsstroms eines Batterieladegeräts aufweist. Das von der Steuerung erzeugte Steuersignal ist ein moduliertes Signal mit fester Frequenzimpulsbreite, dessen Tastgrad ansprechend auf die Spannung und die Temperatur der Batterie, die gerade geladen wird, und den an die Batterie zugeführten Ladestrom bestimmt wird. Das Steuersignal wird an dem Ladegerät tiefpaßgefiltert, um einen Gleichstromwert des Signals zu liefern, der proportional zu dem Tastgrad des Signals ist. Der Gleichstromwert wird als eine Eingabe eines Summierverstärkers eingegeben, dessen Ausgabe ein Rückkopplungssteuersignal an das Batterieladegerät liefert.

[0010] In US-A-5 359 280 sind eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Laden einer Batterie eines Satelliten offenbart, das Sonnenenergie nutzt. Die Ladegerätschaltung umfaßt ein Schaltnetzteil, das eine Drosselspule in Reihe mit der Batterie und ein Paar abwechselnd geschalteter Transistoren aufweist, welche als Schalter wirken. Der Stromausgang des Netzteils wird von einer Steuerung gesteuert, die Ladeparameter, einschließlich dem Stromfluß zu der Batterie, steuert. Die Steuerung erzeugt Durchschalte-Steuersignale für die Schalttransistoren, um den Tastgrad des Schaltsignals und folglich der Ausgangsspannung des Netzteils und den Stromfluß von dem Netzteil zu der Batterie zu steuern. Der Stromfluß wird durch Vergleichen des tatsächlichen Ladestroms mit einem Referenzwert gesteuert, welcher der Steuerung von einem Satellitencomputer zugeführt wird.

Zusammenfassung der Erfindung

[0011] Es ist wünschenswert, eine Batterie auf optimale Weise zu laden, wobei sichergestellt wird, daß die Batterie innerhalb einer kurzen Zeitspanne vollständig geladen wird, ohne die Batterie zu schädigen. Somit ist

es wünschenswert, während des Ladens verschiedene Batterieladeparameter zu überwachen und die an die Batterie während des Ladens gelieferte Leistung entsprechend überwachten Batterieladeparameterwerten zu steuern.

[0012] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein vereinfachtes Verfahren zum Steuern der Ausgangsleistung eines Batterieladegeräts und ein Batterieladegerät, das gemäß diesem Verfahren arbeitet, zur Verfügung zu stellen.

[0013] Gemäß der vorliegenden Erfindung werden die oben erwähnten und andere Aufgaben durch ein Verfahren zum Laden wiederaufladbarer Batterien mit einem Schaltnetzteil gelöst, welches aufweist: das Bestimmen eines oder mehrerer Ladeparameter und

das Steuern des Spannungsausgangs des Schaltnetzteils durch digitales Erzeugen eines Durchschaltesignals zum Steuern der Öffnungsperioden und Schließperioden einer Schalteinrichtung des Schaltnetzteils, wobei jede der Zeiten für die Öffnungsperiode und die Schließperiode der Schalteinrichtung jeweils ansprechend auf den bestimmten einen oder mehrere Batterieladeparameter und einen oder mehrere Aufladeverfahren-Referenzwerte bestimmt wird. Das Durchschaltesignal wird von einem Signalgenerator erzeugt, der aufweist:

einen Zähler, wobei der Wert des Durchschaltesignals durch den digitalen Wert der Zählerausgabe bestimmt wird, und ein erstes und

ein zweites Register, wobei ein erstes digitales Wort in dem ersten Register gespeichert wird, um die Dauer der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung zu bestimmen, und ein zweites digitales Wort in dem zweiten Register gespeichert wird, um die Dauer der Schließperiode der Schalteinrichtung zu bestimmen, wobei der Zähler abwechselnd jeweils von dem ersten Wort und dem zweiten Wort rückwärts zählt.

[0014] Das Verfahren kann ferner jeweils das Bestimmen der Schließperioden und/oder der Öffnungsperioden in einer derartigen Weise aufweisen, daß der von dem Schaltnetzteil gelieferte Batterieladestrom oder die Batterieladespannung im wesentlichen identisch zu den entsprechenden Aufladeverfahren-Referenzwerten ist.

[0015] Ferner wird ein Batterieladegerät zum Laden einer wiederaufladbaren Batterie zur Verfügung gestellt, wobei das Batterieladegerät aufweist: ein Schaltnetzteil,

eine Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Batterieladeparameter während des Ladens der wiederaufladbaren Batterie,

eine Steuerungseinheit zum Steuern des Schaltnetzteils ansprechend auf die von der Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung empfangenen Batterieladeparameterwerte, wobei die Steuerungseinheit umfaßt:

eine Tastgrad-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen der Dauern der jeweiligen Öffnungsperioden und der Schließperioden einer Schalteinrichtung ansprechend auf mindestens einen der von der Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung empfangenen Batterieladeparameterwerte und einen oder mehrere Aufladeverfahren-Referenzwerte und

einen Signalgenerator zum digitalen Erzeugen eines Durchschaltesignals zum Steuern der Öffnungs- und Schließperioden der Schalteinrichtung des Schaltnetzteils jeweils entsprechend den bestimmten Dauern, wobei die Leistungsausgabe des Batterieladegeräts ansprechend auf gemessene Batterieladeparameterwerte zum Erzielen eines gewünschten Aufladeverfahrens eingestellt wird. Die Steuerungseinheit weist ferner eine Speicherschaltung zum Speichern von Aufladeverfahren-Referenzwerten auf, und der Signalgenerator weist auf:

ein erstes Register zum Speichern eines ersten Binärwerts, der die Dauer der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung bestimmt,

ein zweites Register zum Speichern eines zweiten Binärwerts, der die Dauer der Schließperiode der Schalteinrichtung bestimmt, und

einen Zähler mit

einem ersten Eingangsport, der mit dem ersten Register verbunden ist,

einem zweiten Eingangsport, der mit dem zweiten Register verbunden ist, wobei die ersten und zweiten Binärwerte jeweils abwechselnd in den Zähler geladen werden, wenn der Zähler einen dritten Binärwert erreicht, und einem Latch mit einem Ausgang, der seinen Zustand immer ändert, wenn der Zähler den dritten Binärwert erreicht, und der mit dem Steueranschluß der Schalteinrichtung verbunden ist.

[0016] Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird ein Batterieladegerät zum Laden einer wiederaufladbaren Batterie zur Verfügung gestellt, wobei das Batterieladegerät aufweist:

ein Schaltnetzteil,

eine Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung zum Bestimmen eines oder mehrerer Batterieladeparameter während des Ladens der wiederaufladbaren Batterie,

eine Steuerungseinheit zum Steuern des Schaltnetzteils ansprechend auf die von der batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung empfangenen Batterieladeparameterwerte, wobei die Steuerungseinheit umfaßt:

eine Tastgrad-Bestimmungseinrichtung zum Bestimmen der Dauern der jeweiligen Öffnungsperioden und der Schließperioden einer Schalteinrichtung ansprechend auf mindestens einen der von der batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung empfangenen Batterieladeparameterwerte und einen oder mehrere Aufladever-

fahren-Referenzwerte und

einen Signalgenerator zum, digitalen Erzeugen eines Durchschaltesignals zum Steuern der Öffnungsperioden und Schließperioden der Schalteinrichtung des Schaltnetzteils jeweils entsprechend den bestimmten Dauern, wobei die Leistungsausgabe des Batterieladegeräts ansprechend auf gemessene Batterieladeparameterwerte zum Erzielen eines gewünschten Aufladeverfahrens eingestellt wird. Die Steuerungseinheit umfaßt ferner: eine Speicherschaltung zum Speichern von Aufladeverfahren-Referenzwerten, und der Signalgenerator weist auf:

ein erstes Register zum Speichern eines ersten Binärwerts, der die Dauer der Schließperiode oder der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung bestimmt,

ein zweites Register zum Speichern eines zweiten Binärwerts, der die Schaltfrequenz der Schalteinrichtung bestimmt,

einen Zähler mit einem Eingangsport, der mit dem zweiten Register verbunden ist, wobei der zweite Binärwert in den Zähler geladen wird, wenn der Zähler einen dritten Binärwert erreicht,

einen Vergleicher zum Vergleichen des Zählerbinärwerts mit dem ersten Binärwert, der aufweist:

einen ersten Eingangsport, der mit dem ersten Register verbunden ist,

einen zweiten Eingangsport, der mit dem Zähler verbunden ist, und

einen Ausgang, der den Zustand ändert, wenn sich das Vorzeichen der Differenz zwischen dem Zählerbinärwert und dem ersten Binärwert ändert, und der mit dem Gatter der Schalteinrichtung verbunden ist.

[0017] Das Verfahren und die Vorrichtung können zum Laden wiederaufladbarer Batterien aller Art, wie etwa von Nickel-Cadmium (NiCd)-Batterien, Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Batterien, Li-Batterien, etc., verwendet werden.

[0018] Das Schaltnetzteil kann ein Gleichstrom-Wechselstromwandler, ein Gleichstrom-Gleichstromwandler, wie etwa ein Buck-Wandler, ein Boost-Wandler, ein Abwärts-Aufwärtswandler, ein Durchflußwandler, ein Sperrwandler, ein Gegentaktwandler, eine Halbbrücke, eine Vollbrücke, ein CuK-Wandler, etc., sein.

[0019] Das Schaltnetzteil kann ein Netz-Schaltnetzteil sein oder es kann einen Transformator zum Transformieren der Netzspannung auf eine andere Spannung, bevorzugt eine niedrigere Spannung, aufweisen.

[0020] Die Schaltfrequenz kann jede für das fragliche Batterieladegerät geeignete Frequenz sein, bevorzugt ist die Schaltfrequenz im Bereich von 10 kHz–100 kHz, besser im Bereich von 15 kHz–50 kHz, am besten 20 kHz–35 kHz.

[0021] Bevorzugt ist die Schaltfrequenz über 20 kHz, um die Erzeugung eines hörbaren Tons bei der Schaltfrequenz zu vermeiden.

[0022] Der Zustand der Batterie, die gerade geladen wird, wird während des Ladens überwacht, was ein optimales Aufladungsverfahren sicherstellt, d. h. sicherstellt, daß die Batterie in einer kurzen Zeitspanne vollständig geladen wird, ohne die Batterie zu schädigen. Verschiedene Batterieladeparameter, wie etwa der an die Batterie gelieferte Ladestrom, die Temperatur der Batteriezellen, die Spannung der Batteriezellen, die Leerlaufspannung der Batteriezellen, die Spannung an den Batterieanschlüssen, die Leerlaufspannung an den Batterieanschlüssen, etc., können während des Ladens überwacht werden.

[0023] Spezifische Werte von überwachten Batterieladeparametern können durch die direkte Messung des fraglichen Parameters oder durch eine Berechnung auf der Grundlage einer oder mehrerer Messungen des einen oder mehrerer Parameter bestimmt werden.

[0024] Die Steigung der Ladeparameter als eine Funktion der Zeit kann überwacht werden. Die Steigung kann bestimmt werden, indem vorher bestimmte Batterieladeparameterwerte gespeichert werden, so daß zu einer gegebenen Zeit tatsächliche Werte mit vorher gespeicherten Parameterwerten verglichen werden können und Steigungen berechnet werden können.

[0025] Jede Funktion der Batterieladeparameter kann während des Ladens der Batterie überwacht werden, um sie zur Bestimmung des Beendigungszeitpunkts für das Ladeverfahren zu verwenden. Zum Beispiel können spezifische Parameter Bemittelt werden oder während einer spezifischen Zeitspanne integriert werden, etc.

[0026] Das Ladeverfahren kann zu einem speziellen Beendigungszeitpunkt beendet werden, der aus den überwachten Batterieladeparametern und einem Satz erwünschter Parameterwerte bestimmt wird. Ein Endpunkt des Ladeverfahrens kann erreicht sein, wenn einer oder mehrere spezifische Parameter einen oder mehrere jeweilige erwünschte Werte erreichen.

[0027] Wenn die Spannung an den Anschlüssen der Batterie, die gerade geladen wird, während des Ladens überwacht wird, kann der Ladestrom an die Batterie während der Spannungsmessung für eine kurze Zeitspanne ausgeschaltet werden, wodurch die Erzeugung eines Spannungsabfalls an dem inneren Widerstand der Batterie durch den Ladestrom vermieden wird.

[0028] Es kann vorteilhaft sein, den Ladestrom bei der Annäherung an den Endzeitpunkt des Ladeverfahrens zu verringern, wodurch die Bestimmung des optimalen Endzeitpunkts genauer bestimmt werden kann. Auf diese Weise kann das Laden mit einem konstanten hohen Strom durchgeführt werden, bis einer der überwachten Parameter einen vorbestimmten Wert erreicht, und danach kann der Strom allmählich verringert werden.

[0029] Das Verfahren zur Bestimmung eines Endzeitpunkts für das Ladeverfahren kann bis kurz vor dem vollständigen Laden der Batterie nicht gestartet werden. Bis dahin kann ein einfaches Verfahren, das z. B. das Überwachen des Ladestroms oder der Spannung umfaßt, für die Entscheidung verwendet werden, wann das genauere Bestimmungsverfahren für den Endzeitpunkt gestartet werden soll.

[0030] Es kann ein Vorteil sein, als zusätzliche Sicherheitsmaßnahme einige der Endkriterien zu übernehmen, die nach bisherigem Stand der Technik verwendet werden. Auf diese Weise kann zum Beispiel eine maximale Ladedauer festgelegt werden. Das Laden wird dann spätestens zu diesem Zeitpunkt beendet, selbst wenn die anderen Endkriterien noch nicht erfüllt wurden. Es ist auch möglich, Schwellwerte für einen oder mehrere der gemessenen Parameter zu definieren, damit das Laden beendet wird, wenn einer der Parameter entsprechende Schwellwerte überschreitet oder darunter fällt.

[0031] Nach Beendigung des Ladens kann die in der Batterie gespeicherte Energiemenge mit Hilfe eines pulserenden Stroms aufrecht erhalten werden. Dies stellt sicher, daß die Batterie vollständig geladen bleibt, wenn sie nach der Beendigung des Ladens in dem Ladegerät bleibt.

[0032] Bevor das tatsächliche Laden gestartet wird, kann zur Messung von charakteristischen Batterieparametern eine Spannung an die Batterie angelegt werden, wodurch bestimmt werden kann, ob eine Batterie der richtigen Art und ohne Fehler mit dem Ladegerät verbunden wurde. Wenn dies nicht der Fall ist, findet kein Laden statt. Auf diese Weise werden Versuche, falsche Batteriearten oder defekte Batterien, in denen zum Beispiel eine Zelle falsch ausgerichtet ist, zu laden, vermieden.

[0033] Das Ladeverfahren wird gesteuert, indem ansprechend auf überwachte Batterieladeparameter die Leistungsausgabe des Schaltnetzteils eingestellt wird, welches Ladestrom an die Batterie liefert.

[0034] Die Schalteinrichtungen des Schaltnetzteils weisen einen oder mehrere Schalter, wie etwa Bipolartransistoren, FET-Transistoren, Thyristoren, etc., auf. Die Leistungsausgabe des Schaltnetzteils wird durch die Einstellung der Öffnungsperioden und der Schließperioden von Schaltern der Schalteinrichtungen eingestellt.

[0035] Zum Beispiel ist das Verhältnis zwischen Ausgangsspannung und Eingangsspannung des Wandlers in einem BuckWandler, der im Dauerbetrieb arbeitet, proportional zu dem Verhältnis zwischen der Schließperiode und der Gesamtperiode des Schalters.

[0036] Somit kann das Ladeverfahren gesteuert werden, indem die Dauer der Schließperiode relativ zu der Dauer der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung eingestellt wird, wodurch die an die Batterie übertragene Leistung eingestellt wird.

[0037] Typischerweise weist ein Schaltnetzteil nach bisherigem Stand der Technik eine analoge Schaltungsanordnung zum Steuern der Schaltungseinrichtung auf, wobei die Schaltungsanordnung einen Sägezahn-generator zur Erzeugung einer linear ansteigenden Spannung und einen Spannungsvergleicher zum Vergleich der linear ansteigenden Spannung mit einem spezifischen Schwellwert aufweist. Wenn die linear ansteigende Spannung die Schwelle erreicht, ändert die Steuerspannung der Schalteinrichtung den Zustand, und die Schalteinrichtung geht von einem geschlossenen (Ein-Zustand) in einen offenen (Aus-Zustand) über, und der Sägezahn wird auf null zurückgesetzt. Ein Taktsignal startet den Sägezahn-generator neu und ändert den Zustand des Steuersignals für die Schalteinrichtungen, so daß die Schalteinrichtungen von dem Aus-Zustand in den Ein-Zustand übergehen.

[0038] Es ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung, daß die Schaltungsanordnung, wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, nicht länger benötigt wird, weil die Schalteinrichtungen z. B. mit einem Signalgenerator, der einen Zähler aufweist, digital gesteuert werden, wobei der Binärwert der Zählerausgabe direkt den Zustand der Schalteinrichtungen des Schaltnetzteils steuert. Auf diese Weise werden die Kosten von Batterieladegeräten gemäß der vorliegenden Erfindung im Vergleich zu entsprechenden bekannten Batterieladegeräten gesenkt.

[0039] Batterieladegeräte gemäß der vorliegenden Erfindung sind zum Beispiel nützlich zum Laden von Batterien mit hohen Ladeströmen. Es kann wünschenswert sein, eine Batterie mit einem hohen Ladestrom zu laden, um in der Lage zu sein, eine Batterie in einer sehr kurzen Zeit zu laden. Jedoch führen hohe Ladeströme zu einer großen Wärmeenergieerzeugung, was es sogar noch entscheidender macht, das Laden zur richtigen Zeit, nachdem die Batterie vollständig geladen wurde, zu beenden, so daß keine übermäßige Wärme in der Batterie erzeugt wird.

[0040] Ferner sind die Kosten des Netzteils um so höher, je größer der Nennstrom des Netzteils ist, die erniedrigten Kosten von Batterieladegeräten der vorliegenden Erfindung wirken den erhöhten Kosten eines höheren Nennstroms jedoch entgegen.

[0041] Der Signalgenerator weist ein erstes und ein zweites Register auf, wobei ein erstes digitales Wort in dem ersten Register gespeichert wird, um die Dauer der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung zu bestimmen, und ein zweites digitales Wort in dem zweiten Register gespeichert wird, um die Dauer der Schließperiode der Schalteinrichtung zu bestimmen, wobei der Zähler abwechselnd jeweils von dem ersten Wort und dem zweiten Wort nach null rückwärts zählt.

[0042] Typischerweise wird die Leistungsausgabe eines Schaltnetzteils eingestellt, indem der Tastgrad der Schalteinrichtung in einer derartigen Weise eingestellt wird, daß die Schaltfrequenz konstant gehalten wird, um

den Aufbau des Schaltnetzteils zu vereinfachen und die Wirkkomponentenbelastung zu minimieren, d. h. wenn die Dauer der Schließperiode um δt erhöht wird, wird die Öffnungsperiode ebenfalls um δt verringert, wobei die Schaltfrequenz unverändert gelassen wird.

[0043] Der Tastgrad eines Schalters ist als das Verhältnis zwischen der Schließperiode des Schalters und der gesamten Schaltperiode des Schalters (d. h. die Summe der Schließperiode und der Öffnungsperiode des Schalters) definiert.

[0044] Das Konstanthalten der Schaltfrequenz kann jedoch zu zu großen Tastgradschrittweiten führen, so daß ein von dem Schaltnetzteil gelieferter Ladestrom nur in sehr großen Schrittweiten eingestellt werden kann, was zur Erreichung eines optimalen Ladeverfahrens nicht ausreichend sein kann.

[0045] Somit kann der Tastgrad der Schalteinrichtung eingestellt werden, indem die Dauer der Schließperiode eingestellt wird, ohne die Dauer der Öffnungsperiode anzupassen, oder umgekehrt, oder indem die Dauer der Schließperiode und die Dauer der Öffnungsperiode eingestellt werden, wobei zugelassen wird, daß die Schaltfrequenz der Schalteinrichtung ebenfalls geändert wird. Dadurch kann der Tastgrad der Schalteinrichtung in kleinen Schrittweiten eingestellt werden, welche ausreichen, um ein optimales Ladeverfahren zu erzielen.

[0046] Im allgemeinen kann jede gewünschte Auflösung des Tastgrads erreicht werden, indem die Tastgrade im Betrieb der Schalteinrichtung als eine Funktion der Zeit verändert werden, wodurch der gewünschte Tastgradwert als ein Mittel der ausgewählten Tastgrade im Betrieb über der fraglichen Zeitspanne erhalten werden kann.

[0047] Eine kleinere oder größere Anzahl von empirisch bestimmten Referenzparameterverläufen, wie etwa Werte der Referenzparameter als eine Funktion der Zeitdauer, die seit dem Beginn des Ladeverfahrens vergangen ist, kann in dem Batterieladegerät zum Beispiel mit elektronischen Speichereinrichtungen, wie etwa einem Speicher, gespeichert werden. Wenn es erwünscht ist, die wiederaufladbare Batterie schnell zu laden, ohne dieselbe wesentlich zu beeinträchtigen, hängt das ideale oder erwünschte Ladeverfahren vor allem von dem Ladezustand der Batterie vor dem Beginn des Ladeverfahrens ab. Deshalb stellen die gespeicherten Referenzparameterverläufe ideale oder wünschenswerte Ladeverfahren für verschiedene Anfangsladezustände der Batterie dar. Wenn der Ladezustand der wiederaufzuladenden Batterie bekannt ist oder bestimmt werden kann, kann der Referenzverlauf mit dem Anfangsladezustand, der dem tatsächlichen Ladezustand der wiederaufzuladenden Batterie am nächsten ist, ausgewählt werden, und das Verfahren zum Laden der Batterie kann so gesteuert werden, daß es den Verlauf des genannten mindestens einen Parameters dem ausgewählten Referenzverlauf annähert, wodurch sichergestellt werden kann, daß die Batterie in keiner Weise Schaden nimmt, z. B. indem sie übermäßig hoher Spannung oder Ladestrom, übermäßiger Erwärmung, etc., ausgesetzt wird, wodurch eine hohe Lebensdauer der Batterie erhalten wird.

[0048] Im Prinzip kann der Ladezustand der wiederaufzuladenden Batterie durch einen speziellen Meßschritt bestimmt werden, und der an diesen angepaßte entsprechende Referenzparameterverlauf oder ein ähnlicher Anfangsladezustand kann dann ausgewählt werden, indem die relevanten Informationen zum Beispiel durch geeignete Tasten an das Batterieladegerät geliefert werden. In der bevorzugten Ausführungsform wird der relevante Referenzverlauf jedoch von dem Batterieladegerät automatisch ausgewählt.

[0049] Es sollte klar sein, daß das Ladeverfahren auf jede geeignete Weise gesteuert werden kann, durch die der Verlauf des Ladeparameters an den ausgewählten Referenzparameterverlauf angenähert werden kann. In der bevorzugten Ausführungsform wird das Ladeverfahren jedoch durch Steuerung der an die Anschlüsse der Batterie gelieferten Energie gesteuert. Bevorzugt ist der an die Batterie gelieferte Ladestrom zu Beginn des Ladeverfahrens relativ niedrig, während der Ladestrom während einem darauf folgenden Hauptteil des Ladeverfahrens, um dieses zu beschleunigen, bevorzugt auf einem im wesentlichen konstanten Maximalwert gehalten wird.

[0050] Gegen Ende des Ladeverfahrens kann der Innenwiderstand der Batteriezelle zunehmen, wodurch die Ladespannung dazu neigt, zuzunehmen, wenn der Ladestrom auf diesem Maximalwert gehalten werden soll. Eine zu hohe Spannung kann eine schädliche Temperaturzunahme innerhalb der Zellen bewirken. Deshalb wird die an die Batterieanschlüsse gelieferte Spannung bevorzugt auf ein vorbestimmtes Maximum begrenzt, wobei das Ladeverfahren nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer, die beginnt, wenn die Spannung dieses Maximum erreicht hat, beendet wird. Dies bedeutet, daß die Ladespannung während dieser vorbestimmten Zeitdauer bevorzugt auf ihrem Maximalwert gehalten wird, und da der Innenwiderstand der Batteriezellen zunimmt, wird der Ladestrom normalerweise während dieser Zeitdauer, die bevorzugt derart ausgewählt wird, daß die Batterie im wesentlichen vollständig aufgeladen ist, wenn diese Zeitdauer abgelaufen ist, allmählich abnehmen. Bevorzugt hängt die vorbestimmte Zeitdauer mit dem ausgewählten Referenzverlauf zusammen, was bedeutet, daß jeder Referenzparameterverlauf nicht nur Informationen über die maximale Ladespannung enthält, welche der Batterie zugeführt werden soll, sondern auch über die Zeitdauer, über die eine derartige Maximalspannung am Ende der Ladedauer aufrechterhalten werden sollte.

[0051] Wie weiter oben erwähnt, können die Referenzparameterverläufe, die mit dem tatsächlichen Parameterverlauf verglichen werden sollen, Kurven oder Graphen sein, und das Vergleichsverfahren kann durch ein Mustererkennungsverfahren mit Hilfe einer Mustererkennungs-Schaltungsanordnung durchgeführt werden. In

der gegenwärtig bevorzugten Ausführungsform wird der Ladeparameter jedoch momentan in kurzen Zeitintervallen während des Ladens gemessen, wobei die gemessenen Parameterwerte mit entsprechenden Referenzwerten der Referenzparameterverläufe verglichen werden und der relevante Referenzparameterverlauf auf der Grundlage des Vergleichs derartiger Meßwerte und Referenzwerte ausgewählt wird. Das Vergleichsverfahren kann momentan während dem Ladeverfahren durchgeführt werden, so daß die Steuerschaltung oder Steuerungseinheit von einem Referenzparameterverlauf zu einem anderen schalten kann, wenn das fortgesetzte Vergleichsverfahren zeigt, daß der zuerst gewählte Referenzparameterverlauf nicht der ist, der am nächsten zum tatsächlichen Ladeverfahren ist.

[0052] Wenn die Ladeparameterwerte mit den Referenzwerten verglichen werden, kann es vorteilhaft sein, die Steigung der Parameterwerte als eine Funktion der vergangenen Ladezeit mit entsprechenden Referenzwerten zu vergleichen. Als ein Beispiel kann die Steigung der Ladespannung als eine Funktion der vergangenen Ladezeit mit den entsprechenden Referenzwerten verglichen werden. Um die Leerlaufspannung der Batterie an den Batterieanschlüssen zu bestimmen, kann der Ladestrom für eine kurze Zeitdauer abgeschaltet werden.

[0053] Die Parameterwerte können gemessen werden, und die Steigung der Parameterwerte kann in gleichmäßigen ersten Zeitintervallen bestimmt werden, wobei jede Bestimmung der Steigung auf Parameterwerten basiert, die in zweiten Zeitintervallen gemessen werden, wobei das zweite Zeitintervall ein Vielfaches des ersten Zeitintervalls ist. Die Parameterwerte können ziemlich häufig gemessen werden, was bedeutet, daß das erste Zeitintervall relativ kurz, zum Beispiel etwa 10 Sekunden, sein kann. Die Steigung basiert jedoch bevorzugt auf Messungen mit einem Zeitabstand der einige Male größer, zum Beispiel 90 Sekunden, ist.

[0054] Die Bestimmung der Steigung kann am Anfang des Ladeverfahrens gestartet werden. Die Bestimmung der Steigung kann jedoch vorteilhafterweise verschoben werden, bis ein Meßwert der charakteristischen Parameter einen vorbestimmten Wert überschreitet, wenn es offensichtlich ist, daß die am besten unterscheidbaren Steigungen festgestellt werden, nachdem ein derartiger vorbestimmter Wert des Parameters überschritten wurde.

[0055] Die gespeicherten Referenzparameterverläufe können nicht nur Verläufe aufweisen, die Ladeverfahren darstellen, welche für ein und dieselbe Batterieart ideal oder wünschenswert sind, sondern sogar mehrere Referenzparameterverläufe für jede von zwei oder mehr unterschiedlichen Batteriearten. In einem derartigen Fall kann es der erste Verfahrensschritt sein, die zu ladende Batterieart zu bestimmen und die mit dieser Batterieart zusammenhängenden Referenzparameterverläufe auszuwählen. Danach kann das Verfahren wie weiter oben beschrieben weitergehen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0056] Die Erfindung wird nun unter Bezug auf die Zeichnungen weiter beschrieben, wobei:

[0057] **Fig. 1** ein Blockschaltbild ist, das die Arbeitsprinzipien einer Ausführungsform der Erfindung darstellt;

[0058] **Fig. 2** ein Blockschaltbild eines Signalgenerators ist, der gemäß der Erfindung arbeitet;

[0059] **Fig. 3** ein Blockschaltbild eines anderen Signalgenerators ist, der gemäß der Erfindung arbeitet;

[0060] **Fig. 4** ein Flußdiagramm ist, das den Betrieb einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung darstellt;

[0061] **Fig. 5** ein Flußdiagramm zur Modulation des Tastgrads ist;

[0062] **Fig. 6** ein Flußdiagramm zur Berechnung der Schließzeit und der Öffnungszeit des Schalters ist; und

[0063] **Fig. 7** eine Kurvendarstellung des Ladeverfahrens einer NiCd-Batterie ist.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0064] Die grundlegenden Betriebsprinzipien eines Batterieladegeräts gemäß der Erfindung sind in **Fig. 1** dargestellt. Wie gezeigt, weist das Batterieladegerät **10** auf: einen Buck-Wandler **12**, der aufweist: einen Eingangskondensator **14** zur Energiespeicherung, eine Drossel **16** zur Energiespeicherung, einen Stromschalter **18** zum intermittierenden Übertragen von Energie von dem Eingangskondensator **14** an die Drossel **16**, einen Ausgangskondensator **20**, eine Diode **21** zum Leiten des durch die Drossel **16** fließenden Stroms während den Öffnungsperioden des Stromschalters **18**, einen Schalter **22** zum Trennen des Batterieladegeräts **10** von der Batterie **24**, die gerade geladen wird, während der Messung der Leerlaufspannung der Batterie, einen Meßwiderstand **26** zum Messen des an die Batterie **24** gelieferten Ladestroms und einen Mikrocontroller **28** zum Empfangen von Spannungssignalen **30, 32, 34**, welche die Spannung an den Batterieanschlüssen **24**, den von dem Ladegerät **10** an die Batterie **24** gelieferten Ladestrom und die Temperatur der Batterie **24** anzeigen und zum Erzeugen eines Steuersignals **36** dienen, welches die Öffnungsperioden und die Schließperioden des Schalters **18** ansprechend auf die Spannungssignale **30, 32, 34** steuert.

[0065] Der Schalter **22** kann nicht in der Schaltungsanordnung enthalten sein, weil die Leerlaufspannung an den Batterieanschlüssen gemessen werden kann, indem der Stromschalter **18** geöffnet wird und es dem Aus-

gangskondensator **20** ermöglicht wird, sich vor der Messung der Leerlaufspannung über die Batterie **24** zu entladen.

[0066] Der Mikrocontroller **28** weist auf: einen Mikroprozessor **38** zum Steuern des Mikrocontrollerbetriebs, einschließlich der Bestimmung der Dauern der Öffnungs- und Schließperioden des Stromschalters **18** ansprechend auf die Spannungssignale **30, 32, 34**, einen Analog-Digitalwandler **40** zum Umwandeln der Spannungssignale **30, 32, 34** in Binärwerte, Ausgangsports zur Erzeugung von Hilfssteuersignalen, wie etwa einem Steuersignal für den Ausgangsschalter **22**, der steuert, ob der Schalter **22** geöffnet oder geschlossen ist, und einen Signalgenerator **44** zur Erzeugung des Steuersignals für den Stromschalter **18**. Der Betrieb des Signalgenerators wird weiter unten detaillierter diskutiert.

[0067] Der Betrieb eines Buck-Wandlers **12** ist auf dem Fachgebiet wohlbekannt. Die Eingangsleistung wird an die Anschlüsse **46, 48** des Batterieladegeräts **10** zugeführt. Typischerweise wird die Eingangsleistung von einer einfachen mit der Netzspannung verbundenen linearen Stromversorgung geliefert, die aufweist: einen Transformator, der die Netzspannung auf eine niedrige Wechselspannung, z. B. etwa 24 V Spitze-Spitze, transformiert, und einen Gleichrichter zum Gleichrichten der Wechselspannung in eine gleichgerichtete Spannung, die mit dem Eingangskondensator **14** des Buck-Wandlers **12** in eine Gleichspannung, z. B. etwa 12 V Gleichspannung, gefiltert werden soll. Wenn der Stromschalter **18** geschlossen wird, wird eine Spannung gleich der Eingangsspannung minus der Ausgangsspannung an dem Ausgangskondensator **20** an die Drossel **16** angelegt, und auf diese Weise nimmt der Strom durch die Drossel linear zu, während in dem Magnetfeld der Drossel **16** Energie gespeichert wird. Wenn der Stromschalter **18** geöffnet wird, wird die Diode **21** angeschaltet, und eine Spannung gleich der Ausgangsspannung mit entgegengesetzter Polarität wird an die Drossel **16** angelegt, und auf diese Weise nimmt der Strom durch die Drossel **16** linear ab, während von dem Magnetfeld der Drossel **16** Energie geliefert wird. Es ist auch wohlbekannt, daß das Verhältnis zwischen der Ausgangsspannung, d. h. die Spannung an dem Ausgangskondensator **20**, und der Eingangsspannung, d. h. der Spannung an dem Eingangskondensator **14**, gleich dem Tastgrad des Schalters **18** ist, d. h. dem Verhältnis zwischen der Dauer der Öffnungsperiode des Stromschalters **18** und der Dauer der Öffnungsperiode plus der Schließperiode des Schalters **18**. Der Ladestrom kann eingestellt werden, indem der Tastgrad des Stromschalters **18** eingestellt wird, da der an die Batterie **24** gelieferte Ladestrom gleich dem Verhältnis zwischen der Ausgangsspannung des Wandlers **12** und dem Innenwiderstand der Batterie **24** (nicht gezeigt) plus dem Widerstand des Meßwiderstands **26** ist.

[0068] Ein Blockschaltbild einer beispielhaften Ausführungsform eines erfindungsgemäß arbeitenden Signalgenerators **44** ist in Fig. 2 gezeigt. Der gezeigte Signalgenerator **44** weist auf: einen Rückwärtszähler **50** zum Rückwärtszählen von einem durch Eingaben **51, 53** in den Zähler definierten Binärwert bis null, ein erstes Register **52** und ein zweites Register **54**, wobei ein erstes digitales Wort in dem ersten Register **52** gespeichert wird, um die Dauer der Öffnungsperiode des Stromschalters **18** zu bestimmen, und ein zweites digitales Wort in dem zweiten Register **54** gespeichert wird, um die Dauer der Schließperiode des Schalters **18** zu bestimmen.

[0069] Nachdem der Zähler **50** von dem ersten Wort bis null rückwärts gezählt hat, gibt der Zähler **50** einen Impuls an das Latch **56** auf der Leitung **58** aus, und das Latch **56** schaltet seine Ausgabe **36** von hoch auf niedrig, wodurch der Stromschalter **18** ausgeschaltet wird. Gleichzeitig wird das zweite Wort aus dem zweiten Register **54** in den Zähler **50** geladen, und das Rückwärtszählen von dem zweiten Wort wird begonnen. Nachdem der Zähler **50** von dem zweiten Wort bis null rückwärts gezählt hat, gibt er ebenso einen Impuls an das Latch **56** auf der Leitung **58** aus, und das Latch schaltet seine Ausgabe **36** von niedrig auf hoch, wodurch der Stromschalter **18** angeschaltet wird. Gleichzeitig wird das erste Wort aus dem ersten Register **52** in den Zähler **50** geladen, und das Rückwärtszählen von dem ersten Wort wird begonnen. Der Rückwärtszähler **50** wird von einem Taktsignal **60** getaktet, das von einem programmierbaren Prescaler **62** geliefert wird, welcher von dem Mikroprozessor **38** programmiert wird und von einem Taktgenerator **64** getaktet wird. Es zeigt sich, daß die Schaltfrequenz des Stromschalters **18** durch die Summe aus dem ersten und dem zweiten Wort bestimmt wird.

[0070] Ein Blockschaltbild einer anderen beispielhaften Ausführungsform eines Signalgenerators **66**, der erfindungsgemäß arbeitet, ist in Fig. 3 gezeigt. Der gezeigte Signalgenerator **66** weist auf: einen Vorwärtszähler **68** zum Hochzählen von einem durch die Eingaben **70** in den Zähler definierten Binärwert, ein erstes Register **72** und ein zweites Register **74**, wobei ein erstes digitales Wort in dem ersten Register **72** gespeichert wird, um die Dauer der Öffnungsperiode des Stromschalters **18** zu bestimmen, und ein zweites digitales Wort in dem zweiten Register **74** gespeichert wird. Die Dauer der Schließperiode des Schalters **18** wird durch die Differenz zwischen dem ersten Wort und dem zweiten Wort bestimmt. Ein Vergleichler **76** vergleicht den Inhalt des ersten Registers **72** mit dem Inhalt des Zählers **68**, und wenn der Zählerinhalt kleiner oder gleich dem Inhalt des ersten Registers **72** ist, ist die Ausgabe **36** des Vergleichlers hoch und andernfalls ist sie niedrig. Wenn der Inhalt des Zählers **68** sich während des Hochzählens von lauter Einsen in lauter Nullen ändert, ändert sich auf diese Weise die Ausgabe **36** des Vergleichlers von niedrig auf hoch, wodurch der Stromschalter **18** angeschaltet wird. Gleichzeitig wird das zweite Wort aus dem zweiten Register **74** in den Zähler **68** geladen, und das Hochzählen von dem zweiten Wort wird begonnen. Wenn der Inhalt des Zählers **68** den Inhalt des ersten Registers **72** über-

holt, geht der Ausgang des Vergleichers **76** von hoch auf niedrig, wodurch der Stromschalter **18** ausgeschaltet wird. Die Ausgabe **36** bleibt niedrig, bis der Zählerinhalt sich von lauter Einsen in lauter Nullen ändert, und der Zählzyklus wird wiederholt. Der Vorwärtszähler **68** wird von einem Taktsignal **60** getaktet, das von einem programmierbaren Prescaler **62** geliefert wird, welcher von dem Mikroprozessor **38** programmiert wird und von einem Taktgenerator **64** getaktet wird. Es zeigt sich, daß die Schaltfrequenz des Schalters **18** durch das zweite Wort bestimmt wird, da das Hochzählen von dem zweiten Wort begonnen wird und fortgesetzt wird, bis der Zählerinhalt lauter Einsen erreicht. Es wird bevorzugt, die Schaltfrequenz konstant zu halten und den Tastgrad durch Änderung des ersten Worts zu ändern, ohne das zweite Wort zu ändern.

[0071] Die in **Fig. 2** und **3** jeweils gezeigten Signalgeneratoren **44**, **66** können unter Verwendung im Handel erhältlicher Mikrocontroller einschließlich von bereits beschriebenen Registern und Zählern implementiert werden. Zum Beispiel kann die in **Fig. 3** gezeigte Schaltung mit einem von SGS Thompson hergestellten ST62E60B- oder ST62E65B-Mikrocontroller implementiert werden. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden diese Mikrocontroller von einem 6 MHz-Quarzoszillator gesteuert, was zu einer Schaltfrequenz von 23,4375 kHz bei einer 8-Bit-Auflösung des Tastgrads der Schalteinrichtung führt. Wie weiter unten erklärt wird, sind die Auflösung des Tastgrads und die Schaltfrequenz umgekehrt zueinander proportional, z. B. ist die Schaltfrequenz bei einer 7-Bit-Auflösung des Tastgrads 46,8750 kHz.

[0072] Ferner kann die in **Fig. 2** gezeigte Schaltung mit einem von National Semiconductors hergestellten COP8ACC-Mikrocontroller implementiert werden. Typischerweise arbeitet der Taktgenerator **64** eines im Handel erhältlichen Mikrocontrollers bei einer ziemlich niedrigen Taktfrequenz, z. B. bei 1 MHz, was zu einer niedrigen Auflösung des Tastgrads des Steuersignals **36** führt. Wenn die Taktfrequenz zum Beispiel 1 MHz ist und die Summe der Inhalte des ersten Registers und des zweiten Registers ($R_1 + R_2$) gleich 32 ist, wird die Schaltfrequenz 1 MHz durch 32 zu 31,25 kHz dividiert, und die Auflösung des Tastgrads ist 1/32. Die Auflösung des Tastgrads kann erhöht werden, indem die Summe der Inhalte des ersten Registers und des zweiten Registers ($R_1 + R_2$) z. B. auf **64** erhöht wird. Dann wird die Schaltfrequenz jedoch z. B. auf 15,6 kHz verringert, was im hörbaren Bereich liegt. Auf diese Weise bestimmen die Taktfrequenz des Taktgenerators **64** und die Notwendigkeit, die Schaltfrequenz über einer gewissen Frequenz, z. B. dem hörbaren Frequenzbereich, zu halten, die Auflösung des Tastgrads, wenn die Schaltfrequenz konstant gehalten wird.

[0073] Da die Ausgangsspannung des Batterieladegeräts proportional zum Tastgrad ist und der Innenwiderstand der Batterie bei einer niedrigen Auflösung des Tastgrads niedrig ist, führt eine niedrige Auflösung des Tastgrads zu großen Schrittweiten des eingestellten Ladestroms, die typischerweise zu groß sind, um ein optimales Ladeverfahren zu erzielen. Wenn sich die Schaltfrequenz jedoch in einem vorbestimmten Bereich ändern darf, können, wie in der Tabelle weiter unten gezeigt, kleinere Schrittweiten des Tastgrads erreicht werden, wobei:

R_1 der Inhalt des ersten Registers ist,

R_2 der Inhalt des zweiten Registers ist,

f die Schaltfrequenz in kHz ist,

$RDuCy$ geteilt durch **64** der sich ergebende Tastgrad ist, und

$DDuCy$ geteilt durch **64** der gewünschte Tastgrad ist.

R_1	R_2	R_1+R_2	f	$RDuCy$	$DDuCy$
16	16	32	31,25	32	32
17	16	33	30,3	32,97	33
17	15	32	31,25	34	34
18	15	33	30,3	34,91	35
18	14	32	31,25	36	36
19	14	33	30,3	36,84	37

[0074] In dem in der obigen Tabelle gezeigten Beispiel ist die Auflösung des Tastgrads um einen 50%-Tastgrad

$$\frac{1}{2R_1 + 2R_2} = \frac{1}{64}$$

. Wenn die Schaltfrequenz sich über einen größeren Frequenzbereich ändern darf, kann die Auflösung des Tastgrads verringert werden.

[0075] Im allgemeinen kann jede gewünschte Tastgrad-Auflösung erhalten werden, indem festgelegte Tast-

grade, wie durch die ersten und zweiten Registerinhalte definiert, als eine Funktion der Zeit verändert werden, wodurch der gewünschte Tastgradwert als ein Mittel der festgelegten Tastgrade erhalten wird.

[0076] Wenn für das Steuersignal 36 zum Beispiel Tastgrade 10/64 und 11/64 festgelegt werden können, kann jeder Tastgradwert im Bereich von 10/64 bis 11/64 ausgewählt werden, indem für eine erste ausgewählte Zeitdauer P_1 der Tastgrad 10/64 und für eine zweite ausgewählte Zeitdauer P_2 der Tastgrad 11/64 ausgewählt wird, was einen mittleren Tastgrad ergibt.

$$\frac{\frac{10}{64} P_1 + \frac{11}{64} P_2}{P_1 + P_2}$$

[0077] Zum Beispiel können Schrittweiten von 1/256 erzielt werden, indem ein bestimmtes Zeitintervall in vier Teilintervalle geteilt wird und in den Teilintervallen Tastgrade ausgewählt werden wie weiter unten angegeben:

Mittel[10/64, 10/64, 10/64, 10/64] = 40/256

Mittel[10/64, 10/64, 10/64, 11/64] = 41/256

Mittel[10/64, 10/64, 11/64, 11/64] = 42/256

Mittel[10/64, 11/64, 11/64, 11/64] = 43/256

[0078] Der Betrieb einer beispielhaften Ausführungsform der Erfindung ist in dem Flußdiagramm von **Fig. 4** dargestellt. Die Kästchen **100** und **101** bilden eine Warteschleife. 32 mal in der Sekunde wird die Warteschleife verlassen, und die Programmsteuerung wird für die Messung der Batterieladeparameter, wie etwa die Ladespannung, den Ladestrom, die Batterietemperatur, etc., dem Kästchen **102** und ferner dem Kästchen **103** übergeben. Jede halbe Sekunde wird die Programmsteuerung von dem Kästchen **102** an das Kästchen **104** übergeben, um die 16 vorherigen Messungen zu mitteln. Batterietemperaturen oder Temperaturgradienten werden über längere Zeitdauern, typischerweise über ½ bis 1 Minute Bemittelt. Die Bemittelten Werte werden im Kästchen **105** mit entsprechenden aktualisierten Referenzwerten verglichen, und der gewünschte Tastgrad wird in den Kästchen **106** oder **107** entsprechend eingestellt. Wie weiter oben erklärt und unter Bezug auf **Fig. 5** weiter erklärt, kann der gewünschte Tastgrad durch Verändern des tatsächlichen Tastgrads über die Zeit erzielt werden. Dies wird im Kästchen **108** durchgeführt, in dem der tatsächliche Tastgrad entweder nach dem Vergleich der Mittelwerte der Batterieladeparameter mit Referenzwerten oder nach jeder Messung der Batterieladeparameter festgelegt wird. Nach der Berechnung des tatsächlichen Tastgrads im Kästchen **108** wird die Programmsteuerung zur Berechnung der entsprechenden Binärwerte t_{ein} und t_{aus} , welche jeweils die Öffnungs- und Schließperioden der Schalteinrichtung bestimmen, an das Kästchen **109** übergeben, und im Kästchen **110** werden diese Werte in die entsprechenden in **Fig. 2** gezeigten Register **52**, **54** geladen.

[0079] Die im Kästchen **108** in **Fig. 4** durchgeführte Modulation des Tastgrads ist ferner in dem Flußdiagramm von **Fig. 5** dargestellt. In dem in **Fig. 5** gegebenen Beispiel stehen in den in **Fig. 2** gezeigten Registern **52**, **54** zur Bestimmung der Öffnungsperioden und der Schließperioden der Schalteinrichtung 5 Bits zur Verfügung. Die 5-Bit-Auflösung wird, wie unter Bezug auf die obige Tabelle und ferner weiter unten unter Bezug auf **Fig. 6** beschrieben, auf eine 6-Bit-Auflösung verbessert.

[0080] In **Fig. 5** wird die 6-Bit-Auflösung des Tastgrads auf eine 8-Bit-Auflösung verbessert, indem die Zeit in vier Zeitintervalle mit identischer Länge geteilt wird und indem der tatsächliche Tastgrad, wie bereits erklärt, in jedem der vier Zeitintervalle verändert wird. Wenn der gewünschte Tastgrad zum Beispiel 42/256 ist, kann dieser Tastgrad erzielt werden, indem der tatsächliche Tastgrad während der ersten zwei Zeitintervalle auf 10/64 und während der restlichen zwei Zeitintervalle auf 11/64 festgelegt wird.

[0081] Im Kästchen **120** wird der gewünschte 8-Bit-Tastgrad d_{256} (42 in dem Beispiel weiter oben) durch 4 geteilt, um den 6-Bit-Tastgrad d_{64} des ersten Zeitintervalls (Zeit = 0) zu berechnen, und der Rest r der Division der ganzen Zahlen wird im Kästchen **121** berechnet. Wenn d_{256} zum Beispiel **42** ist, ist d_{64} 10 und r ist 2. Im Kästchen **125** wird d_{64} erhöht, wenn r in dem zweiten Zeitintervall (Zeit = 1) nicht gleich 0 ist (Kästchen **122**) oder wenn r in dem dritten Zeitintervall (Zeit = 2) gleich 3 ist (Kästchen **123**) oder wenn r in dem vierten Zeitintervall (Zeit = 3) gleich 2 oder 3 ist (Kästchen **124**). Wenn d_{256} zum Beispiel **42** ist, ist d_{64} im ersten und dritten Zeitintervall **10** und im zweiten und vierten Zeitintervall **11**.

[0082] Die im in **Fig. 4** gezeigten Kästchen **109** durchgeführte Berechnung der 5-Bit-Binärwerte t_{ein} und t_{aus} ist ferner in dem Flußdiagramm von **Fig. 6** dargestellt. Im Kästchen **140** werden Startwerte t_{ein} und t_{aus} berechnet und wenn d_{64} gerade ist, brauchen keine weiteren Berechnungen durchgeführt zu werden. Wenn d_{64} ungerade ist, wird t_{ein} im Kästchen **141** erhöht, und wenn d_{64} größer als **42** ist, wird t_{ein} im Kästchen **142** nochmals erhöht, während t_{aus} um eins erhöht wird, wenn d_{64} kleiner als 22 ist. Wie bereits erklärt, ermöglicht dieses Verfahren, daß sich die Schaltfrequenz der Schalteinrichtung ändert. Da jedoch der von dem Batterieladegerät gelieferte Ladestrom proportional zum Tastgrad der Schalteinrichtung ist, führt eine verbesserte Auflösung des Tastgrads zu geringeren Wellenströmen. In dem vorliegenden Beispiel entspricht eine 5-Bit-Auflösung des Tastgrads zum Beispiel typischerweise einem 100-mA-Wellenstrom, und eine 6-Bit-Auflösung entspricht typischerweise einem 50-mA-Wellenstrom.

[0083] **Fig. 7** ist eine Kurvendarstellung, die das Ladeverfahren einer NiCd-Batterie darstellt, die bis zu einer Kapazität von 1250 mAh geladen wird. Die Kurvendarstellung zeigt den Ladestrom **200**, die Leerlaufspannung **201** der Batterie und die Temperatur **202** der Batterie als Funktion der Zeit. Die Einheiten der Ladeparameter sind entlang der vertikalen Achse der Kurvendarstellung jeweils in Volt **203**, in Ampere **204** und in °C **205** gezeigt. Die Einheit der Zeit **206** sind Minuten. Es ist zu erkennen, daß die Batterie in weniger als 60 Minuten vollständig geladen ist. Es ist auch zu erkennen, daß die Leerlaufspannung der Batterie während des Ladens zunimmt und daß der Ladestrom gesenkt wird, wenn die Leerlaufspannung bei **207** einen vorbestimmten Wert erreicht hat. Der Innenwiderstand der Batterie nimmt während dem fortgesetzten Ladeverfahren zu, und somit wird der Ladestrom als eine Funktion der Zeit gesenkt, um die Leerlaufspannung auf dem vorbestimmten Wert zu halten. Das Laden wird nach einer vorbestimmten Zeitdauer mit einem gesenkten Ladestrom beendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden von wiederaufladbaren Batterien (**24**) mit einem Schaltnetzteil (**12**), das aufweist: Bestimmen eines oder mehrerer Batterieladeparameter und Steuern des Spannungsausgangs des Schaltnetzteils (**12**) durch digitales Erzeugen eines Durchschaltesignals zum Steuern der Öffnungsperioden und Schließperioden einer Schalteinrichtung (**18**) des Schaltnetzteils (**12**), wobei jede der Zeiten für die Öffnungsperiode und die Schließperiode der Schalteinrichtung (**18**) jeweils ansprechend auf den bestimmten einen oder mehrere Batterieladeparameter und einen oder mehrere Aufladeverfahren-Referenzwerte bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Durchschaltesignal von einem Signalgenerator (**44**) erzeugt wird, der aufweist: einen Zähler (**50**), wobei der Wert des Durchschaltesignals durch den digitalen Wert der Zählerausgabe bestimmt wird, und ein erstes und ein zweites Register (**52**, **54**), wobei ein erstes digitales Wort in dem ersten Register (**52**) gespeichert wird, um die Dauer der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung (**18**) zu bestimmen, und ein zweites digitales Wort in dem zweiten Register (**54**) gespeichert wird, um die Dauer der Schließperiode der Schalteinrichtung (**18**) zu bestimmen, wobei der Zähler (**50**) abwechselnd jeweils von dem ersten Wort und dem zweiten Wort rückwärts zählt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Schließperioden und/oder die Öffnungsperioden jeweils auf eine derartige Weise bestimmt werden, daß der von dem Schaltnetzteil (**12**) gelieferte Batterieladestrom oder die Batterieladespannung im wesentlichen identisch zu entsprechenden Aufladeverfahren-Referenzwerten sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, welches die Einstellung der Schließperioden und der Öffnungsperioden der Schalteinrichtung (**18**) aufweist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Schließperioden und die Öffnungsperioden in einer derartigen Weise eingestellt sind, daß die Schaltfrequenz der Schalteinrichtung (**18**) in einem vorbestimmten Frequenzbereich liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Schaltfrequenz im Bereich von 10 kHz–100 kHz, bevorzugt 15 kHz–50 kHz, am meisten bevorzugt 20 kHz bis 35 kHz ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Schaltfrequenz im wesentlichen konstant ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Schaltnetzteil (**12**) ein Abwärtsschaltnetzteil, bevorzugt ein Buck-Wandler ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der eine oder die mehreren Referenzwerte einen maximalen Ladestromwert umfassen.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der eine oder die mehreren Referenzwerte einen maximalen Batteriespannungswert umfassen.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei einer oder mehrere Referenzwerte zu bestimmten Zeitpunkten eines Aufladeverfahrens auf der Grundlage von gemessenen Werten von Aufladeparametern, wie etwa dem Ladestrom, der Batteriespannung und/oder der Batterietemperatur, während des Aufladeverfahrens, bestimmt werden.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Batteriespannung (**30**) an der Batterieanschlußspannung gemessen wird, während im wesentlichen kein Ladestrom an die Batterie geliefert wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Dauern der Öffnungsperiode und der Schließperiode jeweils in einer derartigen Weise bestimmt werden, daß für eine spezifische Frequenz des Taktsignals (**60**) an den Zähler (**50**) und spezifische Wortlängen der ersten und zweiten Register der Absolutwert der Differenz zwischen dem sich ergebenden Tastgrad des Durchschaltesignals und dem gewünschten Tastgrad so klein wie möglich ist.

13. Batterieladegerät (**10**) zum Laden einer wiederaufladbaren Batterie (**24**), welches aufweist:
 ein Schaltnetzteil (**12**),
 eine Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung (**40**) zum Bestimmen eines oder mehrerer Batterieladeparameter während des Ladens der wiederaufladbaren Batterie (**24**),
 eine Steuerungseinheit (**28**) zum Steuern des Schaltnetzteils (**12**) ansprechend auf die von der Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung (**40**) empfangenen Batterieladeparameterwerte, wobei die Steuerungseinheit (**28**) aufweist:
 eine Tastgrad-Bestimmungseinrichtung (**38**) zum Bestimmen der Dauern der jeweiligen Öffnungsperioden und der Schließperioden einer Schalteinrichtung (**18**) ansprechend auf mindestens einen der von der Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung (**40**) empfangenen Batterieladeparameterwerte und einen oder mehrere Aufladeverfahren-Referenzwerte und
 einen Signalgenerator (**44**) zum digitalen Erzeugen eines Durchschaltesignals (**36**) zum Steuern der Öffnungs- und Schließperioden der Schalteinrichtung (**18**) des Schaltnetzteils (**12**) jeweils entsprechend den bestimmten Dauern, wobei die Leistungsausgabe des Batterieladegeräts (**10**) ansprechend auf gemessene Batterieparameterwerte zum Erzielen eines gewünschten Aufladeverfahrens eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinheit (**28**) ferner aufweist:
 eine Speicherschaltung zum Speichern von Aufladeverfahren-Referenzwerten und wobei der Signalgenerator (**44**) aufweist:
 ein erstes Register (**52**) zum Speichern eines ersten Binärwerts, der die Dauer der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung (**18**) bestimmt,
 ein zweites Register (**54**) zum Speichern eines zweiten Binärwerts, der die Dauer der Schließperiode der Schalteinrichtung (**18**) bestimmt, und
 einen Zähler (**50**) mit
 einem ersten Eingangsport (**51**), der mit dem ersten Register (**52**) verbunden ist,
 einem zweiten Eingangsport (**53**), der mit dem zweiten Register (**54**) verbunden ist, wobei die ersten und zweiten Binärwerte jeweils abwechselnd in den Zähler (**50**) geladen werden, wenn der Zähler einen dritten Binärwert erreicht, und
 einem Latch (**56**) mit einem Ausgang, der seinen Zustand immer ändert, wenn der Zähler (**50**) den dritten Binärwert erreicht, und der mit dem Steueranschluß der Schalteinrichtung (**18**) verbunden ist.

14. Batterieladegerät (**10**) zum Laden einer aufladbaren Batterie (**24**), das aufweist:
 ein Schaltnetzteil (**12**),
 eine Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung (**40**) zum Bestimmen eines oder mehrerer Batterieladeparameter während des Ladens der wiederaufladbaren Batterie (**24**),
 eine Steuerungseinheit (**28**) zum Steuern des Schaltnetzteils (**12**) ansprechend auf die von der Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung (**40**) empfangenen Batterieladeparameterwerte, wobei die Steuerungseinheit (**28**) aufweist:
 eine Tastgrad-Bestimmungseinrichtung (**38**) zum Bestimmen der Dauern der jeweiligen Öffnungsperioden und der Schließperioden einer Schalteinrichtung (**18**) ansprechend auf mindestens einen der von der Batterieparameter-Bestimmungsvorrichtung (**40**) empfangenen Batterieladeparameterwerte und einen oder mehrere Aufladeverfahren-Referenzwerte und
 einen Signalgenerator (**44**) zum digitalen Erzeugen eines Durchschaltesignals (**36**) zum Steuern der Öffnungs- und Schließperioden der Schalteinrichtung (**18**) des Schaltnetzteils (**12**) jeweils entsprechend den bestimmten Dauern, wobei die Leistungsausgabe des Batterieladegeräts (**10**) ansprechend auf gemessene Batterieparameterwerte zum Erzielen eines gewünschten Aufladeverfahrens eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerungseinheit (**28**) ferner aufweist:
 eine Speicherschaltung zum Speichern von Aufladeverfahren-Referenzwerten und wobei der Signalgenerator (**44**) aufweist:
 ein erstes Register (**72**) zum Speichern eines ersten Binärwerts, der die Dauer der Schließperiode oder der Öffnungsperiode der Schalteinrichtung (**18**) bestimmt,
 ein zweites Register (**74**) zum Speichern eines zweiten Binärwerts, der die Schaltfrequenz der Schalteinrich-

tung (18) bestimmt,
einen Zähler (68) mit einem Eingangsport (70), der mit dem zweiten Register (74) verbunden ist, wobei der zweite Binärwert in den Zähler (68) geladen wird, wenn der Zähler einen dritten Binärwert erreicht,
einen Vergleichler (76) zum Vergleichen des Zählerbinärwerts mit dem ersten Binärwert, der aufweist:
einen ersten Eingangsport, der mit dem ersten Register (72) verbunden ist,
einen zweiten Eingangsport, der mit dem Zähler (68) verbunden ist, und
einen Ausgang, der den Zustand ändert, wenn sich das Vorzeichen der Differenz zwischen dem Zählerbinärwert und dem ersten Binärwert ändert, und der mit dem Gatter der Schalteinrichtung (18) verbunden ist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

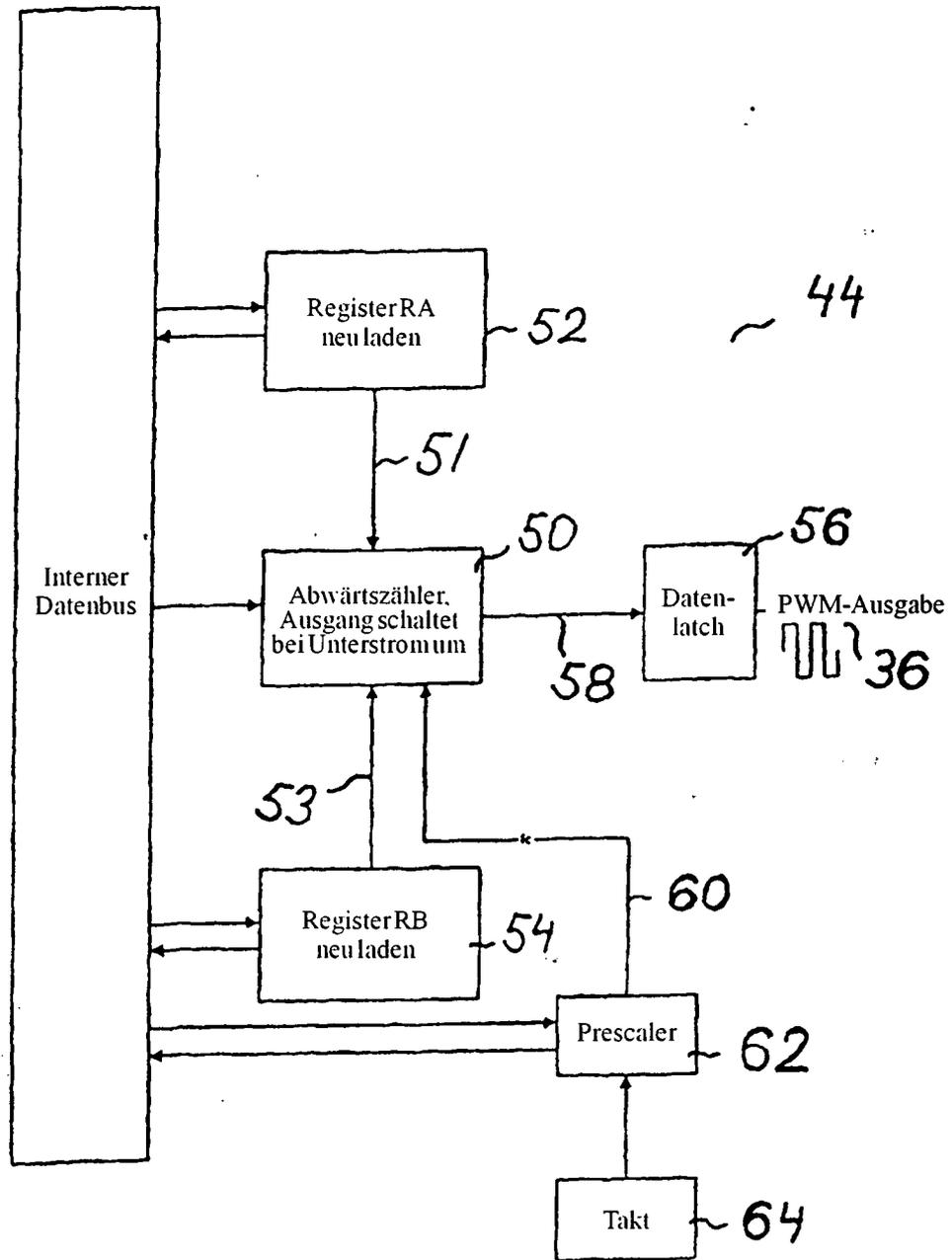


Fig. 2

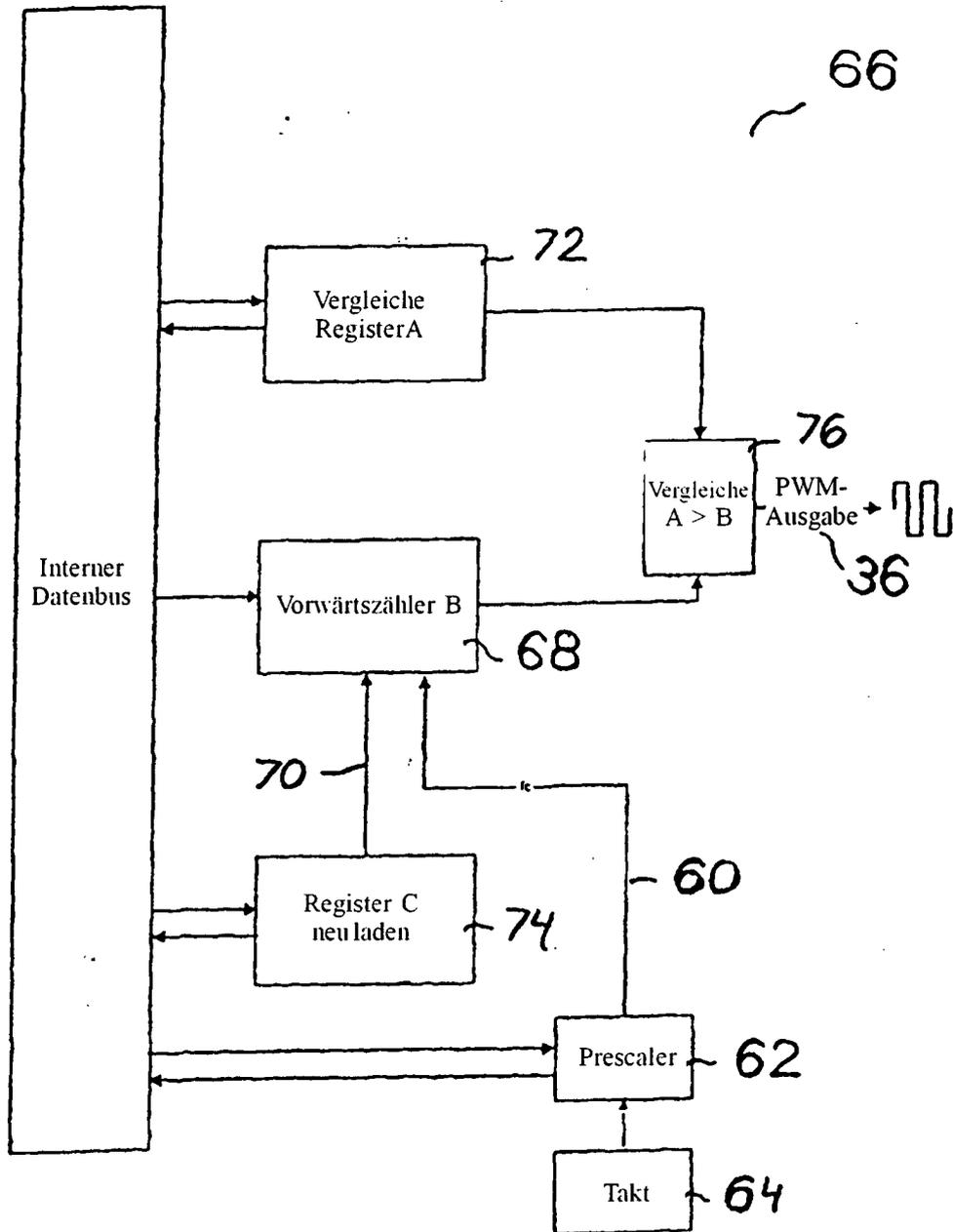


Fig. 3

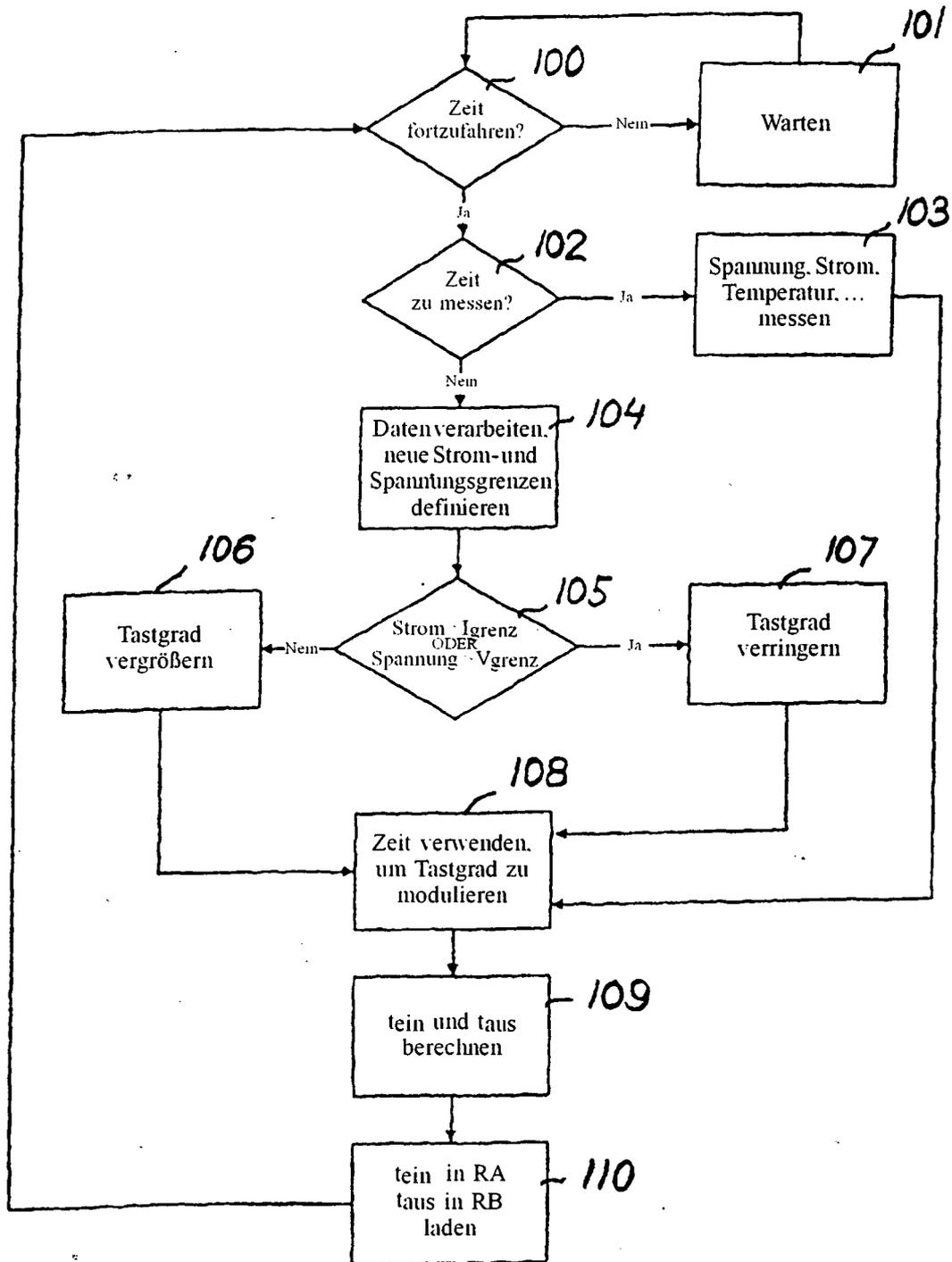


Fig. 4

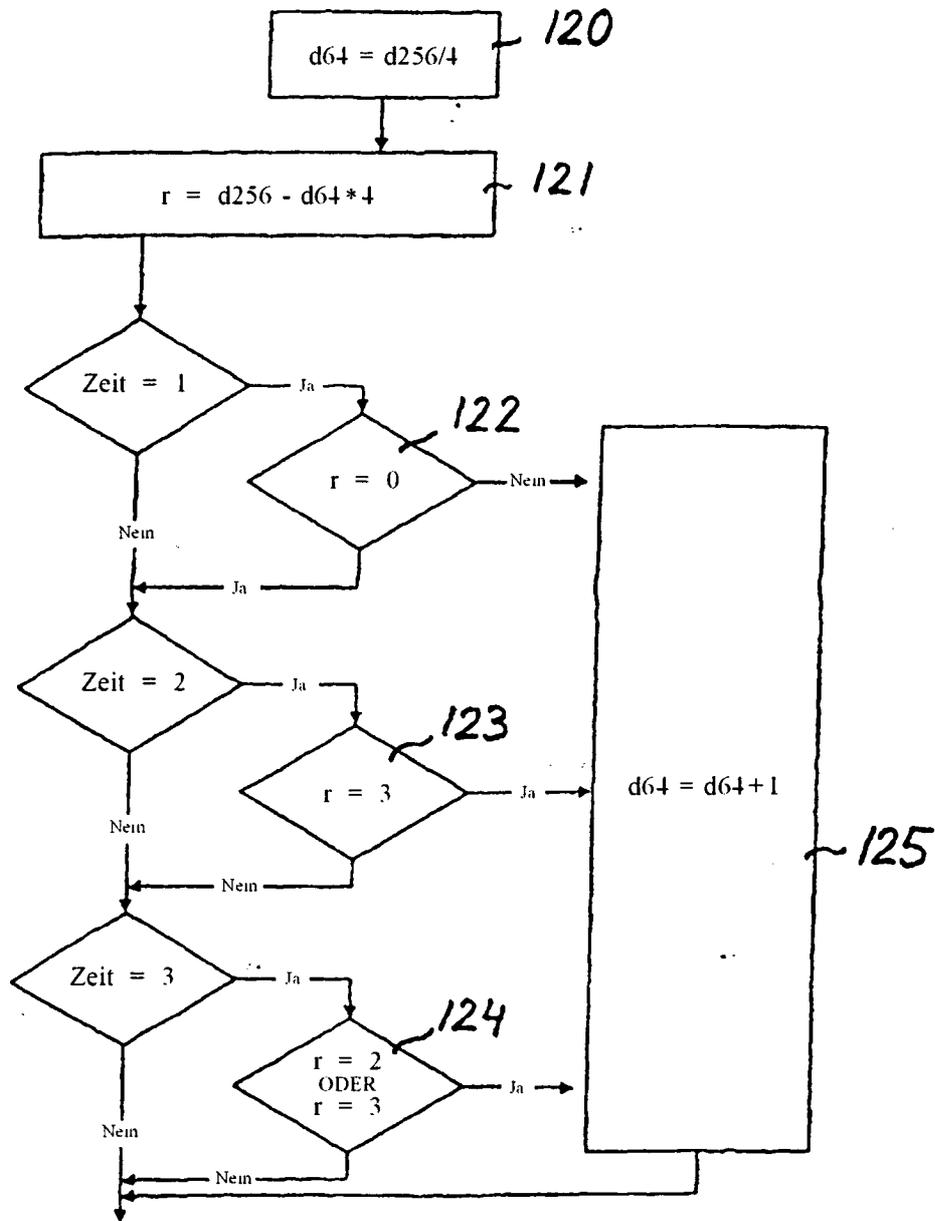


Fig. 5

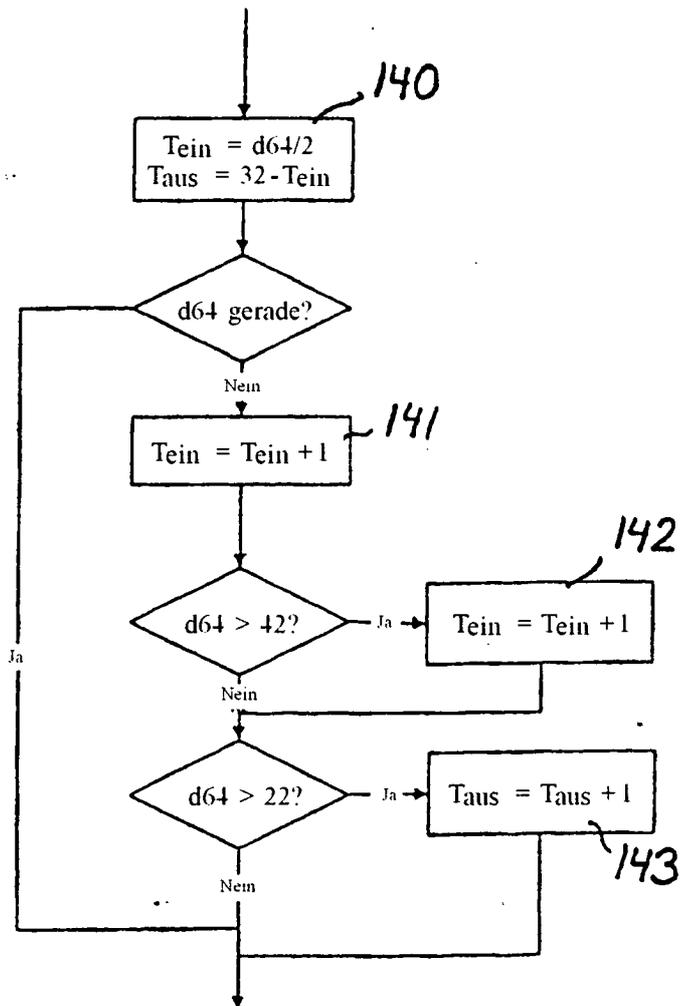


Fig. 6

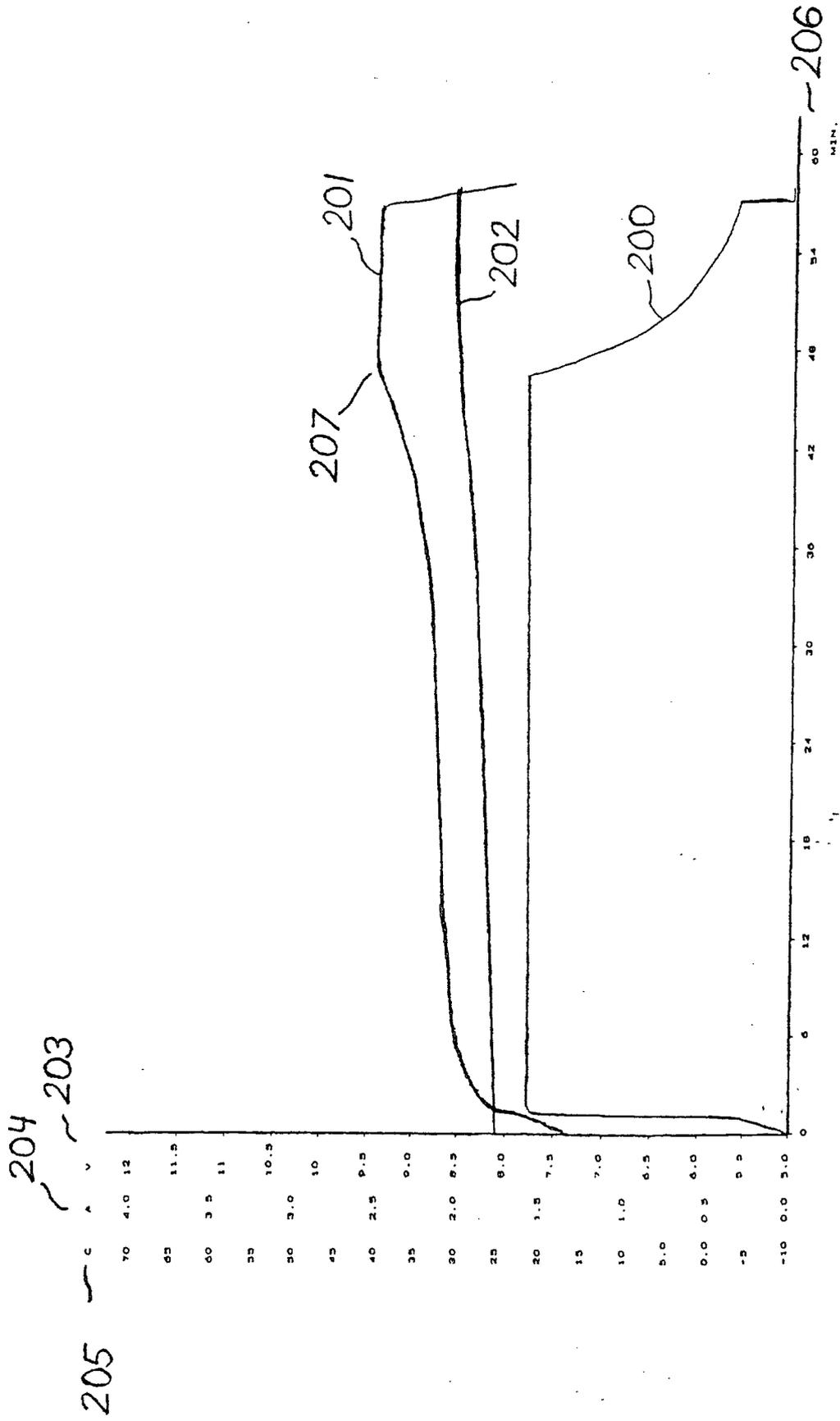


Fig. 7