



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 33 162 T2** 2005.08.18

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 772 056 B1**

(51) Int Cl.⁷: **G01R 31/36**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 33 162.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 202 928.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.10.1996**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.05.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **18.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.08.2005**

(30) Unionspriorität:

9512864 31.10.1995 FR

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

**Koninklijke Philips Electronics N.V., Eindhoven,
NL**

(72) Erfinder:

**Patillon, Jean-Noel, 75008 Paris, FR; Gerard,
Olivier, 75008 Paris, FR**

(74) Vertreter:

Meyer, M., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 52076 Aachen

(54) Bezeichnung: **Steuerungssystem für von Lade-/Entladezyklen einer wiederaufladbaren Batterie und zugehörige Vorrichtung mit einer intelligenten Batterie**

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

[0001] Die Erfindung betrifft ein Steuerungssystem der Entlade/Lade-Zyklen einer wiederaufladbaren Batterie zur Bildung einer intelligenten Batterie. Die Erfindung betrifft auch eine zugehörige, mit einer intelligenten Batterie ausgerüstete Vorrichtung.

[0002] Die Erfindung findet im Bereich mit einer wiederaufladbaren Batterie ausgerüsteter modularer Geräte Anwendung wie z. B.: Persönliche oder professionelle Zellulartelefone, schnurlose Werkzeuge, tragbare Computer, Spiele...

[0003] Unter intelligenter Batterie versteht man generell eine wiederaufladbare Batterie in Verbindung mit einem System, welches ihre Ladungsmenge steuert. Dieses System enthält Mittel zum Sammeln der Daten über die Ladungsmenge der Batterie und Mittel zum Ausgeben der vorberechneten Informationen in Bezug auf die zukünftigen Entladebedingungen.

[0004] Ein technisches Problem, welches sich bei der Vorbestimmung der Informationen über die zukünftigen Entladebedingungen für eine wiederaufladbare Batterie stellt, ist die Variabilität der Konstruktionsparameter der Batterie und die Variabilität der Angewohnheiten des Anwenders der zugehörigen Vorrichtung.

[0005] Die Variabilität der Konstruktionsparameter der Batterie liegt individuell betrachtet der Dispersion der Strukturdaten im Laufe der Herstellung eines selben Batterietyps zugrunde.

[0006] Die Variabilität der Angewohnheiten des Anwenders führt zu unsachgemäßen Anwendungen, welche die Batterie beschädigen und die späteren Möglichkeiten des Wiederaufladens beeinträchtigen können. Diese unsachgemäßen Anwendungen beinhalten das Wiederaufladen während zu langen Zeiträumen oder das zu häufige Wiederaufladen einer nicht grundsätzlich entladenen Batterie.

[0007] Ein anderes technisches Problem liegt auch der Tatsache zugrunde, das die derzeitigen Anwendungen der wiederaufladbaren Batterien eine sehr hohe Präzision in Bezug auf die in einem bestimmten Zeitpunkt verfügbare Energiemenge erfordern.

[0008] Ein Gerät und eine Methode zur Voraussage der Entladung einer Batterie sind bereits aus dem Patent EP 0 420 530 bekannt. Dieses Dokument beschreibt eine Technik zur Voraussage der verbleibenden Zeitreserve, bevor die Batterie entladen ist. Diese Technik ist auf einen adaptiven Ladezustands-Algorithmus gegründet, welcher in Echtzeit aktiv ist, um auf die Änderungen der Batteriezustände anzusprechen. Dieser Algorithmus ist auf die gemessenen Entladecharakteristiken der Batterie gegründet, deren Zeitreserve vorausgesagt werden muss. Die Anzahl der Charakteristiken ist auf zwei Parameter reduziert, die anhand einer einzigen Kurve anhand einer linearen Region und einer exponentiellen Region festgestellt werden. Diese Entladecharakteristiken werden mit den dynamischen Parametern des in Echtzeit gesteuerten und berechneten Batteriesystems kombiniert, um eine kontinuierliche Bewertung und eine Neubewertung der unter veränderlichen Bedingungen verbleibenden Zeitreserve zu erhalten. Im Laufe der Entladung findet eine kontinuierliche Verbesserung der Voraussage der verbleibenden Zeitreserve statt.

[0009] Ein System zur Steuerung der Ladungsmenge einer Batterie unter Verwendung eines Neuronennetzes ist bereits aus der Veröffentlichung bekannt mit dem Titel „Neural Network, A proper Approach to the Energy Management Problem“ von Marcus STOLL in „10th European Photovoltaic Solar Energy Conference“, 8.–10. April 1991, LISSABON, PORTUGAL, S. 427–430. Die angeführte Veröffentlichung beschreibt die Verwendung eines Neuronennetzes, um die Aufgabe zu übernehmen, die Ladungsmenge (SOC) einer Blei-Säure-Batterie in einem Wiederaufladesystem (RES) vorauszusagen. Dem angeführten Dokument zufolge ist die Bestimmung der Ladungsmenge (SOC) eine wichtige Aufgabe, die ausgeführt werden muss, um das Energieniveau einer Batterie zu steuern. Insbesondere ermöglicht die Bestimmung der Ladungsmenge die Planung zur Verwendung von erneuerbarer Energie, die Optimierung der Anwendungsbedingungen einer H&E-Vorrichtung, das Treffen von Entscheidungen in Bezug auf die verschiedenen Phasen der Entlade/Lade-Zyklen der Batterie.

[0010] Es wird ein Neuronennetz mittels einer Datenbank zur Abschätzung der Ladungsmenge (SOC) eingesetzt. Zur Verringerung der Kosten wird das Neuronennetz nur über einen kleinen Teil des Entladebereichs der Batterie eingesetzt. Da der Entladestrom während dem größten Zeitraum sehr klein ist findet der Einsatz des Neuronennetzes in diesem Bereich statt.

[0011] Während der Lernphase des Neuronennetzes verwendet man eine Datenbank, welche den Entladestrom, die Entladespannung und die Entladungsmenge unter Standard-Anwendungsbedingungen enthält, d. h. bei stetiger Temperatur von 20°C und stetigem Strom. Diese Datenbank kann außerdem Informationen in Bezug auf die Entladezyklen und Entladetiefen und die Durchschnittstemperatur der Batterie enthalten. Es werden verschiedene Sätze dieser Daten, welche Eingangsvektoren bilden, dem Neuronennetz bereitgestellt, um ihm das Entladeverhalten der Batterien zu lehren. Das Neuronennetz organisiert eine geeignete Darstellung des Verhaltens der Batterie.

[0012] Während der Klassifikationsphase des Neuronennetzes stellt man nur Entladestrom und -spannung zu seiner Verfügung, und es gibt am Ausgang die entsprechende Entladungsmenge der Batterie aus.

[0013] Ein Problem, welches sich bei der Anwendung des bekannten Systems stellt, ist, dass das System nicht dazu in der Lage ist, direkt den verbleibenden Zeitraum vorauszusagen, bevor die Entladespannung nicht einen kritischen Grenzwert erreicht hat.

[0014] Ein anderes Problem, welches sich bei der Anwendung des bekannten Systems stellt, ist, dass die den vorhergehenden Lade/Entlade-Zyklen und der Tiefe der Entladungen in diesen Zyklen entsprechenden Daten nicht korrekt berücksichtigt werden können. Denn diese Daten sind unter Berücksichtigung der realen Anwendung, die mit der Batterie bei Betrieb gemacht wird, außerordentlich variabel und beeinflussen die reelle in der Batterie vorhandene Menge Ladung in einem bestimmten Zeitpunkt eines Entladezyklus sehr, während in dem bekannten System des angeführten Dokuments die Stellenwerte des Neuronennetzes ab dem Ende der Lernphase definitiv festgelegt werden.

[0015] Ein Ziel dieser Erfindung ist die Bereitstellung eines Steuerungssystems der Entlade/Lade-Zyklen einer Batterie, welche voraussagende Informationen in Bezug auf den Zeitpunkt ausgibt, in dem einen vorbestimmten kritischen Entladungsgrenzwert der Batteriespannung der Batterie erreicht sein wird, und insbesondere voraussagende Informationen in Bezug auf den Zeitraum ausgehend von jedem Zeitpunkt bei laufender Anwendung, der bis zu dem Zeitpunkt verbleibt, in dem diese vorbestimmte kritische Entladespannung erreicht sein wird.

[0016] Ein Ziel dieser Erfindung ist die Bereitstellung eines Steuerungssystems der Entlade/Lade-Zyklen einer Batterie, welche derartige voraussagende Informationen ausgibt, die sich automatisch an die neuen Spannungsdaten anpassen, die bei jeder Entladephase der Batterie unter Berücksichtigung der bereits zuvor ausgeführten Entlade/Lade-Zyklen variieren.

[0017] Ein Ziel dieser Erfindung ist die Bereitstellung eines solchen Steuerungssystems, welches derartige voraussagende Informationen ausgibt, die sich an die neuen realen Spannungsdaten anpassen, die aufgrund der Dispersion des Verhaltens jeder einzelnen Batterie bei jeder Entladephase der Batterie in Bezug auf die vorausgesagten Spannungsdaten und in Bezug auf ein Durchschnittsverhalten variieren.

[0018] Diese Probleme werden wie in Anspruch 1 aufgeführt von einem Steuerungssystem der Entlade/Lade-Zyklen einer wiederaufladbaren Batterie gelöst, verknüpft mit einer wiederaufladbaren Batterie mit Entladephasen, die mit Ladephasen entsprechend Entlade/Lade-Zyklen abwechseln, wobei dieses System enthält: Erste adaptive Rechenmittel, die ausgelegt sind, um bei Beginn einer Entladephase eines Entlade/Lade-Zyklus der Batterie einen Funktionsparametersatz mit der Bezeichnung erste Parameter zu sammeln und um am Eingang einen vorbestimmten Grenzwert einer kritischen Entladespannung zu erhalten, und die ausgelegt sind, um am Ausgang eine berechnete voraussagende Angabe über den Zeitpunkt auszugeben, in dem die Batterie diesen kritischen Grenzwert erreicht, welcher dem Ende dieser Entladephase entspricht, wobei dieses System außerdem enthält:

Zweite und dritte, mit den ersten Rechenmitteln verknüpfte adaptive Rechenmittel, die ausgelegt sind, um am Eingang in einem Initialzeitpunkt bei Beginn der besagten Entladephase der Batterie einen Wert der Batteriespannung mit der Bezeichnung Initialspannung, einen Wert einer Variation dieser Initialspannung nach einem kurzen Zeitraum ausgehend von diesem Initialzeitpunkt und einen Wert der Initialzahl der Entlade/Lade-Zyklen dieser Batterie zu erhalten, die vor der besagten Entladephase ausgeführt wurden, und die ausgelegt sind, um am Ausgang ab dem Zeitpunkt der besagten Entladephase, in dem die Initialwerte zur Verfügung stehen, respektive einen Satz Näherungsparameter und einen Satz entsprechender Korrekturparameter auszugeben, die addiert werden, um die besagten ersten Funktionsparameter zu ergeben, welche den besagten ersten Rechenmitteln vorgegeben werden;

und einen auf die besagten Parameter anwendbaren Rechner (160).

[0019] Diese Probleme werden insbesondere wie in Anspruch 2 aufgeführt von einem wie zuvor definierten System gelöst, welches außerdem enthält:

Eine Arbeitsspeicherzone zum Aufzeichnen während der besagten Entladephase der Sätze mit momentan reellen Werten, jeweils aus einer Messung der Entladespannung der Batterie und dem dieser Messung entsprechenden laufenden Zeitpunkt gebildet,

wobei das Steuerungssystem derart ausgelegt ist, dass während der Ladephase der Batterie, welche der besagten Entladephase des betreffenden Entlade/Lade-Zyklus folgt:

Die ersten Rechenmittel außerdem ausgelegt sind, um A POSTERIORI auf autonome Weise zu rechnen und Parameter mit der Bezeichnung reelle Parameter auszugeben, welche der Funktionsweise dieser ersten Rechenmittel in der Situation entsprechen, in der ihnen die Sätze mit momentan reellen Werten vorgegeben werden, mit der Messung der am Eingang vorgegebenen Entladespannung und des am Ausgang vorgegebenen entsprechenden laufenden Zeitpunkts, wobei der Rechner für den Erhalt der besagten von den zweiten Rechenmitteln während der Entladephase berechneten Näherungsparameter und der besagten von den ersten Rechenmitteln während der Ladephase berechneten reellen Parameter und für die Ausgabe der respektiven Differenzen zwischen diesen Parametern mit der Bezeichnung Fehlerparameter ausgelegt ist,

und die dritten Rechenmittel außerdem zur Berechnung der Parameter mit der Bezeichnung Adaptationsparameter auf autonome Weise ausgelegt sind, welche der Funktionsweise dieser dritten Rechenmittel in der Situation entsprechen, in der ihnen die Fehlerparameter am Ausgang vorgegeben werden, während ihnen die Initialwerte der vorhergehenden Entladephase am Eingang vorgegeben werden,

und ein System ist, in dem die dritten Rechenmittel in der nachfolgenden Entladephase des folgenden Entlade/Lade-Zyklus die in der besagten Ladephase berechneten Adaptationsparameter als Funktionsparameter beibehalten.

[0020] In einer besonderen Ausführungsform wie in Anspruch 3 aufgeführt werden diese Probleme von einem wie zuvor definierten Steuerungssystem gelöst, in dem:

Die ersten, zweiten und dritten Rechenmittel respektive aus einem ersten, zweiten und dritten Neuronennetz gebildet werden, die ersten Funktionsparameter die synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes sind, wobei das erste Neuronennetz eine Eingangszelle für einen Spannungswert und eine Ausgangszelle für einen Zeitwert hat, das zweite Neuronennetz drei Eingangszellen für die besagten Initialwerte und eine Anzahl von Ausgangszellen für die Näherungsparameter in gleicher Anzahl wie die Anzahl der synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes hat und das dritte Neuronennetz drei Eingangszellen für die besagten Initialwerte und eine Anzahl von Ausgangszellen für die Korrekturparameter in gleicher Anzahl wie die Anzahl der synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes hat, und in dem:

Der Rechner in der Entladephase für die Entgegennahme und Addition der Näherungsparameter und der Korrekturparameter und für die Ausgabe der besagten dem ersten Neuronennetz vorgegebenen synaptischen Koeffizienten ausgelegt ist.

[0021] In einer anderen besonderen Ausführungsform wie in Anspruch 4 aufgeführt werden diese Probleme von einem wie zuvor definierten Steuerungssystem gelöst, in dem das erste Neuronennetz für die Umsetzung der ersten Rechenmittel während der Ladephase ausgelegt ist, welche der Entladephase des von einer Rückübertragungsmethode betroffenen Entlade/Lade-Zyklus folgt, zur Berechnung der reellen Parameter, welche seine eigenen reellen synaptischen Koeffizienten in der Situation sind, in der für jeden Satz mit momentan reellen Werten die Messung der Entladespannung an seinem Eingang und des entsprechenden Stromzeitpunkts an seinem Ausgang vorgegeben wird, der Rechner ausgelegt ist, um die Fehlerparameter auszugeben, die von den respektiven Differenzen zwischen den besagten vom ersten Neuronennetz während der besagten Ladephase berechneten reellen synaptischen Koeffizienten und den besagten vom zweiten Neuronennetz für die besagte vorhergehende Entladephase berechneten Näherungsparametern gebildet wird, wobei das dritte Neuronennetz zur Umsetzung der dritten Rechenmittel ausgerichtet ist, um mit einer Rückübertragungsmethode die Adaptationsparameter zu berechnen, welche in der Situation seine eigenen synaptischen Adaptationskoeffizienten sind, in dem die Fehlerparameter an seinen Ausgängen vorgegeben werden und die Initialwerte der vorhergehenden Entladephase an seinen Eingängen vorgegeben werden, und dieses dritte Neuronennetz in der nachfolgenden Entladephase des folgenden Entlade/Lade-Zyklus diese in der besagten Ladephase berechneten synaptischen Koeffizienten beibehält.

[0022] Der Vorteil dieses Steuerungssystems in der einen oder anderen ihrer Ausführungsformen ist, dass sich die voraussagenden Angaben an die einzelnen Entlade/Lade-Charakteristiken der Batterie anpassen, mit welcher dieses Steuerungssystem verknüpft ist, sei es für einen bestimmten Batterietyp oder für verschiedene Batterietypen, denn dieses Steuerungssystem weist den Vorteil auf, sich an jeden neuen Entlade/Lade-Zyklus anpassen zu können.

[0023] Ein anderer Vorteil ist, dass diese voraussagenden Angaben sehr präzise und sehr zuverlässig sind.

[0024] Ein anderer Vorteil ist, dass diese Angaben Messungen einbeziehen, welche es dem Anwender ermöglichen, eine mit dieser „intelligenten“ Batterie ausgerüstete zugehörige Vorrichtung unter optimalen Anwendungsbedingungen zu betreiben.

[0025] In einer Ausführungsform der Erfindung wie in Anspruch 13 aufgeführt enthält eine zugehörige Vorrichtung ein solches Steuerungssystem, wobei diese zugehörige Vorrichtung von der wiederaufladbaren Batterie versorgt wird, mit der das besagte Steuerungssystem verknüpft ist.

[0026] Der Vorteil dieses Systems ist, einfach umsetzbar zu sein. Die mit diesem System verknüpfte zugehörige Vorrichtung ist besonders leistungsstark.

[0027] Die Erfindung wird hiernach im Detail in Bezug auf die beigelegten schematischen Figuren beschrieben, von denen:

[0028] [Fig. 1A](#) ein Steuerungssystem für wiederaufladbare Batterie zeigt, um ein globales System mit der Bezeichnung intelligente Batterie zu bilden, welche in einer Entladephase eines Entlade/Lade-Zyklus arbeitet; und

[0029] [Fig. 1B](#) dasselbe Steuerungssystem beim Lernen in einer aufeinander folgenden Ladephase zeigt, um eine Adaptationsfunktion zu erlernen;

[0030] [Fig. 2A](#) ein erstes Neuronennetz NN1 zeigt,

[0031] [Fig. 2B](#) ein zweites Neuronennetz NN2 zeigt, und

[0032] [Fig. 2C](#) ein drittes Neuronennetz für dieses Steuerungssystem zeigt;

[0033] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm zeigt, welches die Schritte des Lernverfahrens der drei Neuronennetze des Steuerungssystems in der auf die Entladephase nachfolgenden Ladephase symbolisiert, um eine Adaptationsfunktion zu erlernen;

[0034] [Fig. 4A](#) eine Kurve der Entladespannung einer Batterie unter Berücksichtigung der Zeit zeigt;

[0035] [Fig. 4B](#) eine Kurve der Entladezeit einer Batterie unter Berücksichtigung der Entladespannung zeigt; und

[0036] [Fig. 4C](#) Kurven der Entladezeit einer Batterie unter Berücksichtigung der Anzahl von Entlade/Lade-Zyklen zeigt, bei α ohne die dritten adaptiven Rechenmittel, bei β mit den dritten voraussagenden und adaptiven Rechenmittel, und bei γ der reell gemessenen Werte;

[0037] [Fig. 5A](#) die Elemente zur Umsetzung eines Steuerungssystems zeigt, und

[0038] [Fig. 5B](#) ein Steuerungssystem in einer zugehörigen Vorrichtung zeigt;

[0039] [Fig. 6A](#) die Struktur einer neuronalen Zelle der versteckten Schicht des ersten Neuronennetzes NN1 des Steuerungssystems zeigt, und

[0040] [Fig. 6B](#) die Struktur der neuronalen Ausgangszelle dieses selben ersten Netzes NN1 zeigt.

[0041] In Bezug auf [Fig. 5B](#), deren Legende auf Tabelle II steht, ist ein Steuerungssystem **100** mit einer wiederaufladbaren Batterie **110** verknüpft, um ein globales System mit der Bezeichnung intelligente Batterie **120** zu bilden. Diese wiederaufladbare Batterie hat Ladephasen, welche mit Entladephasen gemäß aufeinanderfolgenden Entlade/Lade-Zyklen abwechseln. Das System **100** steuert die Entladephasen und eventuell die Ladephasen der Entlade/Lade-Zyklen der wiederaufladbaren Batterie. Dieses Steuerungssystem **100** enthält einen Rechner **160**, um eine Anzeige eines Zeitpunkts t_{TH} in einer Entladephase auszugeben, in dem die Batterie **110** einen vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert V_{TH} erreicht, und spezifischer um eine Anzeige eines Zeitraums Δt_{TH} auszugeben, der verbleibt, bevor dieser vorbestimmte Grenzwert der Entladespannung V_{TH} erreicht wird, oder auch um beide Anzeigen auszugeben.

[0042] Das System dieser intelligenten Batterie **120** kann in die zugehörige Vorrichtung **130** eingebaut oder mit ihr verknüpft werden. In diesem Falle ist diese wiederaufladbare Batterie **110** über die Anschlüsse D1, D2 mit dieser zugehörigen Vorrichtung **130** verknüpft. Die zugehörige Vorrichtung enthält außerdem Anzeigemittel **140**, um dem Anwender die Zeitanzeigen t_{TH} oder Δt_{TH} oder beide auszugeben.

[0043] Das Steuerungssystem **100** ist auch mit Mitteln zur Messung **150** der Zeit und der Batteriespannung verknüpft.

Funktionsweise des Steuerungssystems **100** während einer Entladephase eines Entlade/Lade-Zyklus

[0044] In Bezug auf [Fig. 1A](#), welche das in einer Entladephase der Batterie arbeitende Steuerungssystem darstellt, sammelt dieses Steuerungssystem **100** einerseits sogenannte Initialwerte in einem sogenannten Initialzeitpunkt t_o , welcher mit dem absoluten Anfang einer Entladephase der Batterie in einem Entlade/Lade-Zyklus zusammenfällt. Diese Initialwerte sind:

V_o als Batteriespannung, wobei V_o dann Initialspannung der Batterie in diesem Initialzeitpunkt t_o bezeichnet wird;

ΔV_o als Variation der Batteriespannung, auch Variation der Initialspannung bezeichnet, gemessen im Laufe des ersten sehr kurzen Zeitraums Δt_o der Batterieanwendung zwischen dem Initialzeitpunkt t_o und einem späteren Zeitpunkt $t'_o = t_o + \Delta t_o$;

N_o als Anzahl der Entlade/Lade-Zyklen der Batterie, die vor dem betrachteten Initialzeitpunkt t_o bereits ausgeführt wurden; N_o kann eventuell gleich 0 (Null) sein, wenn der betrachtete Zyklus der erste Anwendungszyklus der Batterie ist, die noch neu und war und niemals wiederaufgeladen wurde; N_o wird mit Anzahl an Initialzyklen bezeichnet.

[0045] Dieses System **100** kann andererseits in jedem aufeinanderfolgenden laufenden Zeitpunkt t dieser selben Entladephase Momentanwerte sammeln. Diese momentanen Werte sind:

V_t als die Spannung der Batterie in einem laufenden Zeitpunkt t und dem entsprechenden Zeitpunkt t .

[0046] In Bezug auf [Fig. 1A](#) enthält ein Steuerungssystem **100** des Entlade/Lade-Zyklus einer wiederaufladbaren Batterie **110** erste, zweite und dritte miteinander verknüpfte voraussagende und adaptive Rechenmittel mit der jeweiligen Bezeichnung NN1, NN2 und NN3, um anhand der initialen Spannungswerte V_o , ΔV_o , N_o , in einer Entladephase gemessen, und anhand des festgelegten Grenzwertes einer kritischen Spannung V_{TH} , die voraussagende Anzeige eines Zeitpunkts mit der Bezeichnung kritischer Zeitpunkt t_{TH} auszugeben, in dem in derselben Entladephase die Spannung der Batterie einen kritischen Grenzwert V_{TH} erreicht, und spezifischer eine voraussagende Anzeige eines Zeitraums Δt_{TH} , der verbleibt, bevor diese kritische Entladespannung V_{TH} erreicht wird, wobei dieser Grenzwert vorbestimmt wird, damit bevor die Spannung der Batterie diesen Grenzwert V_{TH} erreicht, die Batterie **110** eine präzise bekannte Funktionsenergie beibehält, die in einer bestimmten Spanne gelegen ist, und diese Energie korrekt an die Funktionsweise einer zugehörigen Vorrichtung **130** angepasst ist, welche sie versorgt.

[0047] Wie auf [Fig. 1A](#) dargestellt werden in einer Ausführungsform die ersten, zweiten und dritten voraussagenden und adaptive Rechenmittel des Steuerungssystems **100** aus einem ersten Neuronennetz mit der Bezeichnung NN1, einem zweiten Neuronennetz mit der Bezeichnung NN2, in Serie mit dem ersten Neuronennetz NN1 geschaltet, und einem dritten Neuronennetz NN3 gebildet, parallel zum zweiten Neuronennetz geschaltet.

[0048] In der nachfolgenden Beschreibung wird zuerst eine erste Entladephase mit der Bezeichnung PD1 betrachtet, die in einem Zeitpunkt t_o in einem Entlade/Lade-Zyklus beginnt; und es wird ein vorbestimmter kritischer Grenzwert der Entladespannung V_{TH} festgelegt.

[0049] Das erste Neuronennetz NN1 hat einen Eingang für:

Die Spannung V_{TH} , welche den vorbestimmten kritischen Grenzwert bildet, und einen Ausgang zur Ausgabe in jedem laufenden Zeitpunkt t , z. B. jede Minute:

Des Zeitpunkts t_{TH} , in dem dieser vorbestimmte kritische Spannungsgrenzwert V_{TH} erreicht wird.

[0050] In Bezug auf [Fig. 5A](#), deren Legende auf Tabelle I steht, ist das erste Neuronennetz NN1 mit Mitteln zur Messung der Zeit **150a** verknüpft, welche eine Messung jedes laufenden Zeitpunkts t ausgeben, und es ist mit einem Rechner **160** verknüpft, der eine Addierfunktion hat und durch die Differenz zwischen dem laufenden Zeitpunkt t und dem im Zeitpunkt t_{TH} berechneten Wert ausgibt:

Einen Wert Δt_{TH} des verbleibenden Zeitraums, bevor der vorbestimmte kritische Grenzwert der Entladespan-

nung V_{TH} in dem Falle erreicht wird, in dem die Batterie normal arbeitet, um eine zugehörige Vorrichtung **130** zu versorgen, und sich aufgrund dieser Funktion normal entlädt.

[0051] In dieser exemplarischen Ausführungsform sind die synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte dieses ersten Neuronennetzes NN1 Stücker 13 und WjA bezeichnet, wobei „j“ ein Index von 1 bis 13 ist. Sie werden erste Parameter WjA bezeichnet und während dieser ersten Entladephase PD1 von dem zweiten Neuronennetz NN2, welches mit dem dritten Neuronennetz NN3 zusammenwirkt, automatisch berechnet und ausgegeben.

[0052] Das zweite Neuronennetz NN2 hat 3 Eingänge für:
 V_o die im Initialzeitpunkt t_o dieser ersten Entladephase PD1 gemessene Initialspannung,
 ΔV_o die Variation der Initialspannung in einem Zeitpunkt t_o' , nach einem Kurzen Zeitraum Δt_o von z. B. einer Minute ausgehend vom Initialzeitpunkt t_o festgestellt,
 N_o die Initialzahl der Zyklen,
 und hat 13 Ausgänge für 13 Parameter WjB mit der Bezeichnung Näherungsparameter, die in die Bildung der synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte WjA des ersten Neuronennetzes NN1 eingebunden sind.

[0053] Das dritte Neuronennetz NN3 hat dieselben Eingänge wie das zweite Neuronennetz NN2, d. h. drei Eingänge für:
 V_o die im Initialzeitpunkt t_o dieser ersten Entladephase PD1 gemessene Initialspannung,
 ΔV_o die Variation der Initialspannung in einem Zeitpunkt t_o' , nach einem Kurzen Zeitraum Δt_o von z. B. einer Minute ausgehend vom Initialzeitpunkt t_o festgestellt,
 N_o die Initialzahl der Zyklen,
 und hat 13 Ausgänge für 13 Parameter WjC zur jeweiligen Korrektur der aus dem zweiten Neuronennetz NN2 kommenden 13 Näherungsparameter WjB.

[0054] Der Rechner **160**, der eine Addierfunktion hat, gibt u. a. den Wert der Initialvariation Δt_o aus, indem er die Differenz zwischen der im Zeitpunkt t_o gemessenen Initialspannung und einer späteren Spannung V_o' im folgenden Zeitpunkt t_o' berechnet, wie $\Delta V_o = V_o - V_o'$.

[0055] Dieser Rechner **160** gibt u. a. in seiner Funktion als Addierer die synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte WjA aus, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes während dieser ersten Entladephase PD1 erforderlich sind, indem er die Addition der aus dem zweiten Neuronennetz kommenden Näherungsparameter WjB mit den aus dem dritten Neuronennetz kommenden Korrekturparameter WjC ausführt.

[0056] Die 13 jeweiligen Ergebnisse $WjA = WjB + WjC$ werden dem ersten Neuronennetz während dieser ersten Entladephase PD1 als erste Funktionsparameter vorgegeben.

[0057] In Bezug auf [Fig. 5B](#), deren Legende auf Tabelle II steht, enthält ein Steuerungssystem **100** außerdem Arbeitsspeicherzonen RAM **170b** zum je nach Fall Aufzeichnen oder Ausgeben der variablen Messungen oder der Stellenwerte des ersten und des dritten Neuronennetzes, und eine Festspeicherzone ROM **170a** zum Speichern der Strukturdaten der Neuronennetze NN1, NN2 und NN3, der festen Parameter und der Stellenwerte des zweiten Neuronennetzes NN2.

[0058] Diese Speicher sind für den Rechner **160** zugänglich, der die zur Funktion des Steuerungssystems **100** erforderlichen Berechnungen ausführt.

[0059] Jedes der Neuronennetze NN1, NN2 und NN3 muss organisiert (oder angeordnet) sein, um diese Berechnungen zu vollenden und diese Ausgaben bereitzustellen. Zu diesem Zweck unterliegt jedes von ihnen einem Lernverfahren und einem Testverfahren mit der Bezeichnung Trainingsphasen, während denen ihre synaptischen Koeffizienten bestimmt und in bestimmten Fällen festgelegt werden.

Lernverfahren der Neuronennetze

[0060] Die Aufgabe des ersten Neuronennetzes NN1 ist das Erlernen der Modelle von Entladekurven. Dieses Lernen ermöglicht den Aufbau einer Relation zwischen dem momentanen Wert der Entladespannung der Batterie mit der Bezeichnung V_t und dem laufenden Zeitpunkt t , in dem die Batterie diese Spannung V_t erreicht. Das erste Neuronennetz NN1 muss bei seinem Lernen Funktionen F_w konstruieren, welche die Relation (1a) lösen:

$$t = Fw(Vt) \quad (1a)$$

wobei der F zugeteilte Index w die Tatsache symbolisiert, dass die Funktion F an die Stellenwerte WjA bzw. die synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes NN1 gebunden ist.

[0061] Das erste Neuronennetz NN1 wurde konstruiert, um eine nicht lineare Funktion Fw zu generieren.

[0062] In Bezug auf [Fig. 2A](#) enthält das erste Neuronennetz NN1:

Eine aus 2 neuronalen Zellen gebildete Eingangsschicht mit einer ersten neuronalen Zelle NE0A für die Eingabe eines bei -1 gewählten Grenzwerts und eine zweite neuronale Zelle NE1A für die Eingabe des momentanen Spannungswerts Vt im Zeitpunkt t,
eine versteckte Schicht aus 5 neuronalen Zellen mit einer ersten versteckten neuronalen Zelle NC0A für die Eingabe eines bei -1 gewählten Grenzwerts und vier versteckte neuronale Zellen mit der Bezeichnung NC1A bis NC4A,
und eine Ausgangsschicht mit einer einzigen neuronalen Zelle mit der Bezeichnung NSA.

[0063] Demnach bemerkt man, dass während der Lernverfahren des ersten Neuronennetzes NN1 sein Eingang NE1A einen momentanen Spannungswert Vt sammelt, während dieser selbe Eingang den kritischen Grenzwert der Spannung V_{TH} bei laufender Anwendung sammelt.

[0064] Die Struktur der Funktionsgleichung jedes versteckten Neurons mit der Bezeichnung NC1A bis NC4A ist diejenige eines formellen „Standard“-Neurons wie dargestellt auf [Fig. 6A](#), welche die versteckte Zelle NC1A als Beispiel zeigt.

[0065] Jedes gegebene versteckte Neuron NCiA erhält einerseits am Eingang die momentane Spannung Vt mit einem eingehenden Stellenwert oder synaptischen Koeffizienten, welcher einer der 13 Stellenwerte mit der Bezeichnung WjA ist, und es erhält andererseits einen Grenzwert mit dem konstanten Wert „-1“, einem anderen der 13 Stellenwerte mit der Bezeichnung WjA zugeteilt. Der Index „i“ ist der Index 1 bis 4 der betreffenden versteckten neuronalen Zelle NC1A bis NC4A. Jedes versteckte Neuron NCiA bildet eine gewichtete Summe mit der Bezeichnung Σ der einem Stellenwert WjA zugeteilten Eingaben und rechnet eine Zwischenausgabe Ei (Vt) aus.

[0066] Jedes versteckte Neuron NC1A bis NC4A transferiert diese Zwischenausgabe Ei(Vt) über eine Aktivierungsfunktion mit der Bezeichnung Si, und es berechnet eine Ausgabe mit der Bezeichnung Si(Vt) nach der Relation (2a):

$$Si(Vt) = Si[Ei(Vt)] \quad (2a)$$

[0067] Es muss jetzt noch die Aktivierungsfunktion Si(Vt) jedes versteckten Neurons besser definiert werden. Es kann als mögliche Aktivierungsfunktion eine unter den gesamten nicht linearen Funktionen gewählte Funktion übernommen werden.

[0068] Die Aktivierungsfunktion Si ist vorzugsweise eine Sigmafunktion „tanh“ gleich der hyperbolischen Tangensfunktion, welche sehr gut an die Form der zu konstruierenden Entladekurven angepasst ist, wie man später aufzeigen wird. In der versteckten Schicht zeigen die 4 neuronalen Zellen NC1A bis NC4A an dem beschriebenen Beispiel folglich eine nicht lineare Funktion „tanh“.

[0069] Die Struktur des einzigen Ausgangsneurons NSA ist auf [Fig. 6B](#) dargestellt. Sie bildet eine gewichtete Summe mit der Bezeichnung Σ der Ausgaben Si(Vt) sämtlicher versteckten Neuronen NCiA unter Verwendung der synaptischen Koeffizienten WjA, wobei dieser Summe ein Grenzwert „-1“ hinzugefügt wird, der aus der versteckten Zelle NC0A kommt, und dieser Grenzwert über einen der synaptischen Koeffizienten WjA in das Ausgangsneuron NSA eingegeben wird.

[0070] Dieses Ausgangsneuron bildet zuerst die gewichtete Summe Σ , welche eine Zwischenausgabe Es(Vt) ergibt.

[0071] Dann transferiert das Ausgangsneuron NSA diese Zwischenausgabe Es(Vt) über eine Aktivierungsfunktion mit der Bezeichnung Ls, und es berechnet eine Endausgabe mit der Bezeichnung Fw(Vt) nach der Relation (3a):

$$Fw(Vt) = Ls[Es(Vt)] \quad (3a)$$

[0072] Die Aktivierungsfunktion Ls dieses Ausgangsneurons wird linear gewählt. Die Ausgabe des Ausgangsneurons ist die Funktion Fw , welche man zu generieren sucht.

[0073] Die Bezeichnungen der Stellenwerte jedes versteckten Neurons $NCiA$ sind auf [Fig. 2A](#) vermerkt, genau wie die Bezeichnungen der Eingangsstellenwerte des Ausgangsneurons NSA . Sämtliche dieser Stellenwerte mit der Bezeichnung $W1A$ bis $W13A$ werden aus all den 13 Stellenwerten WjA gebildet, die von dem zweiten und dritten parallel geschalteten Neuronennetz $NN2$ und $NN3$ übertragen werden, deren Ausgänge vom Rechner **160** als Addierfunktion verknüpft sind.

[0074] In Bezug auf [Fig. 4A](#) zeigt eine konventionelle Entladekurve einer Nickel-Kadmium-Batterie beispielsweise die momentane Spannung Vt in Volt unter Berücksichtigung der Zeit t in Minuten. Diese Kurve zeigt eine starke Neigung im ersten Funktionszeitraum, z. B. die ersten 100 Minuten, dann eine schwache Neigung zwischen 100 und 500 Anwendungsminuten und schließlich eine starke Neigung nach 500 Minuten. Selbstverständlich wird diese Entladekurve rein als Beispiel gegeben.

[0075] Doch man erinnere bei diesem System daran, dass das erste Neuronennetz $NN1$ einem Lernen unterzogen werden muss, welches zur Ausgabe einer Zeit t führt, die eine Funktion Fw der Batteriespannung Vt ist.

[0076] Deshalb wurde auf [Fig. 4B](#) eine für diese Beschreibung interessante Entladekurve dargestellt. Diese Kurve zeigt die Zeit t unter Berücksichtigung der Batteriespannung Vt . Diese Kurve der [Fig. 4B](#) wurde ganz einfach gezeichnet, indem die Werte, die auf [Fig. 4A](#) auf der Abszisse lagen, auf die Ordinate der [Fig. 4B](#) übertragen wurden; und indem die Werte, die auf [Fig. 4A](#) auf der Ordinate lagen, auf die Abszisse der [Fig. 4B](#) übertragen wurden. Man kann feststellen, dass diese Entladekurve eine Form hat, die der Form einer Kurve „tanh“ nahe kommt. Aus diesem Grund werden Funktionen vom Sigmatyp vorgezogen, um die Aktivierungsfunktionen in den Neuronen der versteckten Schicht umzusetzen.

[0077] [Fig. 4B](#) stellt folglich eine Entladekurve dar, welche die Zeit t in Minuten unter Berücksichtigung der Spannung Vt in Volt zeigt und nahezu ebene Endteile und einen Mittelteil mit einer starken Neigung aufweist. Deshalb wird im ersten Neuronennetz $NN1$ die Modellbildung des Mittelteils der Entladekurve der Relation (1a) von den beiden ersten neuronalen Zellen $NC1A$, $NC2A$ der versteckten Schicht ausgeführt, deren Aktivierungsfunktion jeweils eine starke Neigung haben; wogegen die Modellbildung der Endteile dieser Schichten von folgenden versteckten neuronalen Zellen $NC3A$, $NC4A$ ausgeführt werden, die eine Aktivierungsfunktion mit geringerer Neigung zeigen.

[0078] Das Vorhandensein von versteckten Zellen mit Aktivierungsfunktionen, die deutlich unterschiedliche Neigungen zeigen, bedingt, jede versteckte Zelle bei der Ausführung von verschiedenen vorbestimmten Aufgaben zu spezialisieren. Es ist eindeutig, dass das Neuronennetz $NN1$ die Aufgabe erlernen könnte, die Funktion Fw auch ohne diese Spezialisierung mit demselben Leistungsniveau ausgeben könnte. Aber der Erfindung zufolge wurde festgestellt, dass sich die Lernphase des Neuronennetzes $NN1$ aufgrund der Tatsache beträchtlich verkürzt, dass jede Zelle einer vorbestimmten Aufgabe gewidmet ist.

[0079] Die Neigungen der Aktivierungsfunktion Si der versteckten Zellen $NC1A$, $NC2A$ können z. B. 7.0 betragen, und die Neigungen der Aktivierungsfunktion Si der folgenden versteckten Zellen $NC2A$, $NC4A$ können z. B. 2.0 betragen.

[0080] Für das Erlernen des ersten Neuronennetzes $NN1$ werden die Zeitkurven t der Entladung unter Berücksichtigung der Entladespannung $V(t)$ bei einer großen Anzahl N von Entladezyklen und für eine große Anzahl von Batterien **110** selben Typs, z. B. Nickel-Kadmium-Batterien, z. B. jede Minute aufgezeichnet.

[0081] An dem Beispiel werden 20 Batterien verwendet, die 140 Entlade/Lade-Zyklen unterzogen werden. Eine Batterie wird als vollkommen geladen betrachtet, wenn ihre Spannung Vo 9 V beträgt, und sie wird betrachtet, den kritischen Grenzwert erreicht zu haben, wenn ihre Spannung $V_{TH} = 6$ V beträgt. Mit dieser Methode werden $20 \times 140 = 2800$ Entladekurven so aufgezeichnet, dass jede Kurve 1600 Punkte ausweist.

[0082] Jede Kurve wird einem unterschiedlichen Netz $NN1$ gelehrt. Somit werden in der Lernphase 2800 Netze initialisiert, d. h. 1 Netz pro Kurve. In jeder Kurve wird z. B. die Hälfte der Punkte, d. h. 800 Punkte, für das Erlernen des entsprechenden Neuronennetzes $NN1$ verwendet, und die andere Hälfte der Punkte, d. h. 800

Punkte, wird zum Testen des besagten Neuronennetzes NN1 verwendet.

[0083] Am Ende dieses Trainings mit der Lernphase und den Tests werden die 13 Stellenwerte W_{jA} jedes der 2800 Neuronennetze NN1 in einer Zone des Arbeitsspeichers RAM mit der Bezeichnung **170b** auf [Fig. 5B](#) gespeichert.

[0084] Von nun an bilden die Werte der Sätze von 13 Stellenwerten W_{jA} im Speicher eine Datenbank zum Erlernen des zweiten Neuronennetzes NN2.

[0085] Die Aufgabe des zweiten Neuronennetzes NN2 ist das Erlernen einer Relation zwischen von der Entladespannung der Batterie abhängigen Parametern. Somit erhält das zweite Neuronennetz NN2:

No die Anzahl an Initialzyklen,

V_0 die erste aufgezeichnete Spannung der betreffenden Entladekurve, und

ΔV_0 die den Ursprung dieser Entladekurve bildende Neigung, und es muss anhand dieser Messungen die 13 Stellenwerte W_{jA} messen können, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes NN1 erforderlich sind.

[0086] Diese Relation wird mit der Funktion G der Relation (4a) ausgedrückt:

$$W_{jA} = G(V_0, \Delta V_0, N_0) \quad (4a)$$

[0087] In Bezug auf [Fig. 2B](#) wird die Struktur des zweiten Neuronennetzes NN2 von seiner Aufgabe vorgegeben. Dieses Neuronennetz NN2 enthält:

Eine Eingangsschicht mit drei Eingangszellen NE1B, NE2B, NE3B für die Werte V_0 , ΔV_0 und N_0 , plus eine Eingangszelle NE0B für einen Grenzwert bei -1 ;

13 Ausgangszellen NS1B bis NS13B für respektive jeden der 13 Näherungsparameter W_{jB} der benachbarten Werte des gesuchten Stellenwertes des ersten Neuronennetzes;

eine einzige versteckte Schicht mit 8 versteckten neuronalen Zellen mit der Bezeichnung NC1B bis NC8B, plus eine versteckte Zelle NC0B für einen Grenzwert bei -1 .

[0088] Der Erfindung zufolge wurden die von den Initialwerten V_0 und ΔV_0 gebildeten Eingänge spezifisch gewählt, denn es wurde ersichtlich, dass dies die empfindlichsten Werte hinsichtlich den Eigenschaften der Batterie waren.

[0089] Auch der dritte von der Initialzahl N_0 der Zyklen gebildete Eingang wurde spezifisch gewählt, da er es aufgrund der Tatsache ermöglicht, einen Alterungseffekt der Batterie zu berücksichtigen, da je mehr Entlade-/Lade-Zyklen eine Batterie unterzogen wurde, desto weniger Lebenszeit ihr verbleibt, d. h. desto weniger effizient ist der Wiederaufladeeffekt und desto schneller ist die Entladezeit. Dieser Alterungseffekt ist auf [Fig. 4C](#) dargestellt, die bei γ gemessene Punkte zeigt, die der Entladezeit t_{TH} entsprechen, um den kritischen Grenzwert V_{TH} vom Initialzeitpunkt t_0 ausgehend und unter Berücksichtigung der Initialzahl an Zyklen N_0 zu erreichen. Diese Messungen γ zeigen, dass je mehr die Anzahl bereits ausgeführter Zyklen groß ist, desto kürzer die Entladezeit t_{TH} ist.

[0090] Die synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte mit der Bezeichnung W_{nB} dieses zweiten Neuronennetzes werden während seiner Lernphase festgelegt und in der Speicherzone im Festspeicher ROM **170a**, auf [Fig. 5B](#) dargestellt, abgelegt.

[0091] Auf das Neuronennetz NN2 angewandte Tests haben gezeigt, dass ein solches mit 8 versteckten Zellen versehenes Netz mit als Aufgabe die Aktivierung einer nicht linearen hyperbolischen Tangensfunktion „tanh“ dazu in der Lage ist, die Aufgabe zu bewältigen, die ihm zugeteilt wird.

[0092] Es ist zu beachten, dass im Gegensatz zur Ausgangszelle NSA des ersten Neuronennetzes die Ausgangszellen mit der Bezeichnung NS1B bis NS13B des zweiten Neuronennetzes NN2 eine nicht lineare Aktivierungsfunktion haben, vorzugsweise „tanh“.

[0093] Wie das erste Neuronennetz NN1 hat dieses zweite Neuronennetz NN2 versteckte Zellen, deren Neigung der Sigma-Aktivierungsfunktion von einer Zelle zur anderen unterschiedlich ist. Diese Ausführungsform ermöglicht es, keine große Anzahl an versteckten Zellen zu verwenden.

[0094] Somit wird das zweite Neuronennetz NN2 unter Verwendung von 1400 Vektoren zu 13 Stellenwerten

geschult, die beim Lernvorgang des ersten Neuronennetzes NN1 mittels der 2800 aufgezeichneten Kurven hervorgebracht wurden, und die anderen 1400 generierten Vektoren werden für die Tests verwendet.

[0095] Das Testverfahren wird folgendermaßen durchgeführt: Für die 1400 Vektoren, die nicht zum Lernsatz gehören, werden die entsprechenden Initialwerte V_0 , ΔV_0 und N_0 an den Eingängen des zweiten Neuronennetzes eingegeben. Dieses berechnet einen Ausgabewert von 13 Stellenwerten W_{jB} , wie ihm gelehrt wurde, dies zu tun.

[0096] In der Folge dieses Testverfahrens werden diese 13 Stellenwerte W_{jB} einem Neuronennetz NN1 zur selben Zeit vorgegeben, in der der vorbestimmte kritische Wert der Entladespannung $V_{TH} = 6$ Volt seinem Eingang WE1A zugeführt wird. Dieses erste Neuronennetz NN1 berechnet dann den automatisch angepassten Voraussagewert der Entladezeit t_{TH} , welcher mit dem der Testkurve verglichen wird.

[0097] In Bezug auf [Fig. 4C](#) wird bei α eine Voraussagekurve der Entladezeit unter Berücksichtigung der so erhaltenen Anzahl an Zyklen N_0 gezeigt.

[0098] In der weiter oben beschriebenen Lernphase wurde nicht das Vorhandensein des dritten Neuronennetzes NN3 berücksichtigt.

[0099] In Bezug auf [Fig. 4C](#), wenn dieses dritte Neuronennetz NN3 nicht in den Kreislauf aufgenommen wird, unterscheidet sich die Kurve α , welche die Voraussage der Entladezeit t_{TH} unter Berücksichtigung der Anzahl an Zyklen N_0 macht, von einer auf reellen Messungen stützenden Kurve γ , d. h., dass das Steuerungssystem einen durchschnittlichen Fehler von 10 Min. bei der Vorbestimmung des Zeitpunktes t_{TH} macht, in dem die Batterie den kritischen Spannungsgrenzwert V_{TH} erreicht.

[0100] Folglich ist es wichtig, diesen Fehler, der die Vorbestimmung dieses Zeitpunktes t_{TH} beeinträchtigt, zu korrigieren.

[0101] Dieser Fehler kann korrigiert werden, indem man die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes vorgegebenen Stellenwerte korrigiert. Dies wird gemacht, indem man dem ersten Neuronennetz NN1 die vom zweiten Neuronennetz NN2 berechneten Parameter W_{jB} nicht direkt bereitstellt, da sie annähernd sind und den besagten Fehler nach sich ziehen. Dies wird demnach gemacht, indem man diese Näherungsparameter W_{jB} jeweils von Korrekturparametern W_{jC} , die vom dritten Neuronennetz NN3 in gleicher Anzahl wie die Näherungsparameter W_{jB} bereitgestellt werden, korrigieren lässt.

[0102] Um die besten Stellenwerte W_{jA} des ersten Neuronennetzes NN1 zu erlangen werden die Näherungsparameter W_{jB} und die Korrekturparameter W_{jC} vom Rechner **160** in seiner Addierfunktion addiert und das Ergebnis diesem ersten Neuronennetz NN1 vorgegeben.

[0103] In Bezug auf [Fig. 1B](#) lernt das dritte Neuronennetz NN3 in der Lernphase die Berechnung seiner eigenen synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte als adaptive Werte, um es ihm zu ermöglichen, die Korrekturparameter W_{jB} zu berechnen, die addiert mit den Näherungsparametern W_{jA} , welche vom zweiten Neuronennetz NN2 bereitgestellt werden, die am besten an die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes NN1 angepassten synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte bilden werden. Somit kann dieses erste Neuronennetz NN1 mit diesen angepassten Stellenwerten W_{jA} während der Entladung eine voraussagende Angabe zu dem am nächsten am reellen Wert gelegenen kritischen Zeitpunkt t_{TH} machen.

[0104] Z. B. mit der Verwendung dieses dritten Neuronennetzes wird die Differenz zwischen voraussagenden Angabe β von t_{TH} und dem gemessenen Wert γ um etwa 1 Minute verringert, wie anhand der Kurven der [Fig. 4C](#) gezeigt. Dies ist ein großer Vorteil für den Erhalt von Präzision bei den voraussagenden Angaben, da so das Steuerungssystem von einem Fehler von 10 Min. während der ca. 570 Min. der Entladedauer auf 1 Min. während dieser 570 Min. übergeht.

[0105] Das so gebildete Steuerungssystem erreicht somit eine sehr hohe Präzision.

[0106] In Bezug auf [Fig. 2C](#) erhält das dritte Neuronennetz NN3:
 N_0 die Anzahl der Initialzyklen,
 V_0 die erste aufgezeichnete Spannung der betreffenden Entladekurve, und
 ΔV_0 die den Ursprung dieser Entladekurve bildende Neigung, und es muss ausgehend von diesen Messungen die 13 mitwirkenden Korrekturparameter W_{jC} berechnen können, um mit den 13 annähernden Stellenwerten

WjB die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes NN1 notwendigen Stellenwerte WjA bereitzustellen.

[0107] In Bezug auf [Fig. 2C](#) wird die Struktur des dritten Neuronennetzes NN3 von seiner Aufgabe festgesetzt. Dieses Neuronennetz NN3 enthält:

Eine Eingangsschicht mit drei Eingangszellen NE1C, NE2C, NE3C für die Werte V_0 , ΔV_0 und N_0 , plus eine Eingangszelle NE0C für einen Grenzwert bei -1 ;

13 Ausgangszellen NS1C bis NS13C für respektive jeden der 13 Korrekturparameter WjC. Diese Ausgangszellen haben identische Aktivierungsfunktionen wie die entsprechenden Ausgangszellen des zweiten Neuronennetzes NN2, d. h. Sigmafunktionen „tanh“ mit jeweils gleicher Neigung;

eine einzige versteckte Schicht mit 1 versteckten neuronalen Zellen mit der Bezeichnung AU ohne versteckte Zelle für einen Grenzwert.

[0108] Das dritte Neuronennetz benötigt für seine Funktionsweise 4 synaptische Koeffizienten am Eingang und 13 synaptische Koeffizienten am Ausgang, also insgesamt 17 synaptische Koeffizienten mit der Bezeichnung WkC, wobei k ein Index von 1 bis 17 ist.

[0109] In Bezug auf [Fig. 3](#), deren Legende auf Tabelle III steht, die ein Blockdiagramm zeigt, welches den Ablauf des Lernverfahrens des dritten Neuronennetzes NN3 veranschaulicht, umfasst dieses Verfahren:

[0110] 1) Einen ersten, von Block 1 veranschaulichten Schritt, der einer ersten Entladephase PD1 entspricht; und während diesem Schritt:

- Erhält das zweite Neuronennetz die Initialwerte V_0 , ΔV_0 und N_0 und berechnet Näherungsparameter,
- zeichnet eine zweite Arbeitsspeicherzone (RAM) 170b die in Bezug auf [Fig. 5A](#) von den Mitteln für die Zeitmessung 150a und von den Mitteln für die Spannungsmessung 150b der wiederaufladbaren Batterie 110 bereitgestellten momentanen Messungen auf; diese momentanen Messungen werden in jedem laufenden Zeitpunkt der besagten Entladephase PD1 aufgezeichnet, z. B. jede Minute, und sie enthalten die Messung des laufenden Zeitpunkts t und des entsprechenden Spannungswerts V_t .

[0111] 2) Einen zweiten, von Block 2 der [Fig. 3](#) und von [Fig. 1B](#) veranschaulichten Schritt, welcher während der frei gelassenen Zeit für den Rechner 160 und für die Neuronennetze vollbracht wird, die einer ersten Ladeperiode PC1 entsprechen, die dem Ende der ersten Entladephase PD1 entspricht; während diesem Schritt werden drei Unterschritte vollbracht:

[0112] 2a) Ein von Block 2a veranschaulichter Unterschritt, während dem:

Die Sätze der momentanen Messwerte V_t , t , gemessen in jedem laufenden Zeitpunkt der vorhergehenden Entladephase PD1, dem ersten Neuronennetz NN1 vorgegeben werden, damit:

Die momentane Spannungsmessung V_t dem Eingang NE1A des ersten Neuronennetzes NN1 vorgegeben wird,

die entsprechende momentane Spannungsmessung t dem Ausgang NSA des ersten Neuronennetzes NN1 vorgegeben wird.

[0113] Mit einer nach dem Stand der Technik von Neuronennetzen bekannten Rückübertragungsmethode berechnet das erste Neuronennetz NN1 seine 13 internen Stellenwerte, die diesen vorgegebenen momentanen reellen Werten entsprechen. Diese 13 berechneten Stellenwerte werden reelle Stellenwerte genannt und WjA* bezeichnet. Diese Stellenwerte WjA* sind die 13 bestmöglichen Werte der Funktionsparameter des ersten Neuronennetzes NN1, die der reellen Entladekurve entsprechen, die während der vorhergehenden Entladephase PD1 aufgezeichnet wurde.

[0114] 2b) Ein von Block 2b veranschaulichter Unterschritt, der noch während der Ladeperiode PC1 vollbracht wird, während der:

Diese 13 besten reellen Stellenwerte WjA* dann dem Rechner 160 zugeführt werden. Dieser Rechner 160 erhält ebenfalls die 13 Näherungsparameter WjB, die vom zweiten Neuronennetz NN2 während der vorhergehenden Entladephase PD1 berechnet wurden.

[0115] In diesem zweiten Unterschritt 2b bildet der Rechner 160 in seiner Funktion als Addierer respektive die Differenz zwischen diesen 13 reellen Stellenwerten WjA* und diesen 13 Näherungsparametern WjB, um 13 Fehlerparameter mit der Bezeichnung WjC* zu berechnen

$$WjC^* = WjA^* - WjB$$

wobei man daran erinnert, dass j eine Zahl von 1 bis 13 ist, entsprechend der Anzahl notwendiger Stellenwerte für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes in diesem Beispiel.

[0116] 2c) Ein von Block **2c** veranschaulichter Unterschritt, der ebenfalls noch während der Ladephase PC1 vollbracht wird, während der:

Diese 13 Fehlerparameter WjC^* respektive den 13 Ausgängen NS1C bis NS13C des dritten Neuronennetzes NN3 vorgegeben werden, während die Initialwerte V_o , ΔV_o und N_o , die während der vorhergehenden Entladephase PD1 verwendet wurden, seinen Eingängen NE1C bis NE3C vorgegeben werden.

[0117] Diese 13 Fehlerparameter WjC^* sind tatsächlich die bestmöglichen Ausgänge des dritten Neuronennetzes NN3.

[0118] Mit der bekannten Rückübertragungsmethode berechnet das dritte Neuronennetz NN3 dann seine eigenen adaptiven synaptischen Koeffizienten mit der Bezeichnung WkC , die in einer Zone des Arbeitsspeichers RAM **170b** abgelegt werden.

[0119] 3) Diesen dritten Schritt, der einem zweiten Entlade/Lade-Zyklus entspricht, der mit einer neuen Entladephase mit der Bezeichnung PD2 beginnt.

[0120] In dieser neuen Entladephase PD2 werden die adaptiven synaptischen Koeffizienten WkC , wobei k eine Zahl von 1 bis 17 ist entsprechend der Struktur des dritten auf [Fig. 2C](#) dargestellten Neuronennetzes ist, während der Ladephase PC1 des vorhergehenden Zyklen berechnet, für eine neue Bestimmung der synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetz NN1 im Funktionsverfahren des Steuerungssystems wie zuvor beschrieben beibehalten.

[0121] Mit diesen so berechneten adaptiven synaptischen Koeffizienten stellt das dritte Neuronennetz NN3 in dieser neuen Entladephase PD2 besonders geeignete Korrekturparameter WjC für die Korrektur der Näherungsparameter WjB bereit, die vom zweiten Neuronennetz NN2 bereitgestellt wurden.

[0122] Der Rechner **160** nimmt diese Korrektur vor, indem er die Addition $WjB + WjC$ ausführt, welche die neuen synaptischen Koeffizienten ergibt, die für das erste Neuronennetz NN1 in dieser zweiten Entladephase besser geeignet sind.

Betriebsmodi des Steuerungssystems für wiederaufladbare Batterie

[0123] Das Steuerungssystem **100** hat drei Betriebsmodi mit der Bezeichnung Initialisierungsmodus, laufender Anwendungsmodus und Adaptationsmodus.

[0124] Der Initialisierungsmodus wird jedes Mal eingesetzt, wenn die Batterie **110** einen Ladevorgang eines Entlade/Lade-Zyklus beendet hat und dann einen neuen Zyklen beginnend mit einer Entladephase beginnt. Sobald die Batterie **110** in Betrieb genommen wird, wird unverzüglich die Initialspannung V_o aufgezeichnet. Dann, im Zeitpunkt $t'o$, nachdem ein kleiner Zeitraum $t_o - t'o = \Delta t_o$ verging, vorzugsweise genau 1 Minute, wird die Batteriespannung erneut aufgezeichnet, was einen Wert mit der Bezeichnung $V'o$ ergibt, und es wird dann die Differenz der Initialspannung $V_o - V'o = \Delta V_o$ berechnet, z. B. von dem auf [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) dargestellten Rechner mit Addierfunktion. Dann werden die beiden Werte V_o und ΔV_o , zeitgleich wie die Initialzahl N_o der bereits ausgeführten Zyklen, eine Zahl, die vom Rechner **160** durch Erhöhung berechnet wird, am Eingang des zweiten Neuronennetzes NN2 bereitgestellt, das dann den Vektor von 13 Stellenwerten WjB berechnet, die auf das erste Neuronennetz NN1 anzuwenden sind.

[0125] Der laufende Anwendungsmodus wird während der Entladephase selbst eingesetzt. In diesem laufenden Anwendungsmodus wird die momentane Spannung V_t gemessen und jede Minute für die spätere Reaktualisierung der Stellenwerte des dritten Neuronennetzes gespeichert. Der verbleibende Zeitraum Δt_{TH} , bevor die Batterie den vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert $V_{TH} = 6\text{ V}$ erreicht, wird als Differenz zwischen einer Zeit t_{TH} und einer Zeit t berechnet, wobei t_{TH} der Ausgang des Netzes NN1A ist, wenn sein Eingang auf $V_{TH} = 6\text{ V}$ gestellt ist, und wobei t der von den Messmitteln **150a** gemessene Zeitpunkt ist. Die Zeitangaben t_{TH} oder Zeiträume Δt_{TH} werden demnach jede Minute bereitgestellt.

[0126] Der Adaptationsmodus wird während der Ladephase eingesetzt und umfasst die Berechnung von neuen synaptischen Stellenwerten WkC für das dritte Neuronennetz NN3 anhand von reellen momentanen Werten

V_t , t , die dem ersten Neuronennetz NN1 anhand der Berechnung der reellen Parameter W_jA^* und der Berechnung der Fehlerparameter W_jC^* vorgegeben werden, die auf das dritte Neuronennetz NN3 entsprechend dem weiter oben in Bezug auf [Fig. 1B](#) und [Fig. 3](#) beschriebenen Verfahren übertragen wurden.

[0127] Allgemein wird in Bezug auf [Fig. 5A](#), deren Legende in Tabelle I steht, das Steuerungssystem **100** von einem Mikroprozessor **160** zur Ausführung der Berechnungen und Verwaltung der Speicherzonen **170a**, **170b** zum Abspeichern der Daten wahrgenommen. Diese Speicherzonen sind für den Mikroprozessor **160** zugänglich und beinhalten eine Speicherzone zum Speichern der Strukturdaten der Neuronennetze NN1, NN2 und NN3, der festen Parameter und der Stellenwerte W_nB des zweiten Neuronennetzes und eine Arbeitsspeicherzone RAM **170b** zum Aufzeichnen oder Ausgeben je nach Fall der variablen Messungen und der Vektoren der Stellenwerte W_jA , W_jC , W_jA^* , W_jC^* des ersten und dritten Neuronennetzes. Der Mikroprozessor **160** führt die erforderlichen Berechnungen für die Funktionsweise des Steuerungssystems aus.

[0128] In Bezug auf [Fig. 5B](#), deren Legende in Tabelle II steht, ist das Steuerungssystem **100** an Anzeigemittel **140** gekoppelt, um dem Anwender die Zeit t_{TH} oder den Zeitraum Δt_{TH} anzuzeigen, die oder der ab einem laufenden Zeitpunkt t der Verwendung bis zu dem Zeitpunkt verbleibt, an dem die Batterie diesen vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert $V_{t_{TH}}$ erreicht, oder auch beide Anzeigen. Die Anzeigemittel **140** können außerdem die Uhrzeit anzeigen, d. h. die Anzeige des laufenden Zeitpunkts; diese Anzeigemittel können auch am Ende der Ladephase in Folge auf eine Entladephase der Batterie anzeigen, dass diese Ladephase beendet ist, z. B. wenn die Batterie ihre Initialspannung $V_o = 9\text{ V}$ erreicht hat.

[0129] Wie zuvor gesagt ist das Steuerungssystem **100** Bestandteil einer zugehörigen Vorrichtung **130**, welche Anschlussmittel D1, D2 für die wiederaufladbare Batterie **110** enthält. Die wiederaufladbare Batterie **110** ist an das Steuerungssystem **100** gekoppelt, um die intelligente Batterie **120** zu bilden. Die zugehörige Vorrichtung **130** enthält außerdem die Messmittel **150**, z. B. ein Multimeter, den Mikroprozessor **160**, die Speicherzonen **170a**, **170b**, für den Mikroprozessor **160** zugänglich, und die Anzeigemittel **140**.

[0130] Für die Anfertigung der Anzeigemittel sind mehrere dem Stand der Technik nach bekannte Vorrichtungen verwendbar. Eine Vorrichtung kann ein Bildschirm mit schriftlichen Anzeigen oder mit gezeichneten Anzeigen sein, oder sie kann eine aus Dioden gebildete Tafel sein.

TABELLE I (FIG. 5A)

150a	Mittel zum Messen der Zeit t_o , $t_o + \Delta t_o$, t
150b	Mittel zum Messen der Spannungen V_o , $V_o + \Delta V_o$, V_t
110	Wiederaufladbare Batterie
160	Mikroprozessor zum Ausführen der Berechnungen $\Delta t_{TH} = t - t_{TH}$, $W_jA = W_{jb} + W_{jc}$, $W_{jc}^* = W_{jA}^* - W_{jB}$ $\Delta V_o = V_o - V'_o$, N_o
NN1	Erstes Neuronennetz
NN2	Zweites Neuronennetz
NN3	Drittes Neuronennetz
170	Speicherzonen

TABELLE II (FIG. 5B)

130	Zugehörige Vorrichtung
D1, D2	Anschluss der zugehörigen Vorrichtung und der Batterie
110	Wiederaufladbare Batterie
150	Mittel zum Messen der Zeit und der Spannungen
160	Mikroprozessor zum Ausführen der Berechnungen
170a	Festspeicherzone (ROM)
170b	Arbeitsspeicherzone (RAM)
100	Steuerungssystem der Batterie
120	Intelligente Batterie
140	Anzeigemittel des laufenden Zeitpunkts und der berechneten Zeit und eventuell des Ladeendes.

TABELLE III (FIG. 3 und FIG. 1B)

1	Entladephase PD1 Funktionsweise bei Initialisierung und laufender Anwendung 150a, 150b } $V_o, \Delta t_o, N_o$ Initialwerte liefern V_t, t Momentanwerte NN2 liefert $W_j B$ Näherungswerte	
2	Folgende Ladephase PC1 Erlernen von NN3 für Adaptationsfähigkeit	
	2a	NN1 erhält V_t am Eingang t am Ausgang liefert $W_j A^*$ reelle Stellenwerte
	2b	160 erhält $W_j A^*, W_j B$ liefert die Fehlerparameter $W_j C^* = W_j A^* - W_j B$
	2c	NN3 erhält $V_o, \Delta V_o, N_o$ am Eingang $W_j C^*$ am Ausgang liefert seine eigenen adaptiven Stellenwerte $W_k C$
3	Folgende Entladephase Funktionsweise bei Initialisierung dann bei laufender Anwendung	

t Minuten
Vt Volt

Patentansprüche

1. Steuerungssystem (**100**) der Entlade/Lade-Zyklen einer Batterie, um mit einer wiederaufladbaren Batterie (**110**) mit Ladephasen, die mit Entladephasen entsprechend Entlade/Lade-Zyklen abwechseln, verknüpft zu werden, wobei dieses System enthält:

Erste adaptive Rechenmittel (NN1), die ausgelegt sind, um bei Beginn einer Entladephase eines Entlade/Lade-Zyklus der Batterie einen Funktionsparametersatz mit der Bezeichnung erste Parameter (WjA) zu sammeln und um am Eingang einen vorbestimmten Grenzwert (V_{TH}) einer kritischen Entladespannung zu erhalten, und die ausgelegt sind, um am Ausgang eine berechnete voraussagende Angabe über den Zeitpunkt (t_{TH}) auszugeben, in dem die Batterie diesen kritischen Grenzwert (V_{TH}) erreicht, welcher dem Ende dieser Entladephase entspricht,

wobei dieses System außerdem enthält:

Zweite und dritte, mit den ersten Rechenmitteln verknüpfte adaptive Rechenmittel (NN2, NN3), die ausgelegt sind, um am Eingang in einem Initialzeitpunkt bei Beginn der besagten Entladephase der Batterie einen Wert der Batteriespannung mit der Bezeichnung Initialspannung (V_0), einen Wert einer Variation (ΔV_0) dieser Initialspannung nach einem kurzen Zeitraum ausgehend von diesem Initialzeitpunkt und einen Wert der Initialzahl (N_0) der Entlade/Lade-Zyklen dieser Batterie zu erhalten, die vor der besagten Entladephase ausgeführt wurden, und die ausgelegt sind, um am Ausgang ab dem Zeitpunkt der besagten Entladephase, in dem die Initialwerte zur Verfügung stehen, respektive einen Satz Näherungsparameter und einen Satz entsprechender Korrekturparameter (WjC) auszugeben, die addiert werden, um die besagten ersten Funktionsparameter (WjA) zu ergeben, welche den besagten ersten Rechenmitteln (NN1) vorgegeben werden; und einen auf die besagten Parameter anwendbaren Rechner (**160**).

2. Steuerungssystem (**160**) nach Anspruch 1, das auch eine Arbeitsspeicherzone (**170b**) zum Aufzeichnen während der besagten Entladephase der Sätze mit momentan reellen Werten enthält, jeweils aus einer Messung der Entladespannung (Vt) der Batterie und dem dieser Messung entsprechenden laufenden Zeitpunkt (t) gebildet,

wobei das Steuerungssystem derart ausgelegt ist, dass während der Ladephase (PC1) der Batterie, welche der besagten Entladephase (PD1) des betreffenden Entlade/Lade-Zyklus folgt:

Die ersten Rechenmittel (NN1) außerdem ausgelegt sind, um A POSTERIORI auf autonome Weise zu rechnen und Parameter mit der Bezeichnung reelle Parameter (WjA*) auszugeben, welche der Funktionsweise dieser ersten Rechenmittel (NN1) in der Situation entsprechen, in der ihnen die Sätze mit momentan reellen Werten vorgegeben werden, mit der Messung der am Eingang vorgegebenen Entladespannung (Vt) und des am Ausgang vorgegebenen entsprechenden laufenden Zeitpunkts (t),

der Rechner (**160**) für den Erhalt der besagten von den zweiten Rechenmitteln (NN2) während der Entladephase (PD1) berechneten Näherungsparameter (WjB) und der besagten von den ersten Rechenmitteln (NN1) während der Ladephase (PC1) berechneten reellen Parameter (WjA*) und für die Ausgabe der respektiven Differenzen zwischen diesen Parametern mit der Bezeichnung Fehlerparameter (WjC*) ausgelegt ist, und

die dritten Rechenmittel (NN3) außerdem zur Berechnung der Parameter mit der Bezeichnung Adaptationsparameter (WkC) auf autonome Weise ausgelegt sind, welche der Funktionsweise dieser dritten Rechenmittel in der Situation entsprechen, in der ihnen die Fehlerparameter (WjC*) am Ausgang vorgegeben werden, während ihnen die Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0) der vorhergehenden Entladephase (PD1) am Eingang vorgegeben werden, und

das Steuerungssystem derart ausgelegt ist, dass die dritten Rechenmittel (NN3) in der nachfolgenden Entladephase des folgenden Entlade/Lade-Zyklus die in der besagten Ladephase (PC1) berechneten Adaptationsparameter (WkC) als Funktionsparameter beibehalten.

3. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, in dem:

Die ersten, zweiten und dritten Rechenmittel (NN1, NN2, NN3) respektive aus einem ersten, zweiten und dritten Neuronennetz gebildet werden, die ersten Funktionsparameter die synaptischen Koeffizienten (WjA) des ersten Neuronennetzes sind, wobei das erste Neuronennetz eine Eingangszelle (NE1A) für einen Spannungswert und eine Ausgangszelle für einen Zeitwert hat,

das zweite Neuronennetz drei Eingangszellen (NE1B, NE2B, NE3B) für die besagten Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0) und eine Anzahl von Ausgangszellen (NS1B–NS13B) für die Näherungsparameter (WjB) in gleicher Anzahl wie die Anzahl der synaptischen Koeffizienten (WjA) des ersten Neuronennetzes (NN1) hat, und

das dritte Neuronennetz (NN3) drei Eingangszellen (NE1C, NE2C, NE3C) für die besagten Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0) und eine Anzahl von Ausgangszellen (NS1C–NS13C) für die Korrekturparameter (WjC) in gleicher

Anzahl wie die Anzahl der synaptischen Koeffizienten (W_{jA}) des ersten Neuronennetzes (NN1) hat, und in dem:

Der Rechner (**160**) in der Entladephase für die Entgegennahme und Addition der Näherungsparameter (W_{jB}) und der Korrekturparameter (W_{jC}) und für die Ausgabe der besagten dem ersten Neuronennetz (NN1) vorgegebenen synaptischen Koeffizienten (W_{jA}) ausgelegt ist.

4. Steuerungssystem nach Anspruch 3, in dem:

Das erste Neuronennetz (NN1) für die Umsetzung der ersten Rechenmittel während der Ladephase (PC1) ausgelegt ist, welche der Entladephase (PD1) des von einer Rückübertragungsmethode betroffenen Entlade-/Lade-Zyklus folgt, zur Berechnung der reellen Parameter (W_{jA}^*), welche seine eigenen reellen synaptischen Koeffizienten in der Situation sind, in der für jeden Satz mit momentan reellen Werten die Messung der Entladespannung (V_t) an seinem Eingang und des entsprechenden Stromzeitpunkts (t) an seinem Ausgang vorgegeben wird,

der Rechner (**160**) ausgelegt ist, um die Fehlerparameter (W_{jC}^*) auszugeben, die von den respektiven Differenzen zwischen den besagten vom ersten Neuronennetz (NN1) während der besagten Ladephase (PC1) berechneten reellen synaptischen Koeffizienten (W_{jA}^*) und den besagten vom zweiten Neuronennetz (NN2) für die besagte vorhergehende Entladephase (PD1) berechneten Näherungsparametern (W_{jB}) gebildet wird, wobei das dritte Neuronennetz (NN3) zur Umsetzung der dritten Rechenmittel ausgerichtet ist, um mit einer Rückübertragungsmethode die Adaptationsparameter (W_{kC}) zu berechnen, welche in der Situation seine eigenen synaptischen Adaptationskoeffizienten sind, in der die Fehlerparameter (W_{kC}^*) an seinen Ausgängen vorgegeben werden und die Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0) der vorhergehenden Entladephase (PD1) an seinen Eingängen vorgegeben werden, und

dieses dritte Neuronennetz (NN3) in der nachfolgenden Entladephase (PD2) des folgenden Entlade-/Lade-Zyklus diese in der besagten Ladephase berechneten synaptischen Koeffizienten (W_{kC}) beibehält.

5. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, in dem:

Der Rechner (**160**) auch für die Berechnung und Ausgabe ausgelegt ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt (t) anhand der Messung dieses laufenden Zeitpunkts (t) und anhand der voraussagenden Anzeige des von den ersten adaptiven Rechenmitteln bereitgestellten kritischen Zeitpunkts (t_{TH}), einer voraussagenden Anzeige des Zeitraums (Δt_{TH}), der ausgehend von diesem laufenden Zeitpunkt (t) bis zu dem kritischen Zeitpunkt (t_{TH}) verbleibt, in dem die Batterie den vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung (V_{TH}) erreicht.

6. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 3 oder 4, in dem:

Der Rechner auch für die Berechnung und Ausgabe ausgelegt ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt (t) anhand der Messung dieses laufenden Zeitpunkts (t) und anhand der voraussagenden Anzeige des von dem ersten Neuronennetz bereitgestellten kritischen Zeitpunkts (t_{TH}), einer voraussagenden Anzeige des Zeitraums (Δt_{TH}), der ausgehend von diesem laufenden Zeitpunkt (t) bis zu dem kritischen Zeitpunkt (t_{TH}) verbleibt, in dem die Batterie den vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung (V_{TH}) erreicht.

7. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 3, 4 oder 6, in dem das zweite Neuronennetz (NN2) in Serie mit dem ersten Neuronennetz (NN1) geschaltet ist, und in dem das dritte Neuronennetz (NN3) parallel zum zweiten Neuronennetz geschaltet ist.

8. Steuerungssystem nach Anspruch 7, in dem das erste Neuronennetz (NN1) drei Schichten hat, worunter eine Eingangsschicht einer neuronalen Zelle (NE1A) für einen Spannungswert, eine versteckte Schicht von neuronalen Zellen und eine Ausgangsschicht mit einer einzigen neuronalen Zelle (NSA), wobei die Zellen der versteckten Schicht eine Sigma-Aktivierungsfunktion mit unterschiedlicher Neigung von einer zur anderen Zelle haben und die Zelle der Ausgangsschicht eine lineare Aktivierungsfunktion hat.

9. Steuerungssystem nach Anspruch 8, in dem das zweite Neuronennetz (NN2) drei Schichten mit neuronalen Zellen hat, worunter eine Eingangsschicht mit drei neuronalen Zellen (NE1B, NE2B, NE3B) für jeden der Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0), eine Schicht mit versteckten Zellen und eine Ausgangsschicht mit neuronalen Zellen (NS1B–NS13B), wobei die Zellen der versteckten Schicht in der Anzahl den synaptischen Koeffizienten entsprechen, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes erforderlich sind und eine Sigma-Aktivierungsfunktion haben.

10. Steuerungssystem nach Anspruch 9, in dem das dritte Neuronennetz (NN3) drei Schichten mit neuronalen Zellen hat, worunter eine Eingangsschicht mit drei neuronalen Zellen (NE1C, NE2C, NE3C) für jeden der Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0), eine Schicht mit einer einzigen versteckten Zelle (AU) und eine Ausgangsschicht mit neuronalen Zellen (NS1C–NS13C), wobei die Zellen der Ausgangsschicht in der Anzahl den synaptischen Ko-

effizienten entsprechen, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes (NN1) erforderlich sind, und eine Sigma-Aktivierungsfunktion haben.

11. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 10 mit einem Mikroprozessor (**160**) zum Ausführen von Berechnungen, um das erste, zweite und dritte Neuronennetz sowie den Rechner und die Speicherzonen (**170a**, **170b**) zum Abspeichern von Daten zu verkörpern, wobei diese Speicherzonen für den Mikroprozessor (**160**) zugänglich sind und eine Speicherzone (**170a**) zum Abspeichern der Strukturdaten der Neuronennetze, der festen Parameter und der synaptischen Koeffizienten des zweiten Neuronennetzes und eine Arbeitsspeicherzone (**170b**) zum Aufzeichnen oder Ausgeben der variablen Messungen und der synaptischen Koeffizienten des ersten und dritten Neuronennetzes beinhalten.

12. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei dieses System (**100**) an eine wiederaufladbare Batterie (**110**), an Mittel zum Messen der Zeit (**150a**), zum Messen der Spannung (**150b**) und an Anzeigemittel (**140**) gekoppelt ist, die angeordnet sind, um entweder eine Anzeige des kritischen Zeitpunkts (t_{TH}) auszugeben, in dem die Batterie den kritischen Spannungsgrenzwert ($V_{t_{TH}}$) erreicht, oder eine Anzeige des Zeitraums (Δt_{TH}) der ausgehend von einem laufenden Zeitpunkt (t) der Anwendung bis zu dem Zeitpunkt (t_{TH}) verbleibt, in dem die Batterie einen vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert ($V_{t_{TH}}$) erreicht, oder auch beide Anzeigen und eventuell eine Anzeige des Endes der Wiederaufladephase der Batterie.

13. Zugehörige Vorrichtung (**130**) mit einem Steuerungssystem (**100**) nach Anspruch 12, wobei diese zugehörige Vorrichtung von der wiederaufladbaren Batterie versorgt wird, mit der das besagte Steuerungssystem verknüpft ist.

14. Lernverfahren für Neuronennetze des Steuerungssystems nach einem der Ansprüche 7 bis 12 mit in einer Lernphase:

Das Erlernen vom ersten Neuronennetz von Kurven der Entladezeit (t) unter Berücksichtigung der Entladespannung (V_t), während Entladespannungen (V_t) am Eingang des ersten Neuronennetzes vorgegeben werden, normalerweise für den Spannungswert bestimmt, und der entsprechenden Zeiten (t) am Ausgang, um eine Datenbank zu bilden, die aus Vektoren der synaptischen Koeffizienten (W_{jA}) dieses ersten Neuronennetzes gebildet werden,

das Erlernen vom zweiten Neuronennetz von Relationen zwischen den Initialwerten (V_0 , ΔV_0 , N_0) und den synaptischen Koeffizienten (W_{jA}) des ersten Neuronennetzes, in seinem Lernverfahren bestimmt, das Lernen des dritten Neuronennetzes, um ihn seine eigenen adaptiven synaptischen Koeffizienten (W_{kC}) bestimmen zu lassen, wobei dieses Lernen die Schritte umfasst:

1) In der Entladephase (PD1) eines Entlade/Lade-Zyklus der Batterie die Speicherung der Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0) und der momentan reellen Werte der Batteriespannung unter Berücksichtigung des entsprechenden laufenden Zeitpunkts (t) und der vom zweiten Neuronennetz (NN2) bereitgestellten Näherungsparameter (W_{jB}),

2) in der späteren Ladephase (PC1) beinhaltet dieses Lernen die Unterschritte der:

2a) Berechnung vom ersten Neuronennetz seiner eigenen reellen synaptischen Koeffizienten (W_{jA}^*), wenn die momentanen Spannungs- (V_t) und Zeitwerte (t) respektive an seinem Eingang und seinem Ausgang vorgegeben werden,

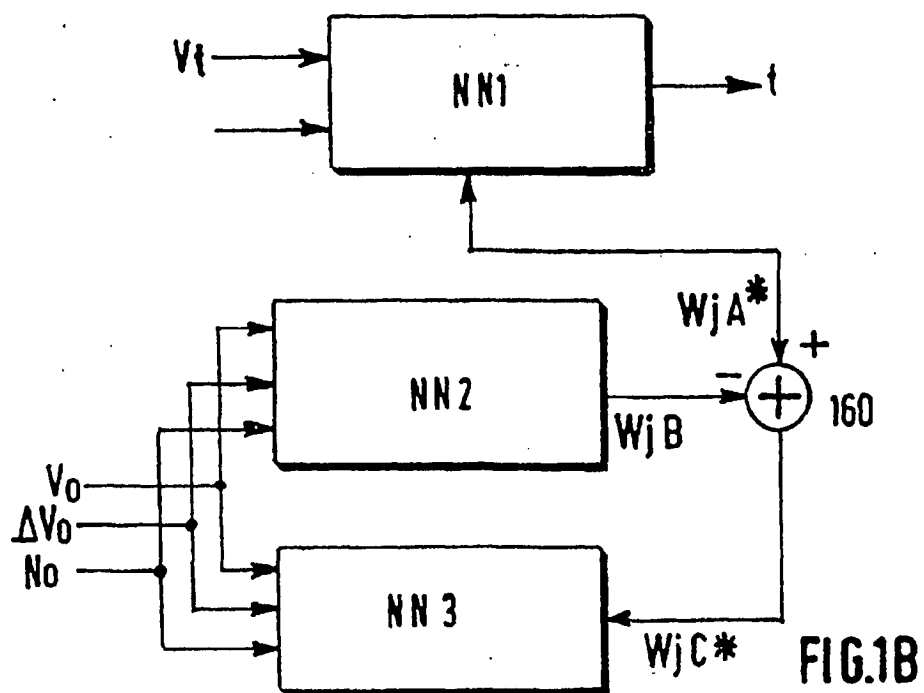
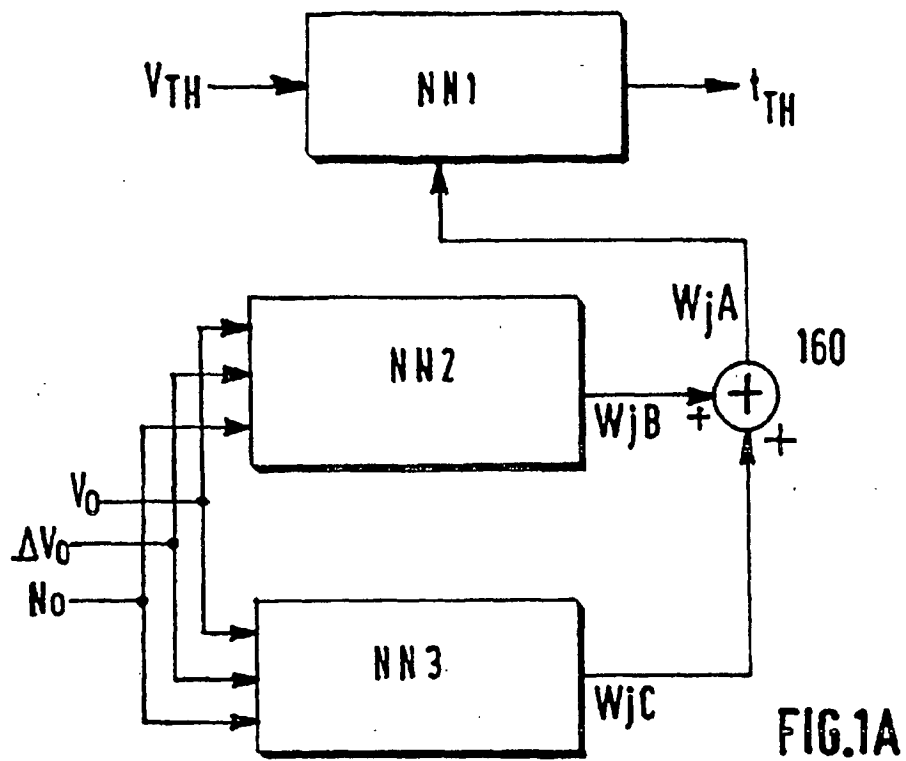
2b) Berechnung der Fehlerparameter (W_{jC}^*), indem die respektiven Differenzen zwischen den reellen Parametern (W_{jA}^*) und den Näherungsparametern (W_{jB}) genommen werden,

2c) Berechnung vom dritten Neuronennetz (NN3) seiner eigenen synaptischen Koeffizienten (W_{kC}) mit der Bezeichnung adaptive Parameter, wenn die Fehlerparameter (W_{jC}^*) an seinem Ausgang vorgegeben werden und die Initialwerte (V_0 , ΔV_0 , N_0) an seinen Eingängen vorgegeben werden, und

Anwendungsverfahren des Steuerungssystems mit der Verwendung der besagten Adaptationsparameter (W_{kC}) als synaptische Koeffizienten des dritten Neuronennetzes (NN3) in der nachfolgenden Entladephase des folgenden Entlade/Lade-Zyklus.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



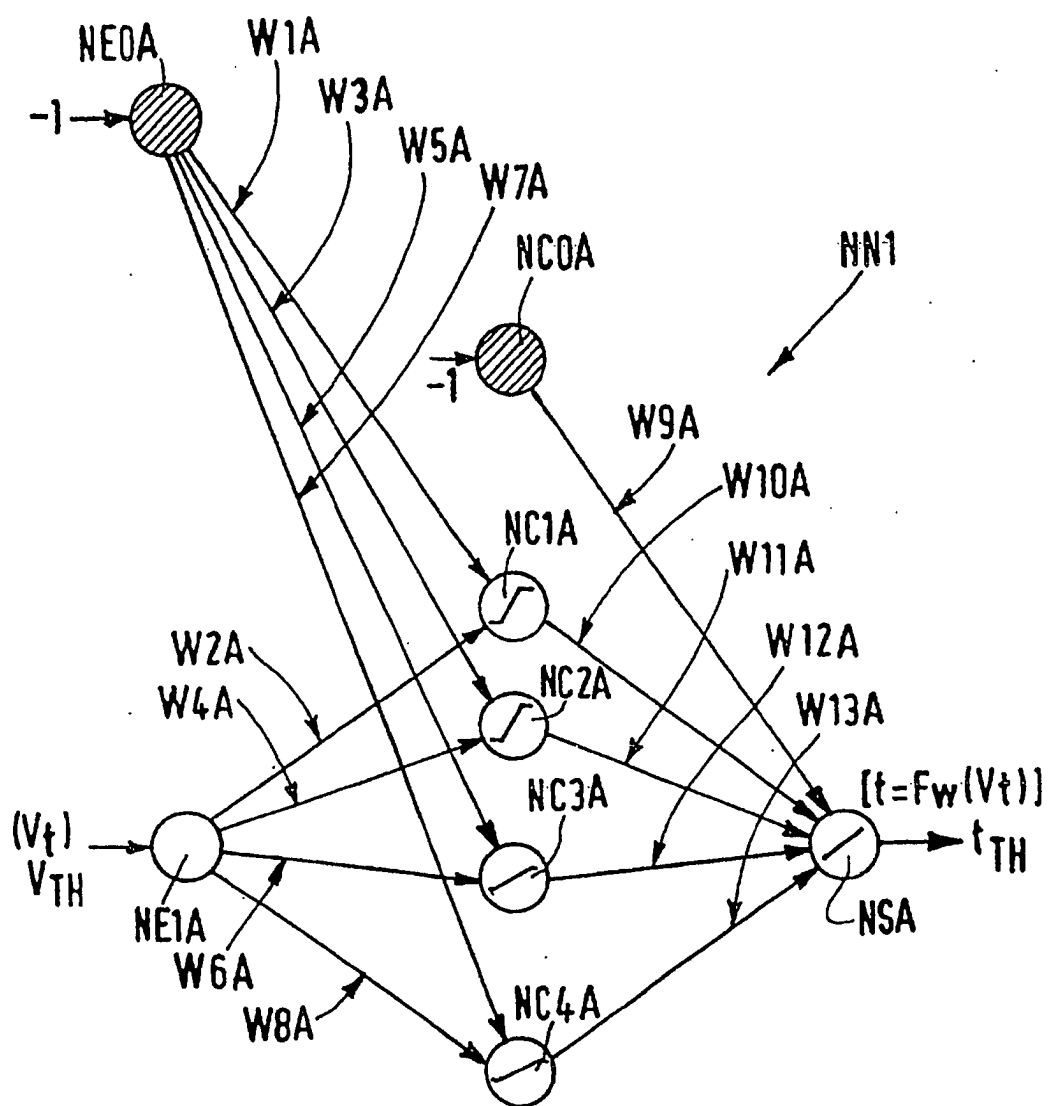
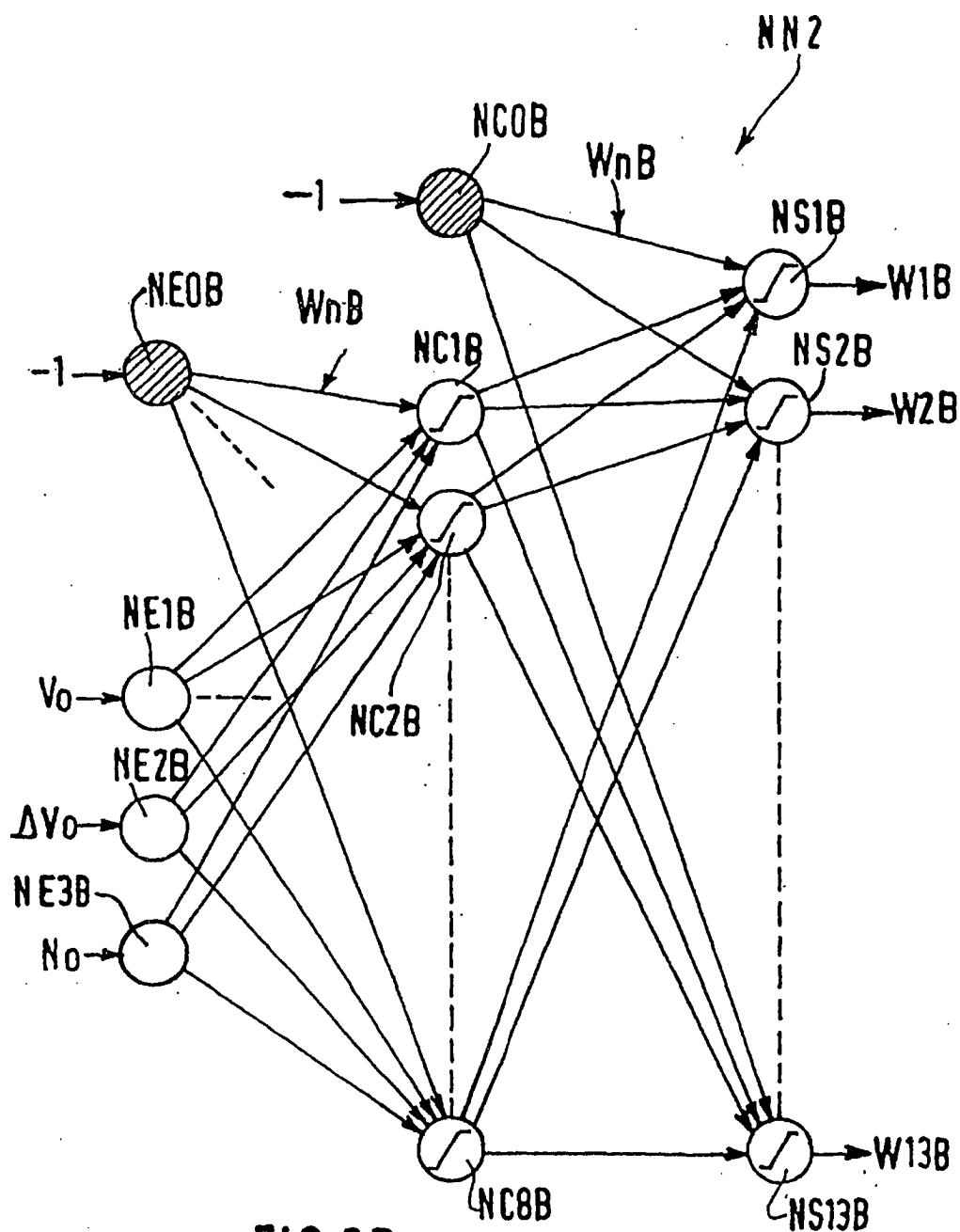
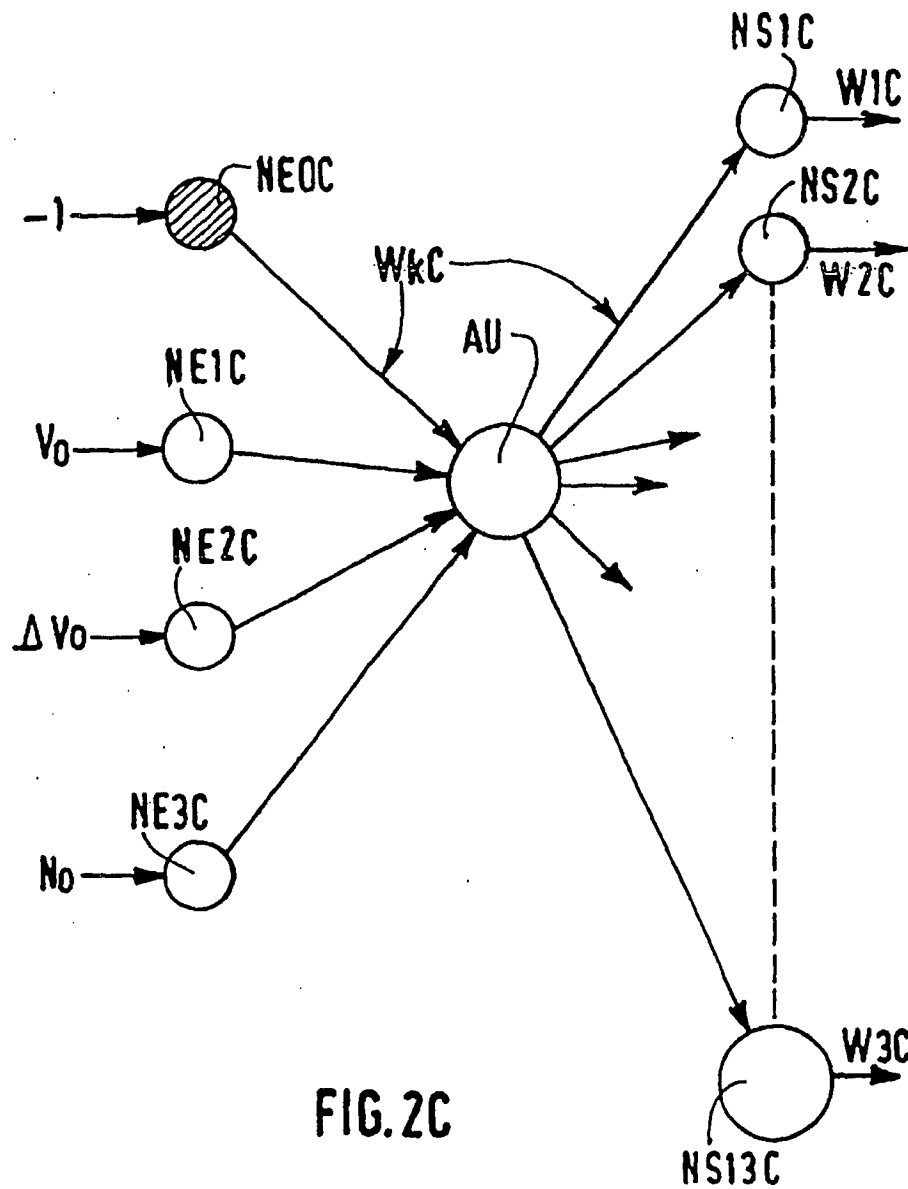
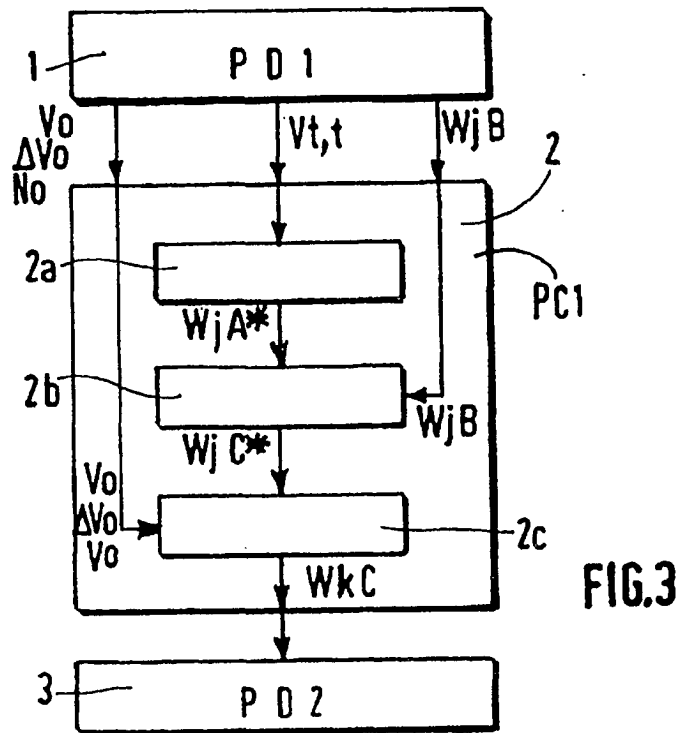
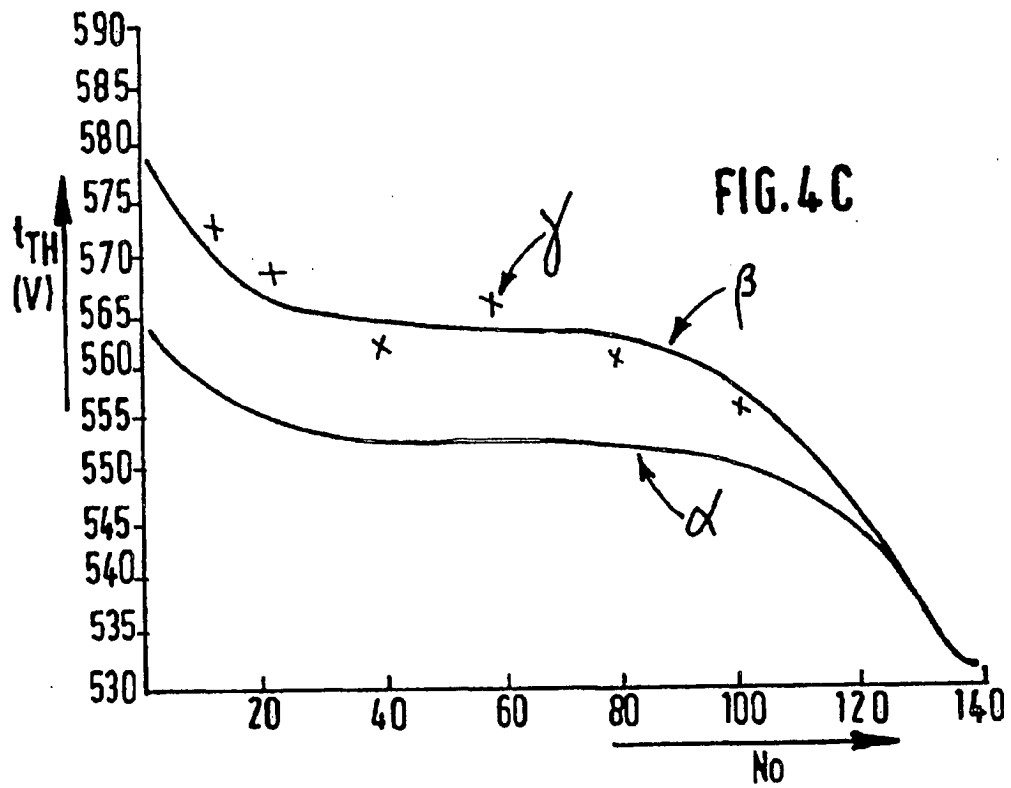
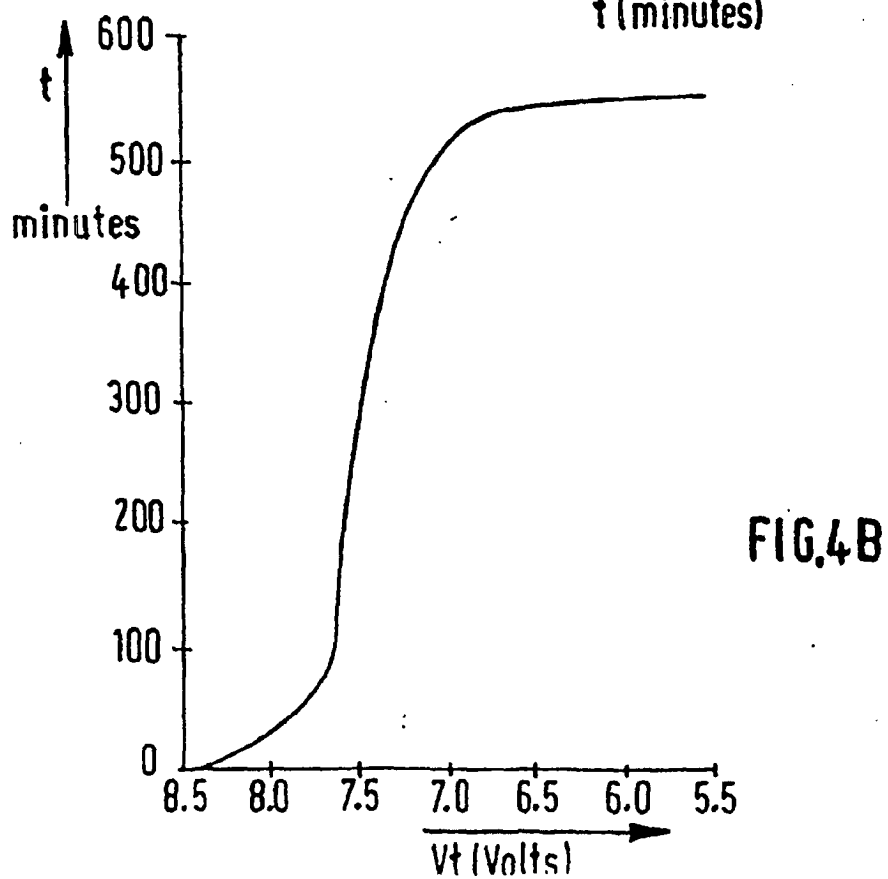
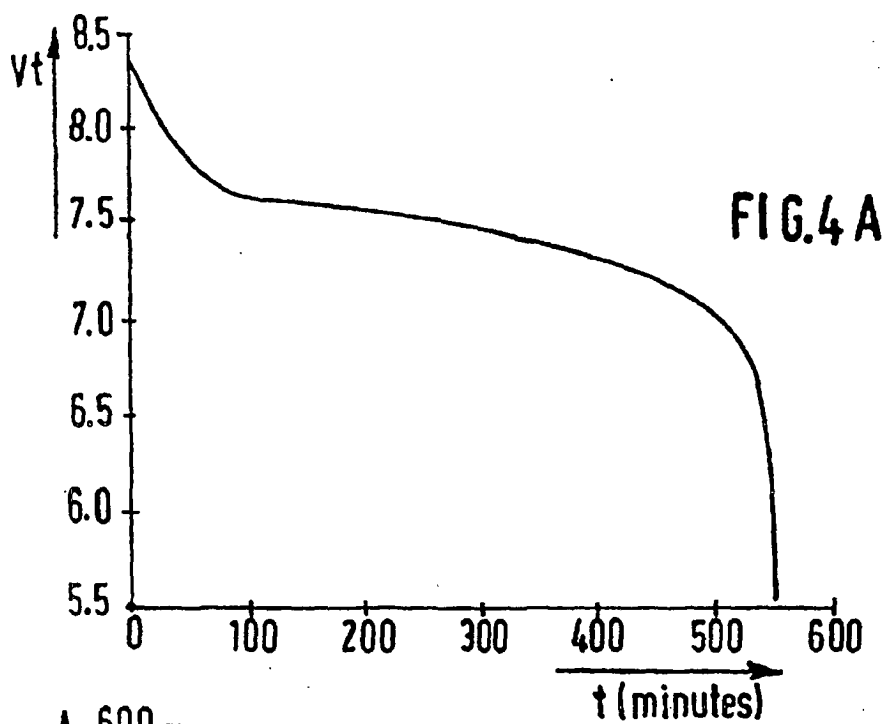


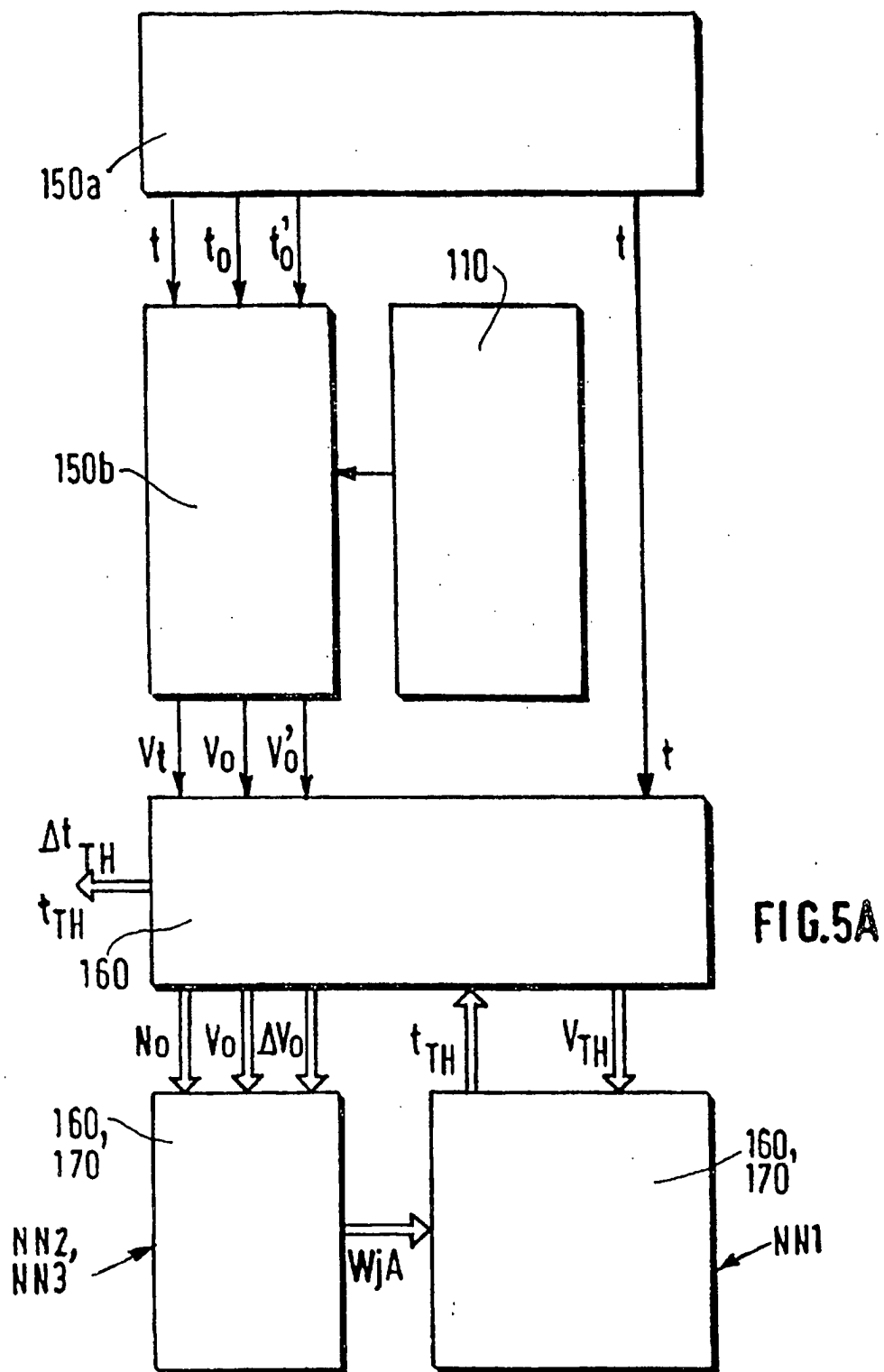
FIG.2A











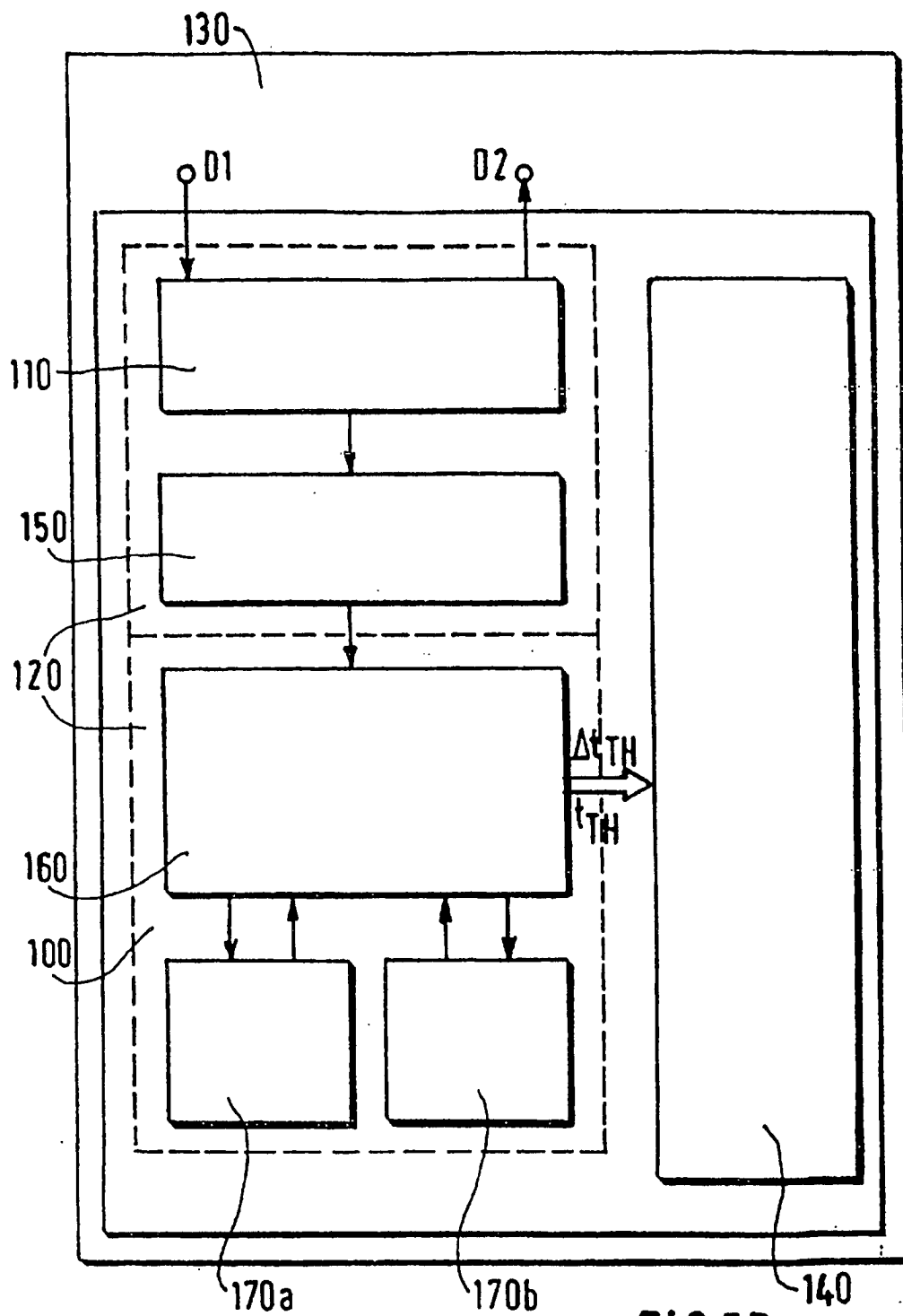


FIG. 5B

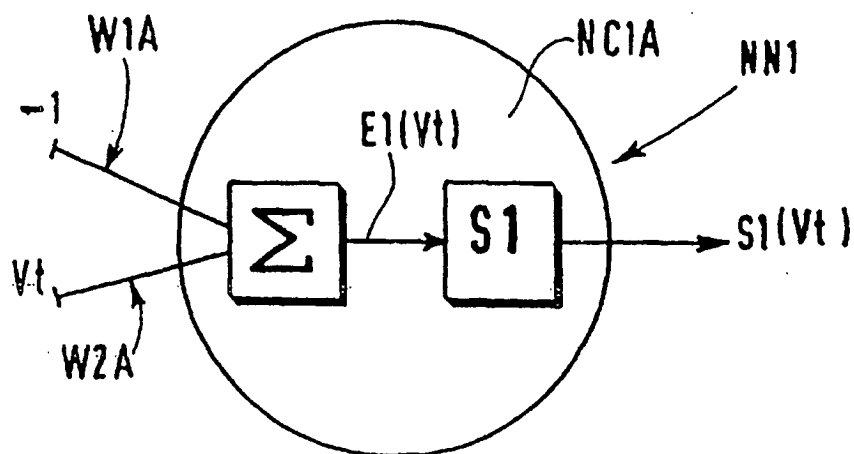


FIG. 6A

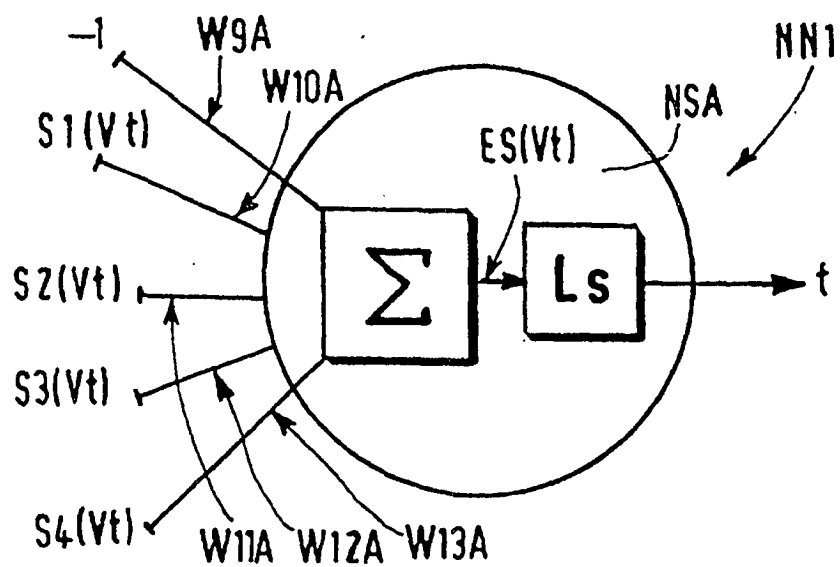


FIG. 6B