



(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.<sup>7</sup>: **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 eingelebt, 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, dass 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 gepründet, welcher in Echtzeit aktiv ist, um auf die Änderungen der Batteriezustände anzusprechen. Dieser Algorithmus ist auf die gemessenen Entladearakteristiken der Batterie gepründet, 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 Entladearakteristiken 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 „10<sup>th</sup> 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 reellen 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 reellen 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 Entladephassen, die mit Ladephassen 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 Adaptionskoeffizienten 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 beigefügten 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  $\alpha$  ohne die dritten adaptiven Rechenmittel, bei  $\beta$  mit den dritten voraussagenden und adaptiven Rechenmittel, und bei  $\gamma$  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 nuronalen 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 aufeinander folgenden 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  $\Delta t_{TH}$  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  $\Delta_{TH}$  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  $t_0$ , welcher mit dem absoluten Anfang einer Entladephase der Batterie in einem Entlade/Lade-Zyklus zusammenfällt. Diese Initialwerte sind:

$V_0$  als Batteriespannung, wobei  $V_0$  dann Initialspannung der Batterie in diesem Initialzeitpunkt  $t_0$  bezeichnet wird;

$\Delta V_0$  als Variation der Batteriespannung, auch Variation der Initialspannung bezeichnet, gemessen im Laufe des ersten sehr kurzen Zeitraums  $\Delta t_0$  der Batterieanwendung zwischen dem Initialzeitpunkt  $t_0$  und einem späteren Zeitpunkt  $t_0' = t_0 + \Delta t_0$ ;

$No$  als Anzahl der Entlade/Lade-Zyklen der Batterie, die vor dem betrachteten Initialzeitpunkt  $t_0$  bereits ausgeführt wurden;  $No$  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;  $No$  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  $V_0$ ,  $\Delta V_0$ ,  $No$ , 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  $\Delta t_{TH}$ , 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  $t_0$  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  $\Delta t_{TH}$  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:

Vo die im Initialzeitpunkt to dieser ersten Entladephase PD1 gemessene Initialspannung,

$\Delta V_o$  die Variation der Initialspannung in einem Zeitpunkt  $t_o$ , nach einem Kurzen Zeitraum  $\Delta t_o$  von z. B. einer Minute ausgehend vom Initialzeitpunkt to festgestellt,

No 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:

Vo die im Initialzeitpunkt to dieser ersten Entladephase PD1 gemessene Initialspannung,

$\Delta V_o$  die Variation der Initialspannung in einem Zeitpunkt  $t_o$ , nach einem Kurzen Zeitraum  $\Delta t_o$  von z. B. einer Minute ausgehend vom Initialzeitpunkt to festgestellt,

No 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  $\Delta t_o$  aus, indem er die Differenz zwischen der im Zeitpunkt to 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 Grenzwertes und eine zweite neuronale Zelle NE1A für die Eingabe des momentanen Spannungswerts Vt im Zeitpunkt t,

eine verdeckte Schicht aus 5 neuronalen Zellen mit einer ersten versteckten neuronalen Zelle NC0A für die Eingabe eines bei  $-1$  gewählten Grenzwerts und vier verdeckte 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 verdeckte Zelle NC1A als Beispiel zeigt.

**[0065]** Jedes gegebene verdeckte 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 verdeckten neuronalen Zelle NC1A bis NC4A. Jedes verdeckte Neuron NCiA bildet eine gewichtete Summe mit der Bezeichnung  $\Sigma$  der einem Stellenwert WjA zugeteilten Eingaben und rechnet eine Zwischenausgabe Ei (Vt) aus.

**[0066]** Jedes verdeckte 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 verdeckten 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  $\Sigma$  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 verdeckten 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  $\Sigma$ , 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):

$$F_w(V_t) = L_s[E_s(V_t)] \quad (3a)$$

**[0072]** Die Aktivierungsfunktion  $L_s$  dieses Ausgangsneurons wird linear gewählt. Die Ausgabe des Ausgangsneurons ist die Funktion  $F_w$ , 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  $W_jA$  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  $V_t$  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  $F_w$  der Batteriespannung  $V_t$  ist.

**[0076]** Deshalb wurde auf [Fig. 4B](#) eine für diese Beschreibung interessante Entladekurve dargestellt. Diese Kurve zeigt die Zeit  $t$  unter Berücksichtigung der Batteriespannung  $V_t$ . 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  $V_t$  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  $F_w$  auch ohne diese Spezialisierung mit demselben Leistungslevel 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  $S_i$  der versteckten Zellen NC1A, NC2A können z. B. 7.0 betragen, und die Neigungen der Aktivierungsfunktion  $S_i$  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  $V_0$  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 aufweist.

**[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 WjA 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 WjA im Speicher eine Datenbank zum Erlernen des zweiten Neuronennetzes NN2.

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

No die Anzahl an Initialzyklen,

Vo die erste aufgezeichnete Spannung der betreffenden Entladekurve, und

$\Delta V_o$  die den Ursprung dieser Entladekurve bildende Neigung, und es muss anhand dieser Messungen die 13 Stellenwerte WjA messen können, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes NN1 erforderlich sind.

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

$$WjA = G(Vo, \Delta V_o, No) \quad (4a)$$

**[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 Vo,  $\Delta V_o$  und No, plus eine Eingangszelle NE0B für einen Grenzwert bei -1;

13 Ausgangszellen NS1B bis NS13B für respektive jeden der 13 Näherungsparameter WjB 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 Erfahrung zufolge wurden die von den Initialwerten Vo und  $\Delta V_o$  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 No 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 y gemessene Punkte zeigt, die der Entladezeit  $t_{TH}$  entsprechen, um den kritischen Grenzwert  $V_{TH}$  vom Initialzeitpunkt to ausgehend und unter Berücksichtigung der Initialzahl an Zyklen No zu erreichen. Diese Messungen y 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 WnB 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  $V_0$ ,  $\Delta V_0$  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  $\alpha$  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  $\alpha$ , welche die Voraussage der Entladezeit  $t_{TH}$  unter Berücksichtigung der Anzahl an Zyklen  $N_0$  macht, von einer auf reellen Messungen stützenden Kurve  $\gamma$ , 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 Zeitpunkts  $t_{TH}$  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  $\beta$  von  $t_{TH}$  und dem gemessenen Wert  $\gamma$  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:

No die Anzahl der Initialzyklen,

Vo die erste aufgezeichnete Spannung der betreffenden Entladekurve, und

$\Delta V_0$  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 Vo, ΔVo und No, 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 Vo, ΔVo und No 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 Vt.

**[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 Ladephase 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 Vt, t, gemessen in jedem laufenden Zeitpunkt der vorhergehenden Entladephase PD1, dem ersten Neuronennetz NN1 vorgegeben werden, damit:

Die momentane Spannungsmessung Vt 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 Ladephase 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  $W_{jC}^*$  respektive den 13 Ausgängen NS1C bis NS13C des dritten Neuronennetzes NN3 vorgegeben werden, während die Initialwerte  $V_0$ ,  $\Delta V_0$  und  $N_0$ , die während der vorhergehenden Entladephase PD1 verwendet wurden, seinen Eingängen NE1C bis NE3C vorgegeben werden.

**[0117]** Diese 13 Fehlerparameter  $W_{jC}^*$  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  $W_{kC}$ , die in einer Zone des Arbeitsspeichers RAM **170b** abgelegt werden.

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

**[0120]** In dieser neuen Entladephase PD2 werden die adaptiven synaptischen Koeffizienten  $W_{kC}$ , 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 Zyklus berechnet, für eine neue Bestimmung der synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes 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  $W_{jC}$  für die Korrektur der Näheungsparameter  $W_{jB}$  bereit, die vom zweiten Neuronennetz NN2 bereitgestellt wurden.

**[0122]** Der Rechner **160** nimmt diese Korrektur vor, indem er die Addition  $W_{jB} + W_{jC}$  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 Entladung/Lade-Zyklus beendet hat und dann einen neuen Zyklus beginnend mit einer Entladephase beginnt. Sobald die Batterie **110** in Betrieb genommen wird, wird unverzüglich die Initialspannung  $V_0$  aufgezeichnet. Dann, im Zeitpunkt  $t_0$ , nachdem ein kleiner Zeitraum  $t_0 - t_0 = \Delta t_0$  vergangen, vorzugsweise genau 1 Minute, wird die Batteriespannung erneut aufgezeichnet, was einen Wert mit der Bezeichnung  $V_0'$  ergibt, und es wird dann die Differenz der Initialspannung  $V_0 - V_0' = \Delta V_0$  berechnet, z. B. von dem auf [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) dargestellten Rechner mit Addierfunktion. Dann werden die beiden Werte  $V_0$  und  $\Delta V_0$ , zeitgleich wie die Initialzahl  $N_0$  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  $W_{jB}$  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  $\Delta t_{TH}$ , bevor die Batterie den vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert  $V_{TH} = 6$  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  $V_{TH} = 6$  V gestellt ist, und wobei  $t$  der von den Messmitteln **150a** gemessene Zeitpunkt ist. Die Zeitangaben  $t_{TH}$  oder Zeiträume  $\Delta t_{TH}$  werden demnach jede Minute bereitgestellt.

**[0126]** Der Adaptationsmodus wird während der Ladephase eingesetzt und umfasst die Berechnung von neuen synaptischen Stellenwerten  $W_{kC}$  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  $\Delta t_{TH}$  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  $V_0 = 9$  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 $t_0, t_0 + \Delta_{t_0}, t$
150b	Mittel zum Messen der Spannungen $V_0, V_0 + \Delta_{V_0}, V_t$
110	Wiederaufladbare Batterie
160	Mikroprozessor zum Ausführen der Berechnungen $\Delta t_{TH} = t - t_{TH}, W_{jA} = W_{jb} + W_{jc}, W_{jc}^* = W_{jA}^* - W_{jb}$ $\Delta V_0 = V_0 - V'_0, N_0$
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 } Vo, $\Delta$ to, No Initialwerte liefern Vt, t Momentanwerte NN2 liefert WjB Näherungswerte	
2	Folgende Ladephase PC1 Erlernen von NN3 für Adaptationsfähigkeit	
	2a	NN1 erhält Vt am Eingang t am Ausgang liefert WjA* reelle Stellenwerte
	2b	160 erhält WjA*, WjB liefert die Fehlerparameter WjC* = WjA* - WjB
	NN3 erhält Vo, $\Delta$ Vo, No am Eingang WjC* am Ausgang liefert seine eigenen adaptiven Stellenwerte WkC	
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 (Vo), einen Wert einer Variation ( $\Delta Vo$ ) dieser Initialspannung nach einem kurzen Zeitraum ausgehend von diesem Initialzeitpunkt und einen Wert der Initialzahl (No) 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 (Vo, AVo, No) 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 (Vo,  $\Delta Vo$ , No) 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 (Vo,  $\Delta Vo$ , No) und eine Anzahl von Ausgangszellen (NS1C–NS13C) für die Korrekturparameter (WjC) in gleicher

Anzahl wie die Anzahl der synaptischen Koeffizienten (WjA) des ersten Neuronennetzes (NN1) hat, und in dem:

Der Rechner (160) in der Entladephase für die Entgegennahme und Addition der Näherungsparameter (WjB) und der Korrekturparameter (WjC) und für die Ausgabe der besagten dem ersten Neuronennetz (NN1) vorgegebenen synaptischen Koeffizienten (WjA) 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 (WjA\*), welche seine eigenen reellen synaptischen Koeffizienten in der Situation sind, in der für jeden Satz mit momentan reellen Werten die Messung der Entladespannung (Vt) an seinem Eingang und des entsprechenden Stromzeitpunkts (t) an seinem Ausgang vorgegeben wird,

der Rechner (160) ausgelegt ist, um die Fehlerparameter (WjC\*) auszugeben, die von den respektiven Differenzen zwischen den besagten vom ersten Neuronennetz (NN1) während der besagten Ladephase (PC1) berechneten reellen synaptischen Koeffizienten (WjA\*) und den besagten vom zweiten Neuronennetz (NN2) für die besagte vorhergehende Entladephase (PD1) berechneten Näherungsparametern (WjB) gebildet wird, wobei das dritte Neuronennetz (NN3) zur Umsetzung der dritten Rechenmittel ausgerichtet ist, um mit einer Rückübertragungsmethode die Adaptationsparameter (WkC) zu berechnen, welche in der Situation seine eigenen synaptischen Adaptationskoeffizienten sind, in der die Fehlerparameter (WkC\*) an seinen Ausgängen vorgegeben werden und die Initialwerte (Vo, ΔVo, No) 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 (WkC) 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 ( $\Delta t_{TH}$ ), 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 ( $\Delta t_{TH}$ ), 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 (Vo, ΔVo, No), 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 (Vo, ΔVo, No), 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 ( $Vt_{TH}$ ) erreicht, oder eine Anzeige des Zeitraums ( $\Delta t_{TH}$ ) der ausgehend von einem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) der Anwendung bis zu dem Zeitpunkt ( $t_{TH}$ ) verbleibt, in dem die Batterie einen vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert ( $Vt_{TH}$ ) 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 Entladestrom (Vt), während Entladespannungen (Vt) 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 (WjA) dieses ersten Neuronennetzes gebildet werden,

das Erlernen vom zweiten Neuronennetz von Relationen zwischen den Initialwerten ( $Vo$ ,  $\Delta Vo$ ,  $No$ ) und den synaptischen Koeffizienten (WjA) des ersten Neuronennetzes, in seinem Lernverfahren bestimmt,

das Lernen des dritten Neuronennetzes, um ihn seine eigenen adaptiven synaptischen Koeffizienten (WkC) bestimmen zu lassen, wobei dieses Lernen die Schritte umfasst:

1) In der Entladephase (PD1) eines Entlade/Lade-Zyklus der Batterie die Speicherung der Initialwerte ( $Vo$ ,  $\Delta Vo$ ,  $No$ ) und der momentan reellen Werte der Batteriespannung unter Berücksichtigung des entsprechenden laufenden Zeitpunkts ( $t$ ) und der vom zweiten Neuronennetz (NN2) bereitgestellten Näherungsparameter (WjB),

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

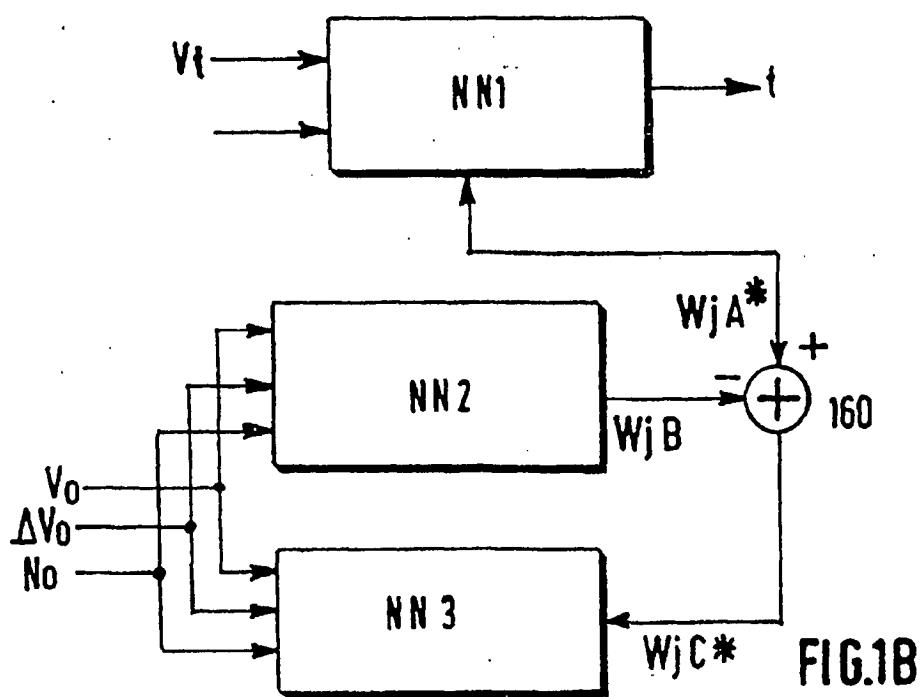
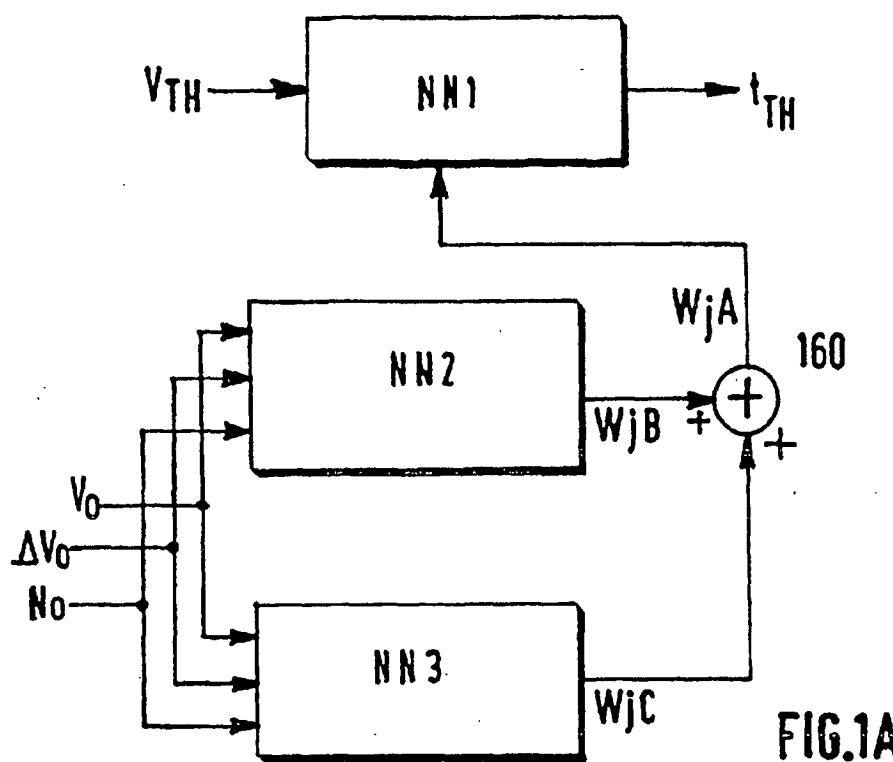
2a) Berechnung vom ersten Neuronennetz seiner eigenen reellen synaptische Koeffizienten (WjA\*), wenn die momentanen Spannungs- (Vt) und Zeitwerte ( $t$ ) respektive an seinem Eingang und seinem Ausgang vorgegeben werden,

2b) Berechnung der Fehlerparameter (WjC\*), indem die respektiven Differenzen zwischen den reellen Parametern (WjA\*) und den Näherungsparametern (WjB) genommen werden,

2c) Berechnung vom dritten Neuronennetz (NN3) seiner eigenen synaptischen Koeffizienten (WkC) mit der Bezeichnung adaptive Parameter, wenn die Fehlerparameter (WjC\*) an seinem Ausgang vorgegeben werden und die Initialwerte ( $Vo$ ,  $\Delta Vo$ ,  $No$ ) an seinen Eingängen vorgegeben werden, und

Anwenderverfahren des Steuerungssystems mit der Verwendung der besagten Adaptationsparameter (WkC) als synaptische Koeffizienten des dritten Neuronennetzes (NN3) in der nachfolgenden Entladephase des folgenden Entlade/Lade-Zyklus.

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen



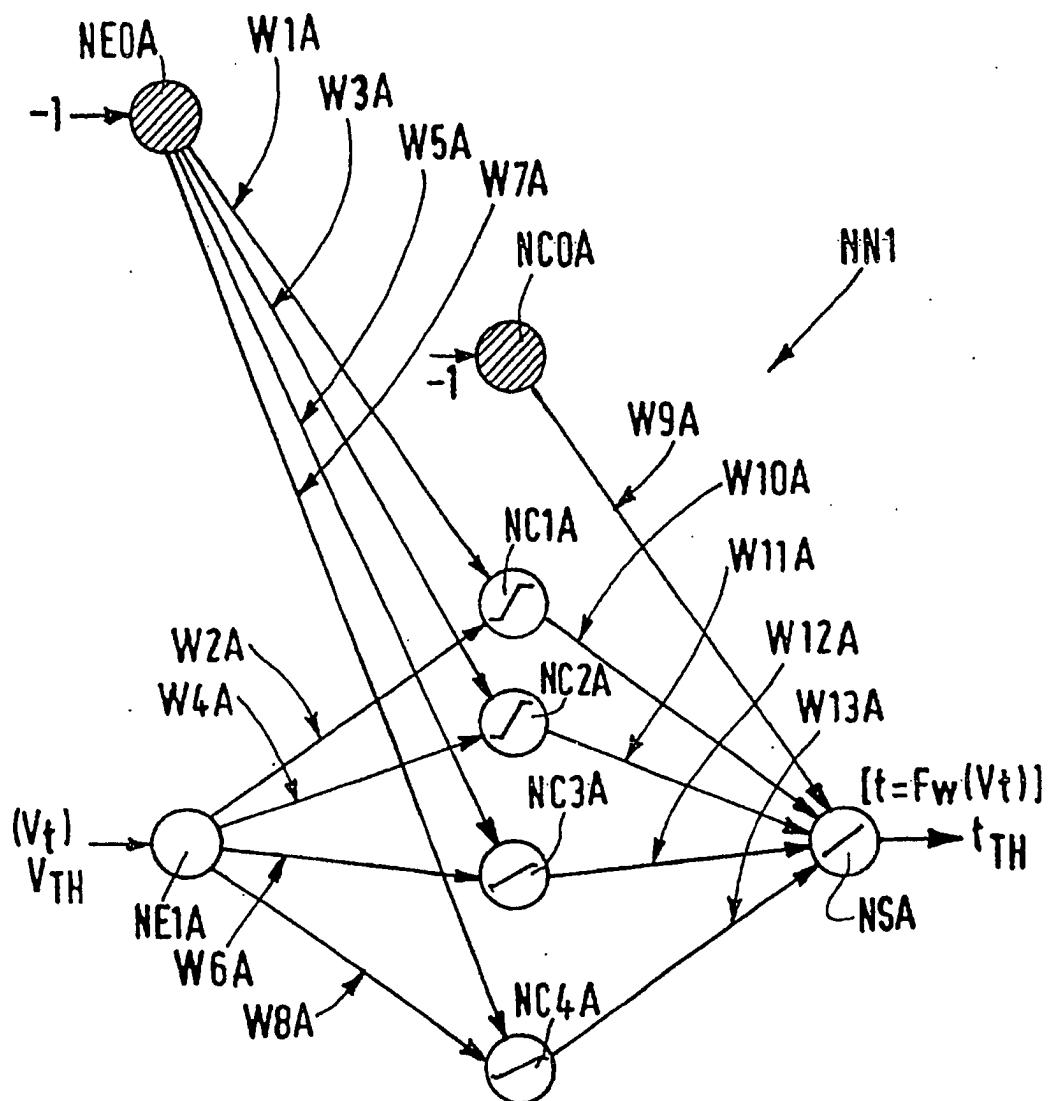


FIG.2A

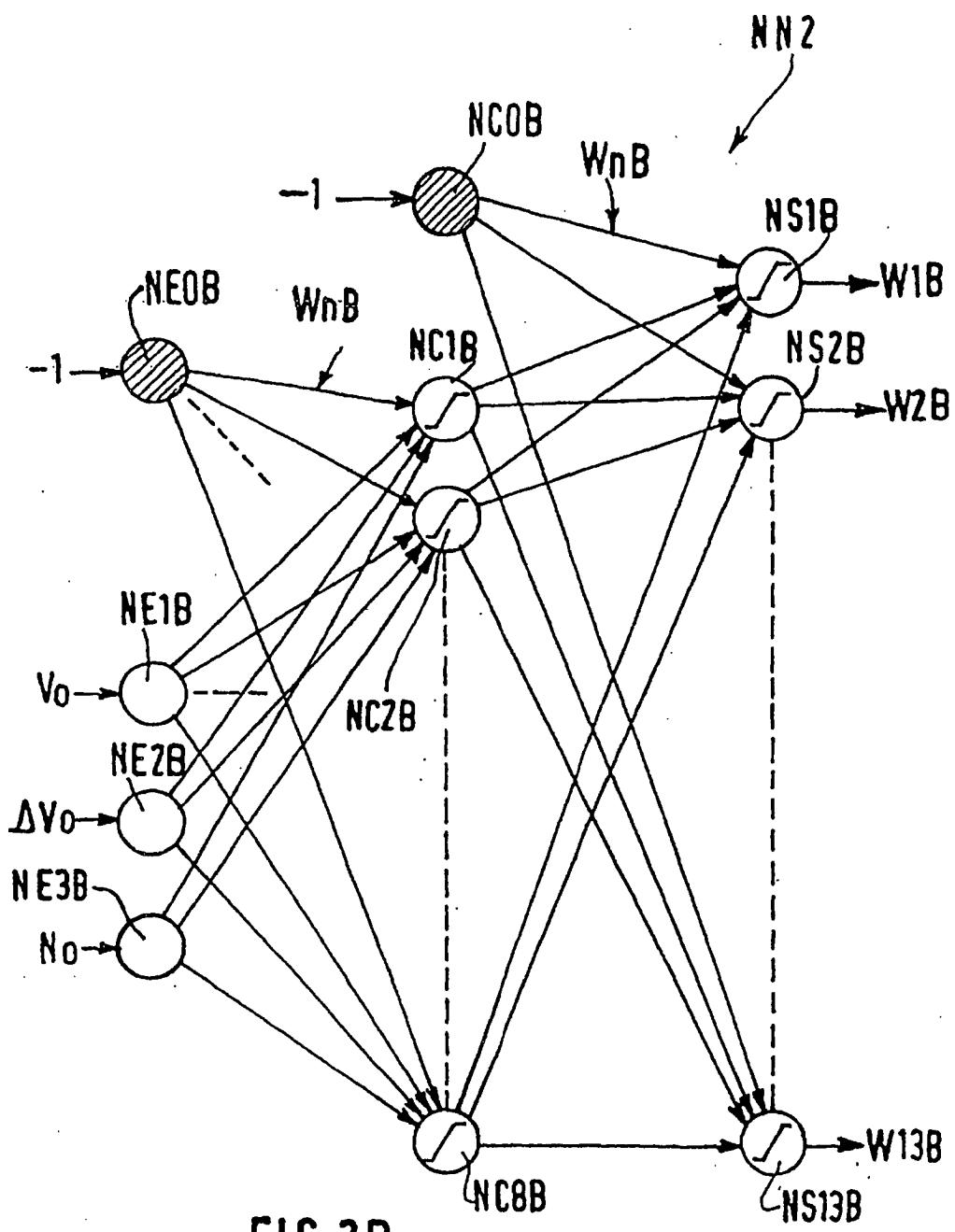


FIG.2B

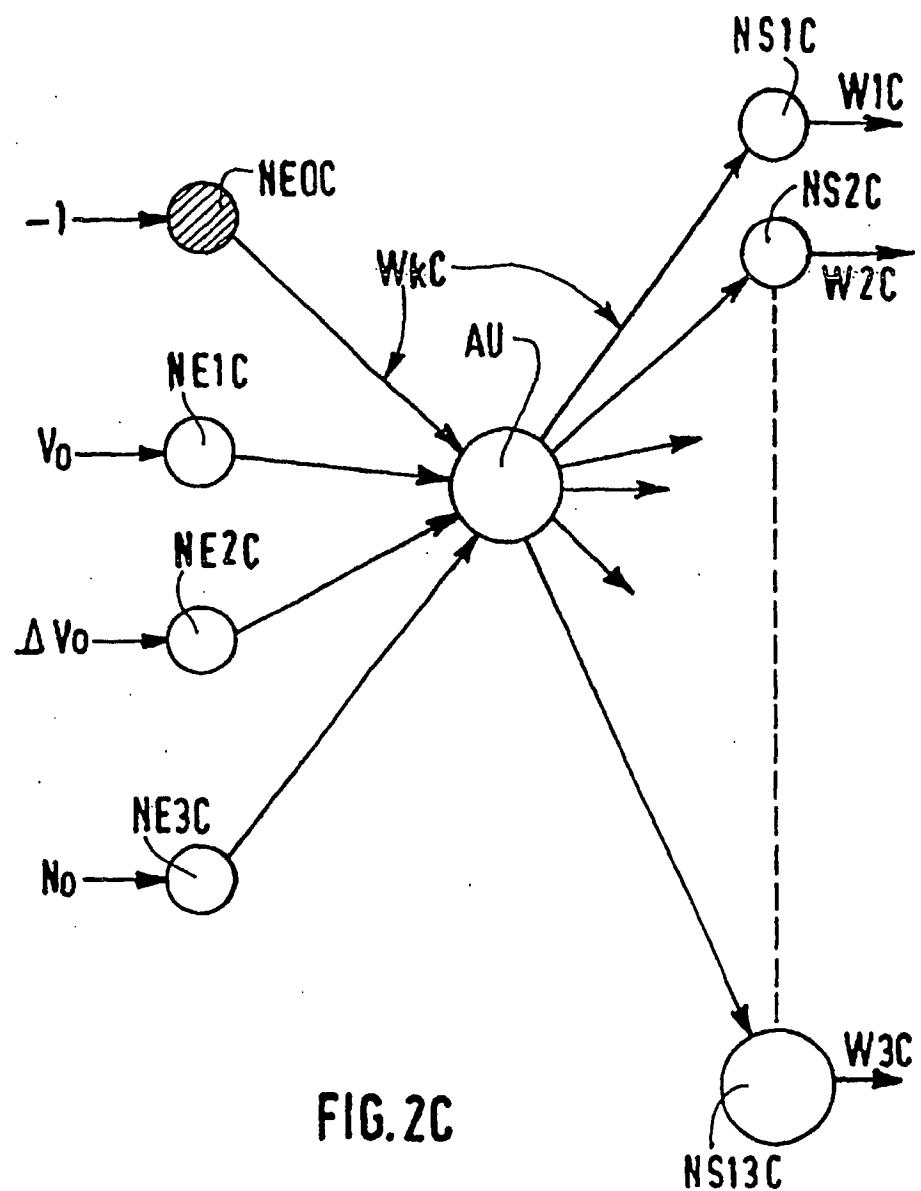
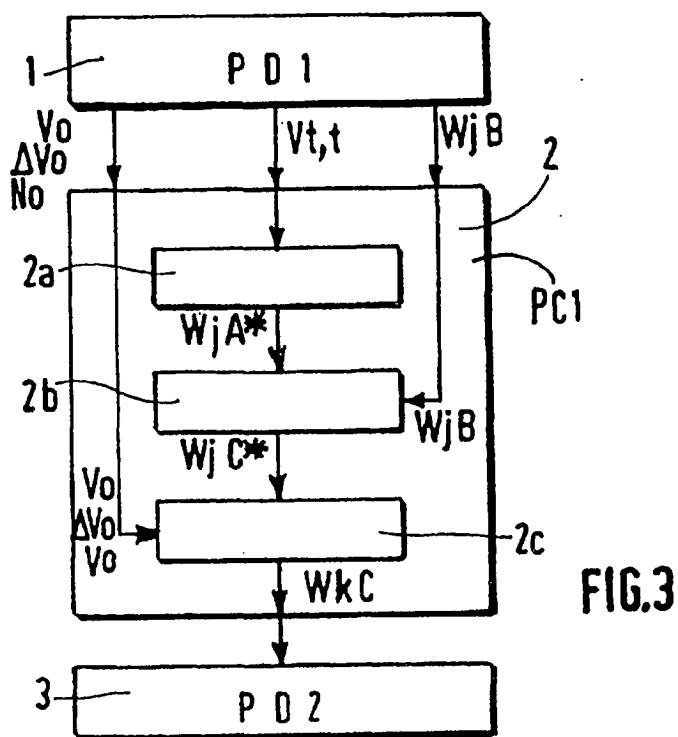
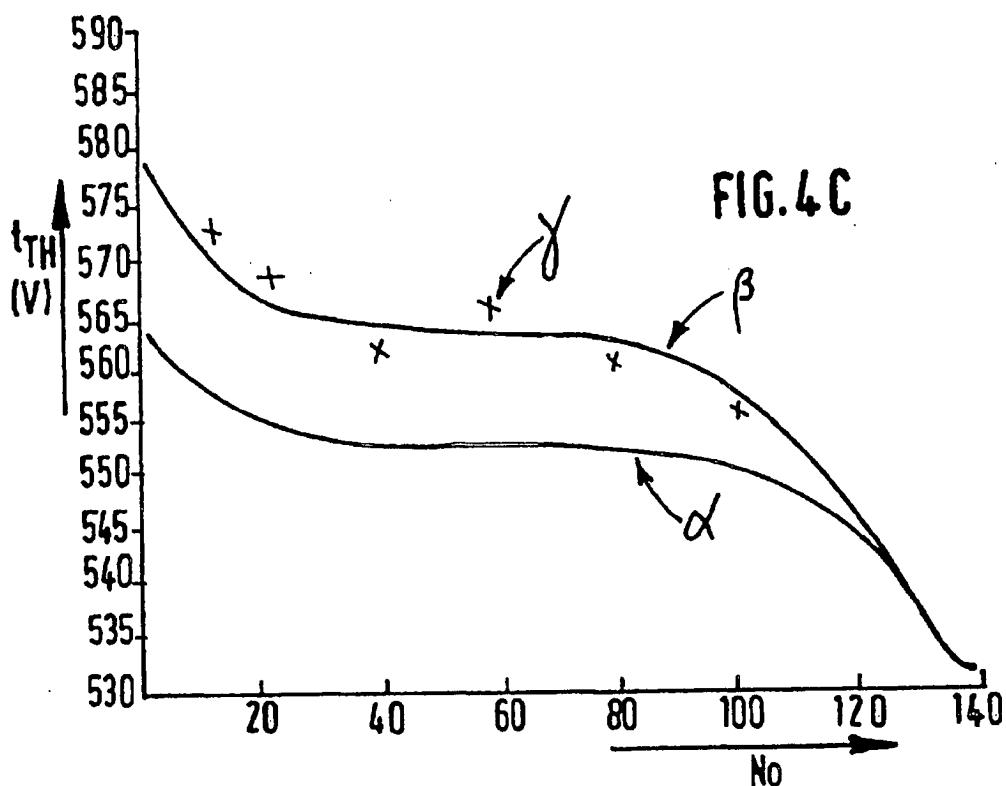
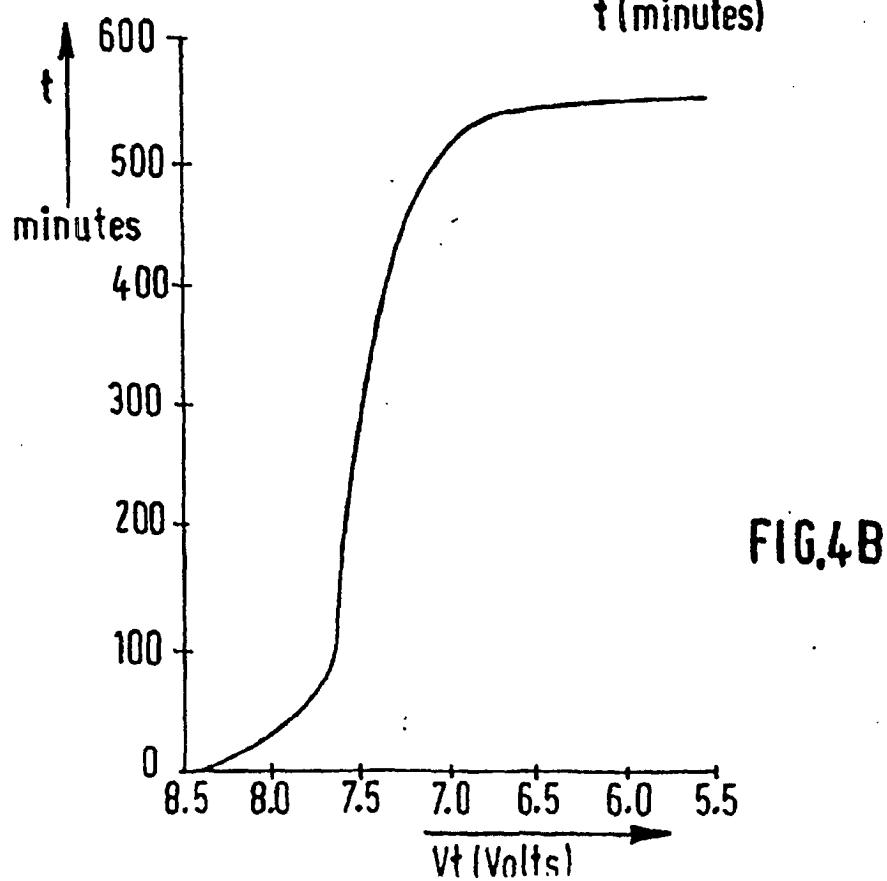
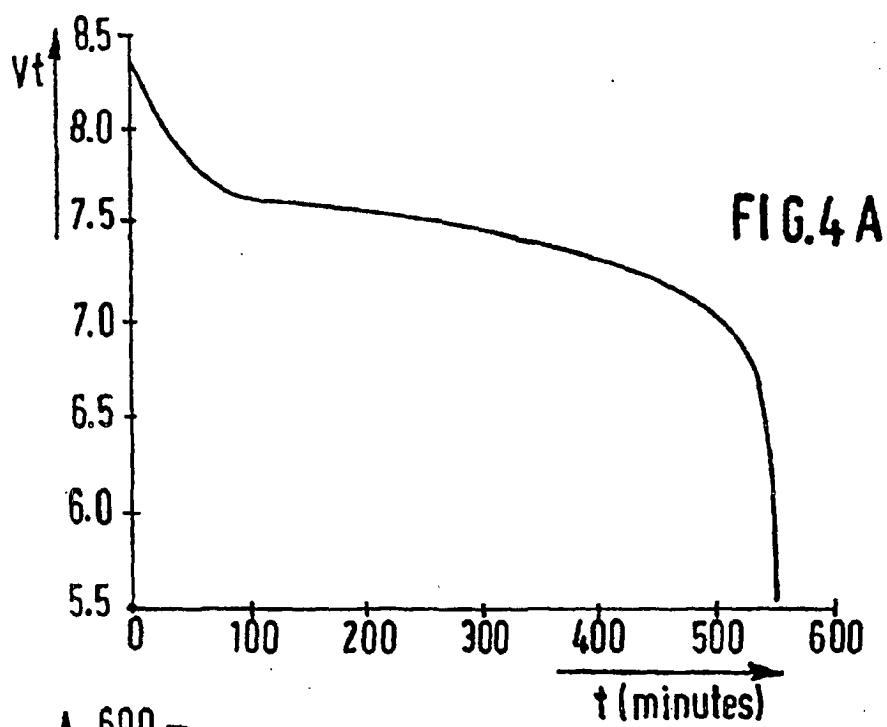
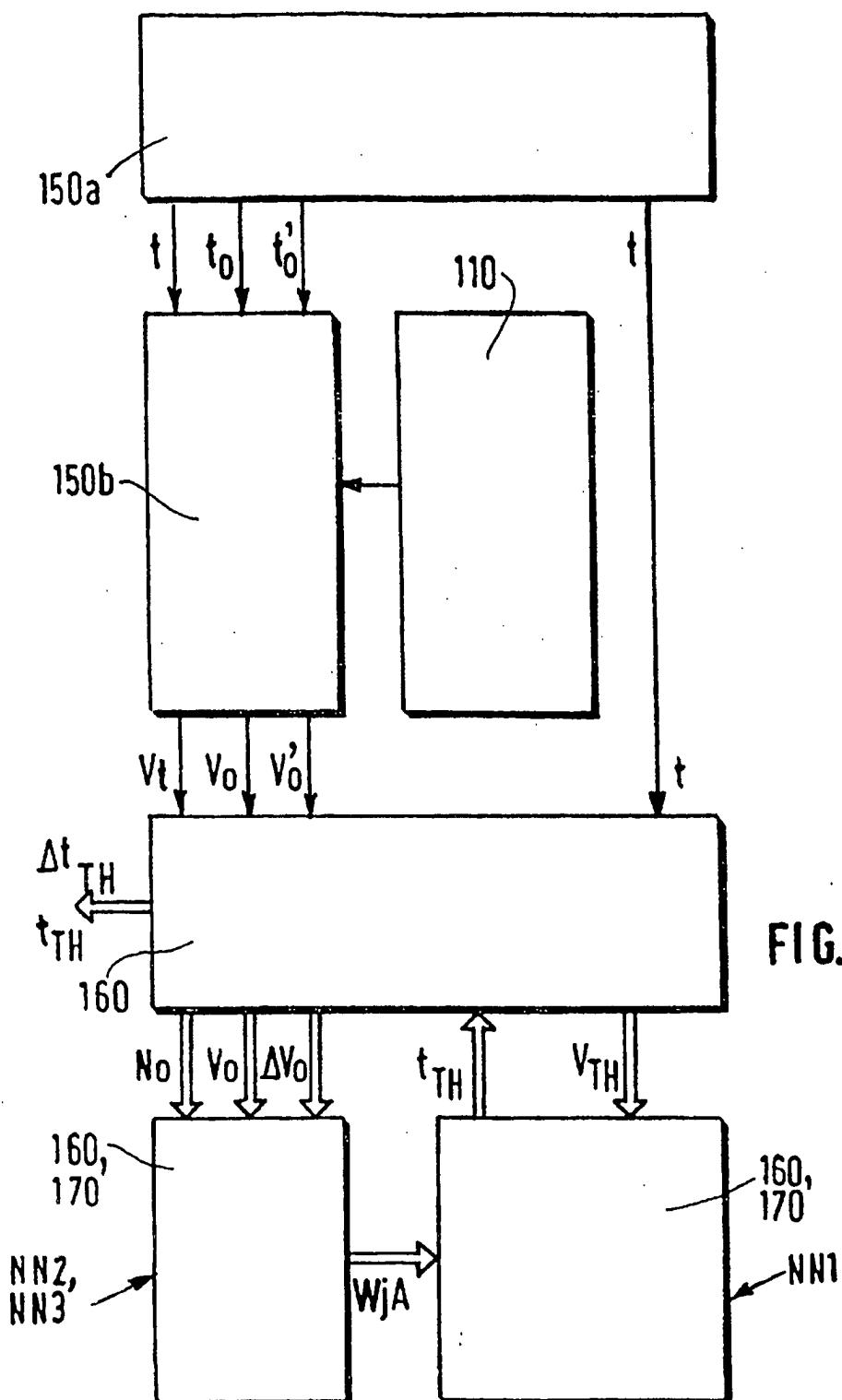
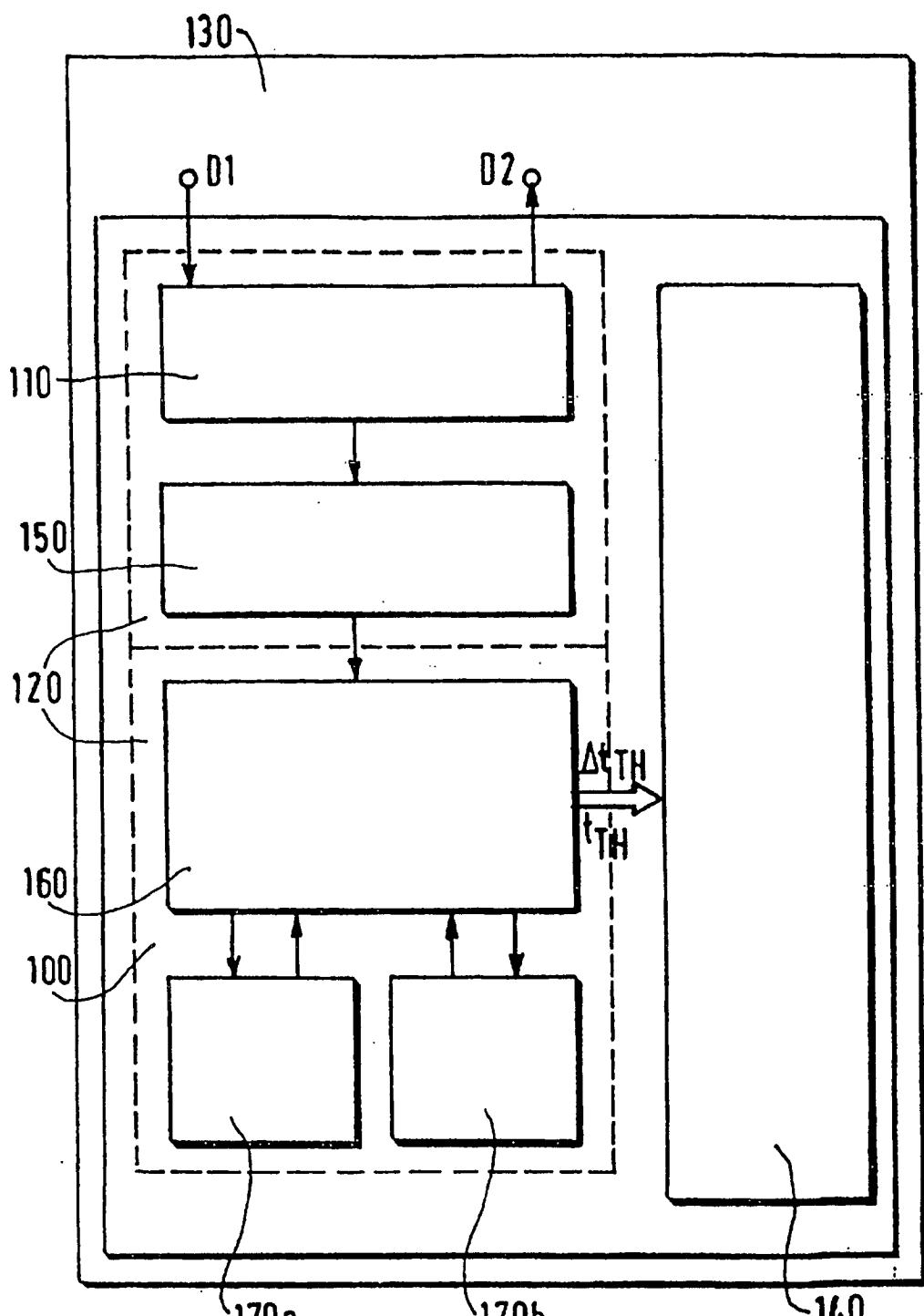


FIG.2C









**FIG.5B**

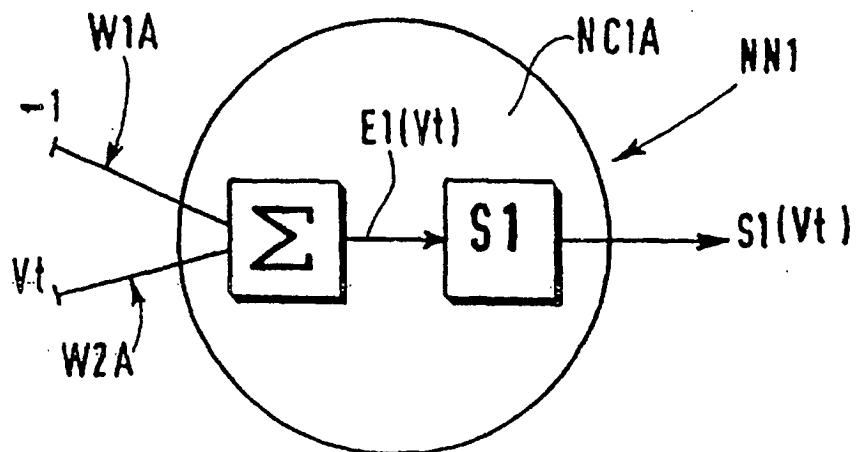


FIG. 6A

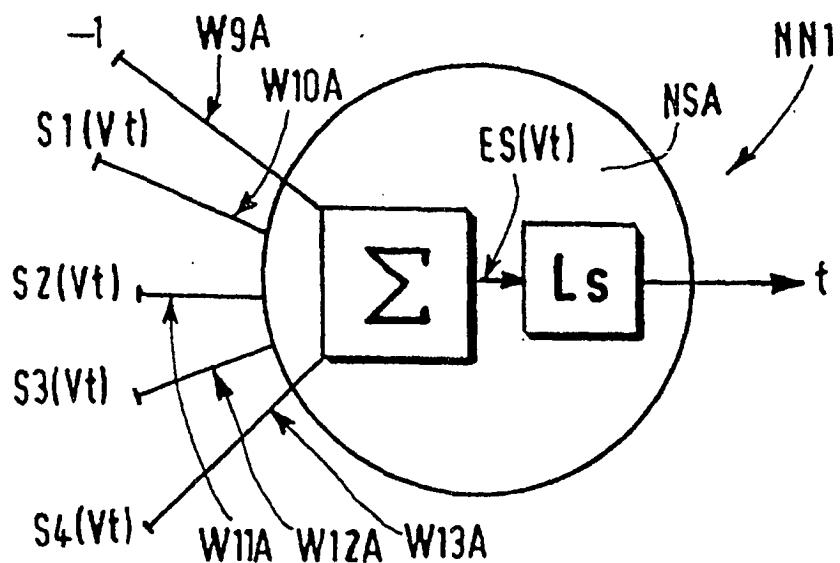


FIG. 6B