



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 33 216 T2** 2005.09.22

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 772 055 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **G01R 31/36**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 33 216.7**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 202 927.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **21.10.1996**

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

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **22.09.2005**

(30) Unionspriorität:

**9512863      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; D'Alche-Buc,  
Florence, 75008 Paris, FR; Nadal, Jean-Pierre,  
75008 Paris, FR**

(74) Vertreter:

**derzeit kein Vertreter bestellt**

(54) Bezeichnung: **Steuerungssystem der Entladungsphase 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 Entladungsphase der Lade/Entlade-Zyklen einer wiederaufladbaren Batterie zur Bildung einer intelligenten Batterie.

**[0002]** Die Erfindung betrifft auch eine zugehörige, mit einer intelligenten Batterie ausgerüstete Vorrichtung.

**[0003]** 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...

**[0004]** 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.

**[0005]** 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.

**[0006]** Die Variabilität der Konstruktionsparameter der Batterie liegt individuell betrachtet der Dispersion der Strukturdaten im Laufe der Herstellung eines selben Batterietyps zugrunde.

**[0007]** 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.

**[0008]** 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.

**[0009]** 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.

**[0010]** 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 zugehörigen Vorrichtung, das Treffen von Entscheidungen in Bezug auf die verschiedenen Phasen der Entlade/Lade-Zyklen der Batterie.

**[0011]** Es wird ein Neuronennetz mittels einer Datenbank zur Abschätzung der Ladungsmenge (SOC) eingesetzt.

**[0012]** 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.

**[0013]** 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.

**[0014]** 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.

**[0015]** 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.

**[0016]** 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.

**[0017]** Ein Ziel dieser Erfindung ist die Bereitstellung eines Steuerungssystems der Entladungsphase der Lade/Entlade-Zyklen einer wiederaufladbaren 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.

**[0018]** Ein Ziel dieser Erfindung ist die Bereitstellung eines Steuerungssystems der Entladungsphase der Lade/Entlade-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 und unter Berücksichtigung eines Durchschnittsverhaltens des betreffenden Batterietyps.

**[0019]** Diese Probleme werden von einem Steuerungssystem der Entladungsphase der Lade/Entladezyklen einer Batterie gelöst, verknüpft mit einer wiederaufladbaren Batterie mit Ladephasen, die mit Entladephasen entsprechend Lade/Entlade-Zyklen und wie in Anspruch 1 aufgeführt abwechseln, wobei dieses System enthält:

Erste adaptive Rechenmittel, die ausgelegt sind, um in einem Initialzeitpunkt bei Beginn einer Entladephase eines Lade/Entlade-Zyklus der Batterie einen vorbestimmten Grenzwert einer kritischen Entladespannung zu sammeln, und um eine voraussagende Angabe über einen Zeitpunkt zu berechnen und auszugeben, in dem die Batterie diesen vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung erreicht,

zweite adaptive Rechenmittel, die mit den ersten Rechenmitteln verknüpft und ausgelegt sind, um in einem Initialzeitpunkt eine Messung einer Initialspannung, einer Initialvariation der Spannung in einem neuen Zeitpunkt nach einem kurzen Zeitraum ausgehend von diesem Initialzeitpunkt und der Initialanzahl der mit dieser Batterie vor diesem Initialzeitpunkt bereits ausgeführten Lade/Entlade-Zyklen zu sammeln und um ab dem Zeitpunkt der betreffenden Phase, in dem die Initialmessungen zur Verfügung stehen, Funktionsparameter zu berechnen und auszugeben, die automatisch an die Werte der Initialmessungen angepasst werden, um sie den ersten Rechenmitteln vorzugeben.

**[0020]** Diese Probleme werden insbesondere von einem wie zuvor definierten und wie in Anspruch 2 aufgeführten System gelöst, in dem die ersten adaptiven Rechenmittel außerdem ausgelegt sind, um in einem laufenden Zeitpunkt in der betreffenden Entladephase des laufenden Lade/Entlade-Zyklus der Batterie eine Messung der Temperatur zu sammeln und um in diesem laufenden Zeitpunkt eine voraussagende Angabe eines kritischen Zeitpunkts zu berechnen und auszugeben, in dem die Batterie den vorbestimmten Grenzwert der

Entladespannung erreicht.

**[0021]** Diese Probleme werden insbesondere von dem einen oder anderen wie zuvor definierten und wie in Anspruch 3 aufgeführten System gelöst, in dem:

Die ersten adaptiven Rechenmittel außerdem ausgelegt sind, um in jedem laufenden Zeitpunkt eine voraussagende Angabe des Zeitraums zu berechnen und auszugeben, der bis zu dem Zeitpunkt verbleibt, in dem die Batterie den vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung erreicht.

**[0022]** In einer besonderen Ausführungsform werden diese Probleme von einem wie zuvor definierten und wie in Anspruch 4 aufgeführten Steuerungssystem gelöst, in dem die ersten und zweiten adaptiven Rechenmittel respektive gebildet werden aus:

Einem ersten Neuronennetz, das angeordnet ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt ausgehend von dem vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung eine voraussagende Angabe des Zeitraums zu berechnen und auszugeben, der bis zu dem kritischen Zeitpunkt verbleibt, in dem die Batterie den vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung erreicht,

einem zweiten Neuronennetz, mit dem ersten Neuronennetz in Serie geschaltet und angeordnet, um ausgehend von der Messung der initialen Spannungswerte, der Initialvariation der Spannung und der Initialanzahl an Zyklen bei jedem Beginn der Entladephase jedes Entladezyklus ab dem Zeitpunkt der betreffenden Phase, in dem die Initialmessungen zur Verfügung stehen, synaptische Koeffizienten zu berechnen und auszugeben, die automatisch angepasst werden, um sie dem ersten Neuronennetz vorzugeben.

**[0023]** In einer besonderen Ausführungsform werden diese Probleme von einem wie zuvor definierten und wie in Anspruch 5 aufgeführten Steuerungssystem gelöst, in dem die ersten und zweiten adaptiven Rechenmittel respektive gebildet werden aus:

Einem ersten Neuronennetz, das angeordnet ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt ausgehend von dem vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung und ausgehend von der Temperaturmessung eine voraussagende Angabe des Zeitraums zu berechnen und auszugeben, der bis zu dem kritischen Zeitpunkt verbleibt, in dem die Batterie diesen vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung erreicht,

einem zweiten Neuronennetz, mit dem ersten Neuronennetz in Serie geschaltet und angeordnet, um ausgehend von der Messung der initialen Spannungswerte, der Initialvariation der Spannung und der Initialanzahl an Zyklen bei jedem Beginn der Entladephase jedes Entladezyklus ab dem Zeitpunkt der betreffenden Phase, in dem die Initialmessungen zur Verfügung stehen, synaptische Stellenwerte zu berechnen und auszugeben, die automatisch angepasst werden, um sie dem ersten Neuronennetz vorzugeben.

**[0024]** Der Vorteil dieses Steuerungssystems in der einen oder anderen ihrer Ausführungsformen ist, dass sich die voraussagenden Angaben an die einzelnen Lade/Entlade-Charakteristiken der Batterie anpassen, auf die dieses Steuerungssystem für einen bestimmten Batterietyp Anwendung findet; dass diese voraussagenden Angaben sehr präzise und sehr zuverlässig sind und 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 11 aufgeführt enthält eine zugehörige Vorrichtung (130) 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 erstes Steuerungssystem für wiederaufladbare Batterie zeigt, um ein globales System mit der Bezeichnung intelligente Batterie zu bilden, und

**[0029]** [Fig. 1B](#) ein zweites Steuerungssystem für wiederaufladbare Batterie zeigt, um eine intelligente Batterie zu bilden;

**[0030]** [Fig. 2A](#) ein erstes Neuronennetz NN1A für ein erstes Steuerungssystem zeigt,

**[0031]** und [Fig. 2B](#) ein zweites Neuronennetz NN2A für dieses erste Steuerungssystem zeigt;

- [0032] [Fig. 3A](#) ein erstes Neuronennetz NN1B für das zweite Steuerungssystem zeigt,
- [0033] und [Fig. 3B](#) ein zweites Neuronennetz NN2B für das zweite Steuerungssystem zeigt;
- [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;
- [0036] [Fig. 4C](#) eine Kurve der durchschnittlichen Entladezeit einer Batterie unter Berücksichtigung der Anzahl an Lade/Entlade-Zyklen zeigt;
- [0037] [Fig. 4D](#) Kurven der Entladezeit einer Batterie unter Berücksichtigung der Temperatur zeigt;
- [0038] [Fig. 5A](#) die Elemente zur Umsetzung eines Steuerungssystems zeigt, und
- [0039] [Fig. 5B](#) ein Steuerungssystem in einer zugehörigen Vorrichtung zeigt;
- [0040] [Fig. 6A](#) die Struktur einer neuronalen Zelle der versteckten Schicht des ersten Neuronennetzes NN1A des ersten Steuerungssystems zeigt, und
- [0041] [Fig. 6B](#) die Struktur der neuronalen Ausgangszelle dieses selben ersten Netzes NN1A zeigt.
- [0042] 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 Entlade/Lade-Zyklen abwechseln. Diese intelligente Batterie **120** ist an eine zugehörige Vorrichtung **130** gekoppelt oder darin eingebaut, die Mittel **140** enthält, um dem Anwender eine Anzeige eines Zeitpunkts  $t_{TH}$  in einer Entlade-phase auszugeben, in dem die Batterie 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  $V_T$  erreicht wird, oder auch um beide Anzeigen auszugeben.
- [0043] In Bezug auf [Fig. 5A](#), deren Legende auf Tabelle I steht, ist das Steuerungssystem **100** an Mittel zum Messen der Zeit **150a**, zum Messen der Spannung **150b** und eventuell zum Messen der Temperatur **150c** und an Mittel **160** gekoppelt, welche die Erhöhung der Anzahl an Lade/Entlade-Zyklen durchführt, welche die in der zugehörigen Vorrichtung **130** angeordnete Batterie unterzogen wird.
- [0044] In Bezug auf [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) sammelt dieses Steuerungssystem **100** einerseits sogenannte Initialwerte in einem sogenannten Initialzeitpunkt  $t_o$ , welcher mit dem absoluten Anfang einer Entladephase der Batterie in einem Lade/Entlade-Zyklus zusammenfällt. Diese Initialwerte sind:  
 $V_o$  als Batteriespannung, wobei  $V_o$  dann Initialspannung der Batterie in diesem Initialzeitpunkt bezeichnet wird;  
 $\Delta V_o$  als Variation der Batteriespannung, auch Variation der Initialspannung bezeichnet, gemessen im Laufe eines ersten Zeitraums  $\Delta t_o$  der sehr kurzen Batterieanwendung zwischen dem Initialzeitpunkt  $t_o$  und einem späteren Zeitpunkt  $t'_o = t_o + \Delta t_o$  ganz am Anfang der betreffenden Entladephase;  
 $N_o$  als Anzahl der Lade/Entlade-Zyklen der Batterie, die vor dem betrachteten Initialzeitpunkt 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] Eventuell kann das System **100** andererseits in jedem Zeitpunkt  $t$  momentane Werte sammeln, die sind:  
 $T_t$  die Temperatur der Batterie.
- [0047] In Bezug auf [Fig. 1A](#) und [Fig. 1B](#) werden hiernach Ausführungsformen eines Steuerungssystem **100** zum Aufladen einer wiederaufladbaren Batterie beschrieben.
- [0048] Das Steuerungssystem **100** enthält grundsätzlich erste und zweite miteinander verknüpfte voraussa-

gende und adaptive Rechenmittel NN1A und NN2A oder NN1B und NN2B, um anhand der initialen Spannungswerte  $V_0$ ,  $\Delta V_0$ ,  $N_0$  eines kritischen Grenzwertes  $V_{TH}$  und eventuell anhand des in einer Entladephase gemessenen momentanen Wertes  $T_t$  die voraussagende Anzeige eines Zeitpunkts mit der Bezeichnung kritischer Zeitpunkt  $t_{TH}$  auszugeben, in dem in derselben Entladephase die Spannung der Batterie diesen 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 zugehörige Vorrichtung **130** über eine genau bekannte Funktionsenergie verfügt, die in einer bestimmten Spanne gelegen ist, in der diese Energie korrekt an die Funktionsweise der zugehörigen Vorrichtung **130** angepasst wird.

**[0049]** Wie auf [Fig. 1A](#) dargestellt werden in einer Ausführungsform die ersten und zweiten voraussagenden und adaptive Rechenmittel des Steuerungssystems **100** respektive aus einem ersten Neuronennetz mit der Bezeichnung NN1A und einem zweiten Neuronennetz mit der Bezeichnung NN2A, in Serie mit dem ersten Neuronennetz NN1A geschaltet, gebildet.

**[0050]** In der nachfolgenden Beschreibung wird zuerst eine erste Entladephase betrachtet, die in einem Zeitpunkt  $t_0$  in einem Lade/Entlade-Zyklus beginnt; und es wird ein vorbestimmter kritischer Grenzwert der Entladespannung  $V_{TH}$  festgelegt.

**[0051]** Das erste Neuronennetz NN1A 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.

**[0052]** In Bezug auf [Fig. 5A](#), deren Legende auf Tabelle I steht, ist das erste Neuronennetz NN1A mit Mitteln zur Messung der Zeit **150a** verknüpft, welche eine Messung jedes laufenden Zeitpunkts  $t$  ausgeben, und es ist mit Rechenmitteln **160** verknüpft, die durch die Differenz zwischen dem laufenden Zeitpunkt  $t$  und dem im Zeitpunkt  $t_{TH}$  berechneten Wert ausgeben:

Einen Wert  $\Delta t_{TH}$  des verbleibenden Zeitraums, bevor der vorbestimmte kritische Grenzwert der Entladespannung  $V_{TH}$  in dem Falle erreicht wird, in dem die Vorrichtung **130** normal arbeitet und in dem die Batterie **110** sich aufgrund dieser Funktion normal entlädt.

**[0053]** Die synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte dieses ersten Neuronennetzes NN1A sind 13 Stück und  $W_{jA}$  bezeichnet, wobei „j“ ein Index von 1 bis 13 ist. Sie werden automatisch berechnet und in jedem Zeitpunkt  $t$  dieser Entladephase vom zweiten Neuronennetz NN2A ausgegeben.

**[0054]** Das zweite Neuronennetz NN2A hat 3 Eingänge für:

$V_0$  die im Initialzeitpunkt  $t_0$  dieser ersten Entladephase gemessene Initialspannung,

$\Delta V_0$  die Variation der Initialspannung in einem Zeitpunkt  $t_0'$ , nach einem Kurzen Zeitraum  $\Delta t_0$  von z. B. einer Minute ausgehend vom Initialzeitpunkt  $t_0$  festgestellt,

$N_0$  die Initialzahl der Zyklen,

und hat 13 Ausgänge für 13 Stellenwerte  $W_{jB}$ , die in jedem laufenden Zeitpunkt  $t$  automatisch an das erste Neuronennetz NN1A übertragen werden.

**[0055]** Jedes der Neuronennetze NN1A und NN2A 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

**[0056]** Die Aufgabe des ersten Neuronennetzes NN1A 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 NN1A muss bei seinem Lernen Funktionen  $F_w$  konstruieren, welche die Relation (1a) lösen:

$$t = F_w(V_t) \quad (1a)$$

wobei der  $F$  zugeteilte Index  $w$  die Tatsache symbolisiert, dass die Funktion  $F$  an die Stellenwerte  $W_{jA}$  bzw. die

synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes NN1A gebunden ist.

**[0057]** Das erste Neuronennetz NN1A wurde konstruiert, um eine nicht lineare Funktion Fw zu generieren.

**[0058]** In Bezug auf [Fig. 2A](#) enthält das erste Neuronennetz NN1A:

Eine aus 2 neuronalen Zellen gebildete Eingangsschicht mit einer ersten neuronalen Zelle NE0 für die Eingabe eines bei  $-1$  gewählten Grenzwertes und eine zweite neuronale Zelle NE1 für die Eingabe des momentanen Spannungswerts  $V_t$  im Zeitpunkt  $t$ ,  
eine versteckte Schicht aus 5 neuronalen Zellen mit einer ersten versteckten neuronalen Zelle NC0 für die Eingabe eines bei  $-1$  gewählten Grenzwerts und vier versteckte neuronale Zellen mit der Bezeichnung NC1 bis NC4,  
und eine Ausgangsschicht mit einer einzigen neuronalen Zelle mit der Bezeichnung NS.

**[0059]** Demnach bemerkt man, dass während der Lernverfahren des ersten Neuronennetzes NN1A sein Eingang NE1 einen momentanen Spannungswert  $V_t$  sammelt, während dieser selbe Eingang den kritischen Grenzwert der Spannung  $V_{TH}$  bei laufender Anwendung sammelt.

**[0060]** Die Struktur der Funktionsgleichung jedes versteckten Neurons mit der Bezeichnung NC1 bis NC4 ist diejenige eines formellen „Standard“-Neurons wie dargestellt auf [Fig. 6A](#), welche die versteckte Zelle NC1 als Beispiel zeigt.

**[0061]** Jedes gegebene versteckte Neuron  $NC_i$  erhält einerseits am Eingang die momentane Spannung  $V_t$  mit einem eingehenden Stellenwert oder synaptischen Koeffizienten, welcher einer der 13 Stellenwerte mit der Bezeichnung  $W_{jA}$  ist, und es erhält andererseits einen Grenzwert mit dem konstanten Wert „ $-1$ “, einem anderen der 13 Stellenwerte mit der Bezeichnung  $W_{jA}$  zugeteilt. Der Index „ $i$ “ ist der Index 1 bis 4 der betreffenden versteckten neuronalen Zelle NC1 bis NC4. Jedes versteckte Neuron  $NC_i$  bildet eine gewichtete Summe mit der Bezeichnung  $\Sigma$  der einem Stellenwert  $W_{jA}$  zugeteilten Eingaben und rechnet eine Zwischenausgabe  $E_i(V_t)$  aus.

**[0062]** Jedes versteckte Neuron NC1 bis NC4 transferiert diese Zwischenausgabe  $E_i(V_t)$  über eine Aktivierungsfunktion mit der Bezeichnung  $S_i$ , und es berechnet eine Ausgabe mit der Bezeichnung  $S_i(V_t)$  nach der Relation (2a):

$$S_i(V_t) = S_i[E_i(V_t)] \quad (2a)$$

**[0063]** Es muss jetzt noch die Aktivierungsfunktion  $S_i(V_t)$  jedes versteckten Neurons besser definiert werden. Es kann als mögliche Aktivierungsfunktion eine unter den gesamten nicht linearen Funktionen gewählte Funktion übernommen werden.

**[0064]** Die Aktivierungsfunktion  $S_i$  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 NC1 bis NC4 an dem beschriebenen Beispiel folglich eine nicht lineare Funktion „tanh“.

**[0065]** Die Struktur des einzigen Ausgangsneurons NS ist auf [Fig. 6B](#) dargestellt. Es bildet eine gewichtete Summe mit der Bezeichnung  $\Sigma$  der Ausgaben  $S_i(V_t)$  sämtlicher versteckten Neuronen  $NC_i$  unter Verwendung der synaptischen Koeffizienten  $W_{jA}$ , wobei dieser Summe ein Grenzwert „ $-1$ “ hinzugefügt wird, der aus der versteckten Zelle NC0 kommt, und dieser Grenzwert über einen der synaptischen Koeffizienten  $W_{jA}$  in das Ausgangsneuron NS eingegeben wird.

**[0066]** Dieses Ausgangsneuron bildet zuerst die gewichtete Summe  $\Sigma$ , welche eine Zwischenausgabe  $E_s(V_t)$  ergibt.

**[0067]** Dann transferiert das Ausgangsneuron NS diese Zwischenausgabe  $E_s(V_t)$  über eine Aktivierungsfunktion mit der Bezeichnung  $L_s$ , und es berechnet eine Endausgabe mit der Bezeichnung  $F_w(V_t)$  nach der Relation (3a):

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

**[0068]** Die Aktivierungsfunktion  $L_s$  dieses Ausgangsneurons wird linear gewählt. Die Ausgabe des Ausgangs-



neurons ist die Funktion  $F_w$ , welche man zu generieren versucht.

**[0069]** Die Bezeichnungen der Stellenwerte jedes versteckten Neurons  $NC_i$  sind auf [Fig. 2A](#) vermerkt, genau wie die Bezeichnungen der Eingangsstellenwerte des Ausgangsneurons NS. Sämtliche dieser Stellenwerte mit der Bezeichnung  $W1A$  bis  $W13A$  werden aus all den 13 Stellenwerten  $WjA$  gebildet, die von dem zweiten Neuronennetz  $NN2A$  übertragen werden.

**[0070]** 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.

**[0071]** Doch man erinnere bei diesem System daran, dass das erste Neuronennetz  $NN1A$  einem Lernen unterzogen werden muss, welches zur Ausgabe einer Zeit  $t$  führt, die eine Funktion der Batteriespannung ist.

**[0072]** 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.

**[0073]** [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 die Modellbildung des Mittelteils der Entladekurve der Relation (1a) von den beiden ersten neuronalen Zellen  $NC1$ ,  $NC2$  der versteckten Schicht ausgeführt, deren Aktivierungsfunktion jeweils eine starke Neigung haben; wogegen die Modellbildung der Endteile dieser Schichten von folgenden versteckten neuronalen Zellen  $NC3$ ,  $NC4$  ausgeführt werden, die eine Aktivierungsfunktion mit geringerer Neigung zeigen.

**[0074]** 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  $NN1A$  die Aufgabe erlernen könnte, die Funktion  $F_w$  auch ohne diese Spezialisierung mit demselben Leistungsniveau ausgeben könnte. Aber der Erfindung zufolge wurde festgestellt, dass sich die Lernphase des Neuronennetzes  $NN1A$  aufgrund der Tatsache beträchtlich verkürzt, dass jede Zelle einer vorbestimmten Aufgabe gewidmet ist.

**[0075]** Die Neigungen der Aktivierungsfunktion  $S_i$  der versteckten Zellen  $NC1$ ,  $NC2$  können z. B. 7.0 betragen, und die Neigungen der Aktivierungsfunktion  $S_i$  der folgenden versteckten Zellen  $NC2$ ,  $NC4$  können z. B. 2.0 betragen.

**[0076]** Für das Erlernen des ersten Neuronennetzes  $NN1A$  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.

**[0077]** An dem Beispiel werden 20 Batterien verwendet, die 140 Lade/Entlade-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 ausweist.

**[0078]** Jede Kurve wird einem unterschiedlichen  $NN1A$  Netz 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 verwendet, und die andere Hälfte der Punkte, d. h. 800 Punkte, wird zum Testen des besagten Neuronennetzes verwendet.

**[0079]** Am Ende dieses Trainings mit der Lernphase und den Tests werden die 13 Stellenwerte  $WjA$  jedes der 2800 Neuronennetze  $NN1A$  in einer Zone des Arbeitsspeichers RAM gespeichert.

**[0080]** In Bezug auf [Fig. 5B](#) wird der Arbeitsspeicher mit **170b** bezeichnet.



**[0081]** Von nun an bilden die Werte der Sätze von 13 Stellenwerten  $WjA$  im Speicher eine Datenbank zum Erlernen des zweiten Neuronennetzes NN2A.

**[0082]** Die Aufgabe des zweiten Neuronennetzes NN2A ist das Erlernen einer Relation zwischen von der Entladespannung der Batterie abhängigen Parametern. Somit erhält das zweite Neuronennetz NN2A:

$N_o$  die Anzahl an vorherigen Zyklen,

$V_o$  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 NN1B erforderlich sind.

**[0083]** Diese Relation wird mit der Funktion  $G$  der Relation (4a) ausgedrückt:

$$WjA = G(V_o, \Delta V_o, N_o) \quad (4a)$$

**[0084]** In Bezug auf [Fig. 2B](#) wird die Struktur des zweiten Neuronennetzes NN2A von seiner Aufgabe vorgegeben. Dieses Neuronennetz NN2A enthält:

Eine Eingangsschicht mit drei Eingangszellen NE1, NE2, NE3 für die Werte  $V_o$ ,  $\Delta V_o$  und  $N_o$ , plus eine Eingangszelle NE0 für einen Grenzwert bei  $-1$ ;

13 Ausgangszellen NS1 bis NS13 für respektive jeden der 13 zu berechnenden Stellenwerte  $WjB$ ;

eine einzige versteckte Schicht mit 8 versteckten neuronalen Zellen mit der Bezeichnung NC1 bis NC8, plus eine versteckte Zelle NC0 für einen Grenzwert bei  $-1$ .

**[0085]** Der Erfindung zufolge wurden die von den Initialwerten  $V_o$  und  $\Delta V_o$  gebildeten Eingänge spezifisch gewählt, denn es wurde ersichtlich, dass dies die empfindlichsten Werte hinsichtlich den Eigenschaften der Batterie waren.

**[0086]** Auch der dritte von der Initialzahl der Zyklen  $N_o$  gebildete Eingang wurde spezifisch gewählt, da er es aufgrund der Tatsache ermöglicht, einen Alterungseffekt der Batterie zu berücksichtigen, da je mehr Lade/Entlade-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 die durchschnittliche Entladezeit  $t_{TH}$  zeigt, um den kritischen Grenzwert  $V_{TH}$  vom Initialzeitpunkt  $t_o$  ausgehend und unter Berücksichtigung der Initialzahl an Zyklen  $N_o$  zu erreichen.

**[0087]** Die synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte mit der Bezeichnung  $WN2A$  dieses zweiten Neuronennetzes werden während seiner Lernphase festgelegt und in der Speicherzone im Festspeicher ROM **170a**, auf [Fig. 5B](#) dargestellt, abgelegt.

**[0088]** Auf das Neuronennetze NN2A 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.

**[0089]** Es ist zu beachten, dass im Gegensatz zur Ausgangszelle NS des ersten Neuronennetzes die Ausgangszellen mit der Bezeichnung NS1 bis NS13 des zweiten Neuronennetzes NN2A eine nicht lineare Aktivierungsfunktion haben, vorzugsweise tanh.

**[0090]** Wie das erste Neuronennetz NN1A hat dieses zweite Neuronennetz NN2A 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.

**[0091]** Somit wird das zweite Neuronennetz unter Verwendung von 1400 Vektoren zu 13 Stellenwerten geschult, die beim Lernvorgang des ersten Neuronennetzes mittels der 2800 aufgezeichneten Kurven hervorgebracht wurden, und die anderen 1400 generierten Vektoren werden für die Tests verwendet.

**[0092]** Das Testverfahren wird folgendermaßen durchgeführt: Für die 1400 Vektoren, die nicht zum Lernsatz gehören, werden die entsprechenden Initialwerte  $V_o$ ,  $\Delta V_o$  und  $N_o$  an den Eingängen des zweiten Neuronennetzes eingegeben. Dieses berechnet einen Ausgabewert von 13 Stellenwerten, wie ihm gelehrt wurde, dies zu tun.

**[0093]** In der Folge dieses Testverfahrens werden diese 13 Stellenwerte einem Neuronennetz NN1A zur sel-

ben Zeit vorgegeben, in der der vorbestimmte kritische Wert der Entladespannung  $V_{TH} = 6$  Volt seinem Eingang EC1 zugeführt wird. Dieses erste Neuronennetz NN1A berechnet dann den automatisch angepassten Voraussagewert der Entladezeit  $t_{TH}$ , welcher mit dem der Testkurve verglichen wird.

#### Betriebsmodi des Steuerungssystems für wiederaufladbare Batterie

**[0094]** Das Steuerungssystem **100** hat zwei Betriebsmodi mit der Bezeichnung Initialisierungsmodus und laufender Anwendungsmodus.

**[0095]** Der Initialisierungsmodus wird jedes Mal eingesetzt, wenn die Batterie **110** einen Lade- oder Entladevorgang beendet hat und dann beginnt, entladen zu werden. 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 den auf [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) dargestellten Rechenmitteln **160**. Dann werden die beiden Werte  $V_o$  und  $\Delta V_o$ , zeitgleich wie die Initialzahl  $N_o$  der bereits ausgeführten Zyklen, eine Zahl, die von den Rechenmitteln **160** durch Erhöhung berechnet wird, am Eingang des zweiten Neuronennetzes NN2A bereitgestellt, das dann den Vektor von 13 Stellenwerten  $W_jA$  berechnet, die auf das erste Neuronennetz NN1A anzuwenden sind.

**[0096]** Der laufende Anwendungsmodus wird während der Entladephase eingesetzt. In diesem laufenden Anwendungsmodus muss die Spannung  $V_t$  nicht gemessen werden. Der Eingang NC1 des ersten Neuronennetzes NN1A erhält die Spannung  $V_{TH} = 6$ . Der verbleibende Zeitraum  $\Delta t_{TH}$ , bevor die Batterie den vorbestimmten kritischen Zeitraum erreicht, wird dann 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  $t$  eine von den auf [Fig. 5A](#) gezeigten Messmitteln **150a** bereitgestellte Messung ist.

**[0097]** Diese Berechnung der Zeitdifferenz kann vom ersten Neuronennetz NN1A ausgeführt werden, oder sie kann von einer individuellen Rechenzone oder auch von den Rechenmitteln **160** ausgeführt werden, die vorzugsweise von einem auf den [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) gezeigten Mikroprozessor gebildet werden.

#### Beispiel II

**[0098]** Wie auf [Fig. 1B](#) dargestellt enthält das Steuerungssystem **100** in einer zweiten Ausführungsform ein erstes Neuronennetz mit der Bezeichnung NN1B und ein zweites Neuronennetz mit der Bezeichnung NN2B, in Serie mit dem ersten Neuronennetz NN1B geschaltet.

**[0099]** In der nachfolgenden Beschreibung wird zuerst eine erste Entladephase betrachtet, die in einem Zeitpunkt  $t_o$  in einem Lade/Entlade-Zyklus beginnt; und es wird ein vorbestimmter kritischer Grenzwert der Entladespannung  $V_{TH}$  festgelegt.

**[0100]** Das erste Neuronennetz NN1B hat jetzt zwei Eingänge respektive für:  
Den vorbestimmten kritischen Spannungsgrenzwert  $V_{TH}$ ,  
die Temperatur  $T_t$  der Batterie in diesem laufenden Zeitpunkt  $t$ ,  
und es hat 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.

**[0101]** In Bezug auf [Fig. 5A](#) ist das erste Neuronennetz NN1A mit Mitteln zur Messung der Zeit **150a** verknüpft, welche eine Messung jedes laufenden Zeitpunkts  $t$  ausgeben, und es ist mit Rechenmitteln **160** verknüpft, die durch die Differenz zwischen dem laufenden Zeitpunkt  $t$  und dem im Zeitpunkt  $t_{TH}$  berechneten Wert ausgeben:

Einen Wert  $\Delta t_{TH}$  des verbleibenden Zeitraums, bevor der vorbestimmte kritische Grenzwert der Entladespannung  $V_{TH}$  unter normalen Betriebsbedingungen erreicht wird.

**[0102]** Die synaptischen Koeffizienten oder Stellenwerte dieses ersten Neuronennetzes NN1A werden  $W_jB$  bezeichnet und im laufenden Zeitpunkt  $t$  dieser Entladephase, wie bei der Beschreibung der ersten Ausführungsform, vom zweiten Neuronennetz NN2B berechnet und ausgegeben.

**[0103]** Das zweite Neuronennetz NN2B hat 3 Eingänge für:  
 $V_o$  die im Initialzeitpunkt  $t_o$  der Entladephase gemessene Initialspannung,

$\Delta V_0$  die Initialvariation in einem kurzen Zeitraum  $\Delta t_0$ , z. B. 1 Minute,  
 $N_0$  die Initialzahl der Zyklen,  
 und hat jetzt 17 Ausgänge für 17 Stellenwerte  $W_{jB}$ , die an das erste Neuronennetz NN1B übertragen werden.

**[0104]** Jedes der Neuronennetze NN1B und NN2B 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

**[0105]** Die Aufgabe des ersten Neuronennetzes NN1B 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  $V_t$ , der Temperatur  $T_t$  und dem Zeitpunkt  $t$ , in dem die Batterie diese Entladespannung mit der Bezeichnung  $V_t$  bei dieser Temperatur  $T_t$  erreicht. Das erste Neuronennetz NN1B muss bei seinem Lernen Funktionen  $F_w$  konstruieren, welche die Relation (1b) lösen:

$$t = F_w(V_t, T_t) \quad (1b)$$

wobei das  $F$  zugeteilte Zeichen  $w$  die Tatsache symbolisiert, dass die Funktion  $F$  an die synaptischen Koeffizienten bzw. die Stellenwerte  $W_{jB}$  des ersten Neuronennetzes NN1B gebunden ist.

**[0106]** In Bezug auf [Fig. 3A](#) enthält das erste Neuronennetz NN1B des Steuerungssystems **100**:  
 Eine aus 3 neuronalen Zellen gebildete Eingangsschicht mit einer ersten neuronalen Zelle NE0 für die Eingabe eines bei  $-1$  festgelegten Grenzwertes, eine zweite neuronale Zelle NE1 für die Eingabe des momentanen Spannungswerts  $V_t$  im Zeitpunkt  $t$  und eine dritte neuronale Zelle NE2 für die Eingabe des Temperaturwerts  $T_t$  in diesem selben Zeitpunkt  $t$ ,  
 eine versteckte Schicht aus 5 neuronalen Zellen mit einer ersten versteckten neuronalen Zelle NC0 für die Eingabe eines bei  $-1$  festgelegten Grenzwertes und vier versteckte neuronale Zellen mit der Bezeichnung NC1 bis NC4, wie dies beim ersten Steuerungssystem **100** der Fall war,  
 und eine Ausgangsschicht mit einer einzigen neuronalen Zelle mit der Bezeichnung NS.

**[0107]** Die Lern- und Testphasen der beiden Neuronennetze NN1B und NN2B werden auf dieselbe Weise umgesetzt wie die Lern- und Testphasen der Neuronennetze NN1A und NN2A der ersten Ausführungsform des Steuerungssystems, mit dem Unterschied, dass die Entladekurven mit mehreren verschiedenen Temperaturen erlernt werden.

**[0108]** Die Stellenwerte dieses ersten Neuronennetzes werden  $W_{jB}$  bezeichnet und sind 17 Stück. Der Index „ $j$ “ steht für die Zahlen 1 bis 17.

**[0109]** Jedes gegebene versteckte Neuron  $NC_i$  erhält einerseits am Eingang die Spannung  $V_t$  mit einem der Stellenwerte  $W_{jB}$  und die Temperatur mit einem anderen Stellenwert  $W_{jB}$ , und es erhält andererseits einen Grenzwert mit dem konstanten Wert „ $-1$ “, einem anderen der Stellenwerte  $W_{jB}$  zugeteilt. Der Index „ $i$ “ ist der Index 1 bis 4 der betreffenden versteckten neuronalen Zelle NC1 bis NC4. Jedes versteckte Neuron  $NC_i$  bildet eine gewichtete Summe und rechnet eine Zwischenausgabe  $E_i(V_t)$  aus, wie in Bezug auf die erste Ausführungsform des Steuerungssystems **100** beschrieben.

**[0110]** Jedes versteckte Neuron NC1 bis NC4 transferiert diese gewichtete Summe über eine Aktivierungsfunktion mit der Bezeichnung  $S_i$ , und es berechnet eine Ausgabe mit der Bezeichnung  $S_i(V_t, T_t)$ , wie bereits beschrieben, unter Berücksichtigung der Temperatur.

**[0111]** Die Aktivierungsfunktion  $S_i$  ist auch in diesem zweiten Beispiel eine Sigmafunktion „tanh“ an Stelle der hyperbolischen Tangensfunktion, welche sehr gut an die Form der zu konstruierenden Entladekurven angepasst ist. In der versteckten Schicht zeigen die 4 neuronalen Zellen CN1 bis CN4 folglich eine nicht lineare Funktion „tanh“.

**[0112]** Die Struktur des einzigen Ausgangsneurons NS bildet eine gewichtete Summe der Ausgaben  $S_i(V_t, T_t)$  sämtlicher versteckten Neuronen  $NC_i$  unter Verwendung der synaptischen Koeffizienten  $W_{jB}$ , wobei dieser Summe ein Grenzwert „ $-1$ “ hinzugefügt wird, der aus der versteckten Zelle NC0 kommt, und dieser Grenzwert über einen der synaptischen Koeffizienten  $W_{jB}$  in das Ausgangsneuron NS eingegeben wird.

**[0113]** Das Ausgangsneuron NS transferiert diese gewichtete Summe über eine Aktivierungsfunktion mit der Bezeichnung  $L_s$ , und es berechnet eine Ausgabe mit der Bezeichnung  $F_w(V_t, T_t)$ . Die Aktivierungsfunktion  $L_s$  dieses Ausgangsneurons ist linear. Die Ausgabe des Ausgangsneurons NS ist demnach der Wert  $F_w$ , welchen man zu generieren sucht.

**[0114]** Die Bezeichnungen der Stellenwerte jedes versteckten Neurons  $NC_i$  sind auf [Fig. 3A](#) vermerkt, genau wie die Bezeichnungen der Eingangsstellenwerte des Ausgangsneurons NS. Sämtliche dieser Stellenwerte mit der Bezeichnung  $W_{1B}$  bis  $W_{17B}$  werden aus all den 17 Stellenwerten  $W_{jB}$  gebildet, die von dem zweiten Neuronennetz  $NN_{2B}$  übertragen werden.

**[0115]** Ein Beispiel von für diese Beschreibung interessanten Entladekurven ist auf [Fig. 4D](#) dargestellt. Diese Kurve zeigt die Zeit  $t$  unter Berücksichtigung der Batteriespannung  $V_t$  für verschiedene Werte  $T_1, T_2, T_3$  der als Parameter betrachteten Temperatur  $T$ . Diese Entladekurven haben jeweils eine Form, die einer Kurve  $\tanh$  ähnelt. Deshalb werden Funktionen vom Sigmatyp vorgezogen, um die Aktivierungsfunktionen in die Neuronen der versteckten Schicht zu implementieren.

**[0116]** Wie beim Beispiel I wird die Modellbildung des Mittelteils der Entladekurve von den beiden ersten neuronalen Zellen der versteckten Schicht  $NC_1, NC_2$  ausgeführt, deren Aktivierungsfunktionen jeweils eine starke Neigung haben, wogegen die Modellbildung der Endteile dieser Schichten von folgenden versteckten neuronalen Zellen  $NC_3, NC_4$  ausgeführt werden, die eine Aktivierungsfunktion mit geringerer Neigung zeigen.

**[0117]** In diesem Beispiel II in Bezug auf [Fig. 3B](#) besteht die Aufgabe des zweiten Neuronennetzes  $NN_{2B}$  im Erlernen einer Relation zwischen von der Entladespannung der Batterie abhängigen Parametern. Somit erhält das zweite Neuronennetz  $NN_{2B}$  die Anzahl an vorherigen Zyklen mit der Bezeichnung Initialzahl,  $V_o$  die erste aufgezeichnete Spannung einer bestimmten Entladekurve und  $\Delta V_o$  die den Ursprung dieser Entladekurve bildende Neigung, und es muss anhand dieser Messungen die 17 Stellenwerte  $W_{jB}$  berechnen können, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes  $NN_{1B}$  erforderlich sind. Diese Relation wird mit der Funktion  $G$  der Relation (4a) ausgedrückt:

$$W_{jB} = G(V_o, \Delta V_o, N_o) \quad (4b)$$

**[0118]** In Bezug auf [Fig. 3B](#) wird die Struktur des zweiten Neuronennetzes  $NN_{2B}$  von seiner Aufgabe vorgegeben. Dieses Neuronennetz  $NN_{2B}$  enthält:

Eine Eingangsschicht mit drei Eingangszellen  $NE_1, NE_2, NE_3$  für die Werte  $V_o, \Delta V_o$  und  $N_o$ , plus eine Eingangszelle  $NE_0$  für einen Grenzwert bei  $-1$ ;

17 Ausgangszellen für respektive jeden der 17 zu berechnenden Stellenwerte  $W_{jB}$ ;

eine einzige versteckte Schicht mit 8 versteckten neuronalen Zellen mit der Bezeichnung  $NC_1$  bis  $NC_8$ , plus eine versteckte Zelle  $NC_0$  für einen Grenzwert bei  $-1$ .

**[0119]** In diesem Beispiel II sind die Verflechtung der Neuronennetze und ihre Funktionsweisen der Initialisierung und der laufenden Anwendung unter Berücksichtigung der Eingabe  $T_t$  des ersten Neuronennetzes  $NN_{1B}$  dieselben wie in Beispiel I.

### Beispiel III

**[0120]** In einer Ausführungsform des Steuerungssystems des Entladezustands einer Batterie kann das erste Neuronennetz am Ausgang auf unabhängige Weise entweder eine Angabe des Zeitpunkts  $t_{TH}$  ausgeben, in dem der kritische Spannungsgrenzwert  $V_{TH}$  erreicht wird, oder eine Angabe des verbleibenden Zeitraums  $\Delta t_{TH}$ , oder die beiden Angaben ausgeben.

**[0121]** Denn die Angabe des Zeitpunkts  $t_{TH}$  wird in einem Modus mit der Bezeichnung laufende Anwendung obligatorisch berechnet, wenn der Eingang des ersten Neuronennetzes  $NN_{1A}$  oder  $NN_{1B}$  auf den Grenzwert  $V_{TH} = 6$  gebracht wird, um über die Differenz zwischen dem Zeitpunkt  $t$  und dem Zeitpunkt  $t_{TH}$  den Zeitraum  $\Delta t_{TH}$  berechnen zu können. Diese Differenz kann mit den Rechenmitteln mit der Bezeichnung **160** auf den [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) außerhalb des ersten Neuronennetzes berechnet werden. Diese Angabe des Zeitpunkts  $t_{TH}$  kann mit geeigneten Anzeigemitteln **140**, die die Uhrzeit angeben, auch dem Anwender der zugehörigen Vorrichtung zur Verfügung gestellt werden.

**[0122]** Außerdem wird die Batterie nach einer Entladephase einer Ladephase unterzogen, die beendet wird, wenn die Spannung der Batterie den Initialwert  $V_o$  erreicht, der z. B. 9 V beträgt. Bei diesem Beispiel können

die Anzeigemittel angeben, dass das Aufladen der Batterie beendet ist.

#### Beispiel IV

**[0123]** In Bezug auf [Fig. 5A](#), deren Legende in Tabelle I steht, wird 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 ROM **170a** zum Speichern der Strukturdaten der ersten und zweiten Neuronennetze NN1A, NN2A, NN1B, NN2B der festen Parameter und der Stellenwerte WN2A, WN2B des zweiten Neuronennetzes und eine Arbeitsspeicherzone RAM **170b** zum Aufzeichnen oder Ausgeben je nach Fall der variablen Messungen und der Vektoren der Stellenwerte WjA, WjB des ersten und Zweiten Neuronennetzes. Der Mikroprozessor **160** führt die erforderlichen Berechnungen für die Funktionsweise des Steuerungssystems aus.

**[0124]** 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  $V_{TH}$  erreicht, oder auch beide Anzeigen. Die Anzeigemittel **140** können außerdem die Uhrzeit anzeigen, d. h. die Anzeige des laufenden Zeitpunkts  $t$ ; diese Anzeigemittel können auch in einer Wiederaufladephase anzeigen, dass das Wiederaufladen der Batterie beendet ist, wenn die Batterie wieder ihre Initialspannung  $V_0$  erreicht hat.

**[0125]** 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**.

**[0126]** 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 $t_o$ , $t'_o$ , $t$
150b	Mittel zum Messen der Spannungen $V_o$ , $V'_o$ , $V_t$
150c	Mittel zum Messen der Temperaturen $T_t$
110	Wiederaufladbare Batterie
160	Mikroprozessor zum Ausführen der Berechnungen $\Delta t_{TH} = t - t_{TH}$ $\Delta V_o = V_o - V'_o$ , $N_o$
NN2A } NN1B	Erstes Neuronennetz
NN2A } NN2B	Zweites 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.

t      Minuten  
Vt    Volt

### Patentansprüche

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

Erste adaptive Rechenmittel (NN1A, NN1B), die ausgelegt sind, um in einem Initialzeitpunkt ( $t_0$ ) bei Beginn einer Entladephase eines Lade/Entlade-Zyklus der Batterie einen vorbestimmten Grenzwert einer kritischen Entladespannung ( $V_{TH}$ ) zu sammeln und um eine voraussagende Angabe über einen kritischen Zeitpunkt ( $t_{TH}$ ) zu berechnen und auszugeben, in dem die Batterie diesen vorbestimmten kritischen Grenzwert ( $V_{TH}$ ) der Entladespannung erreicht,

zweite adaptive Rechenmittel (NN2A, NN2B), die mit den ersten Rechenmitteln verknüpft und ausgelegt sind, um in einem Initialzeitpunkt ( $t_0$ ) eine Messung einer Initialspannung ( $V_0$ ), einer Initialvariation ( $\Delta V_0$ ) der Spannung in einem neuen Zeitpunkt  $t_0$  nach einem kurzen Zeitraum ( $\Delta t_0$ ) ausgehend von diesem Initialzeitpunkt ( $t_0$ ) und der Initialanzahl ( $N_0$ ) der mit dieser Batterie vor diesem Initialzeitpunkt ( $t_0$ ) bereits ausgeführten Lade/Entlade-Zyklen zu sammeln und um ab dem Zeitpunkt  $t_0 + \Delta t_0$  der betreffenden Phase, in dem die Initialmessungen zur Verfügung stehen,

Funktionsparameter zu berechnen und auszugeben, die automatisch an die Werte der Initialmessungen angepasst werden, um sie den ersten Rechenmitteln vorzugeben.

2. Steuerungssystem nach Anspruch 1, in dem die ersten adaptiven Rechenmittel (NN1A, NN1B) außerdem ausgelegt sind, um in einem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) in der betreffenden Entladephase des laufenden Lade/Entlade-Zyklus der Batterie eine Messung der Temperatur ( $T_t$ ) zu sammeln und um in diesem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) eine voraussagende Angabe eines kritischen Zeitpunkts ( $t_{TH}$ ) zu berechnen und auszugeben, in dem die Batterie den vorbestimmten Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) erreicht.

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

Die ersten adaptiven Rechenmittel außerdem ausgelegt sind, um in jedem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) eine voraussagende Angabe des Zeitraums ( $\Delta t_{TH}$ ) zu berechnen und auszugeben, der ab 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, oder um eine voraussagende Angabe dieses kritischen Zeitpunkts ( $t_{TH}$ ) auszugeben.

4. Steuerungssystem nach Anspruch 1, in dem die Rechenmittel gebildet werden aus:

Einem ersten Neuronennetz (NN1A), das angeordnet ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) ausgehend von



dem vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) eine voraussagende Angabe des kritischen Zeitpunkts ( $T_{TH}$ ) zu berechnen und auszugeben, in dem die Batterie den vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) erreicht, einem zweiten Neuronennetz (NN2A), mit dem ersten Neuronennetz in Serie geschaltet und angeordnet, um ausgehend von der Messung der initialen Spannungswerte ( $V_0$ ), der Initialvariation der Spannung ( $\Delta V_0$ ) und der Initialanzahl an Zyklen ( $N_0$ ) bei jedem Beginn der Entladephase jedes Entladezyklus ab dem Zeitpunkt ( $t_0 + \Delta t_0$ ) der betreffenden Phase, in dem die Initialmessungen zur Verfügung stehen, synaptische Stellenwerte ( $W_{jB}$ ) zu berechnen und auszugeben, die automatisch angepasst werden, um sie dem ersten Neuronennetz vorzugeben.

5. Steuerungssystem nach Anspruch 2, in dem die Rechenmittel gebildet werden aus:

Einem ersten Neuronennetz (NN1B), das angeordnet ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) ausgehend von dem vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) und ausgehend von der Temperaturmessung ( $T_t$ ) eine voraussagende Angabe des kritischen Zeitpunkts ( $T_{TH}$ ) zu berechnen und auszugeben, in dem die Batterie den vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) erreicht, einem zweiten Neuronennetz (NN2B), mit dem ersten Neuronennetz in Serie geschaltet und angeordnet, um ausgehend von der Messung der initialen Spannungswerte ( $V_0$ ), der Initialvariation der Spannung ( $\Delta V_0$ ) und der Initialanzahl an Zyklen ( $N_0$ ) bei jedem Beginn der Entladephase jedes Entladezyklus ab dem Zeitpunkt  $t_0 + \Delta t_0$  der betreffenden Phase, in dem die Initialmessungen zur Verfügung stehen, synaptische Stellenwerte ( $W_{jB}$ ) zu berechnen und auszugeben, die automatisch angepasst werden, um sie dem ersten Neuronennetz vorzugeben.

6. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 4 oder 5, in dem:

Das erste Neuronennetz (NN1A, NN1B) angeordnet ist, um in jedem laufenden Zeitpunkt ( $t$ ) ausgehend von dem vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) und eventuell ausgehend von der Temperaturmessung ( $T_t$ ) eine voraussagende Angabe des Zeitraums ( $\Delta t_{TH}$ ) zu berechnen und auszugeben, der bis zu dem kritischen Zeitpunkt ( $t_{TH}$ ) verbleibt, in dem die Batterie diesen vorbestimmten kritischen Grenzwert der Entladespannung ( $V_{TH}$ ) erreicht.

7. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6, in dem das erste Neuronennetz drei Schichten hat, worunter eine Schicht von zwei oder drei Eingangsschwellen für einen respektiven Grenzwert, einen Spannungswert und eventuell einen Temperaturwert, eine Schicht versteckter Zellen und einer Ausgangszelle, 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.

8. Steuerungssystem nach Anspruch 7, in dem das zweite Neuronennetz drei Schichten mit neuronalen Zellen, worunter eine Eingangsschicht mit vier Eingangszellen für respektive einen Grenzwert, und jeder der Initialwerte eine Schicht versteckter Zellen und eine Schicht Ausgangszellen hat, wobei die Zellen der versteckten Schicht eine Sigma-Aktivierungsfunktion mit unterschiedlicher Neigung von einer zur anderen Zelle haben und die Zellen der Ausgangsschicht in der Anzahl den synaptischen Koeffizienten entsprechen, die für die Funktionsweise des ersten Neuronennetzes erforderlich sind und eine Sigma-Aktivierungsfunktion haben.

9. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8 wobei dieses System (**100**) an eine wiederaufladbare Batterie (**110**), an Mittel zum Messen der Zeit (**150a**), zum Messen der Spannung (**150b**), eventuell an Mittel zum Messen der Temperatur 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 ( $V_{TH}$ ) 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 ( $V_{TH}$ ) erreicht, oder auch beide Anzeigen und eventuell eine Anzeige des Endes der Wiederaufladephase der Batterie.

10. Steuerungssystem nach Anspruch 9 mit:

Einem Mikroprozessor (**160**) zum Ausführen von Berechnungen, und Speicherzonen (**170a**, **170b**) zum Abspeichern von Daten, 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 einschließen, und eine Arbeitsspeicherzone (**170b**) zum Aufzeichnen oder Ausgeben der variablen Messungen und der synaptischen Koeffizienten des ersten Neuronennetzes beinhalten.

11. Zugehörige Vorrichtung (**130**) mit einem Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wo-



bei diese zugehörige Vorrichtung von einer wiederaufladbaren Batterie versorgt wird, mit der das besagte Steuerungssystem verknüpft ist.

12. Lernverfahren für Neuronennetze des Steuerungssystems nach einem der Ansprüche 7 oder 8 mit in einer Lernphase:

- Das Erlernen vom ersten Neuronennetz von Kurven der Entladezeit ( $t$ ) unter Berücksichtigung der Entladespannung ( $V_t$ ) und eventuell der Temperatur ( $T_t$ ) als Parameter, während Entladespannungen ( $V_t$ ) am Eingang des ersten Neuronennetzes vorgegeben werden, normalerweise für den Spannungswert bestimmt, und der entsprechenden Zeiten am Ausgang, um eine Datenbank zu bilden, die aus Vektoren der synaptischen Koeffizienten ( $W_{jA}$ ,  $W_{jB}$ ) dieses ersten Neuronennetzes gebildet werden,
- das Erlernen vom zweiten Neuronennetz von Relationen zwischen den Initialwerten ( $V_o$ ,  $\Delta V_o$ ,  $N_o$ ) und den synaptischen Koeffizienten ( $W_{jA}$ ,  $W_{jB}$ ), beim Erlernen des ersten Neuronennetzes berechnet, um seine eigenen synaptischen Koeffizienten zu bestimmen und festzulegen.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

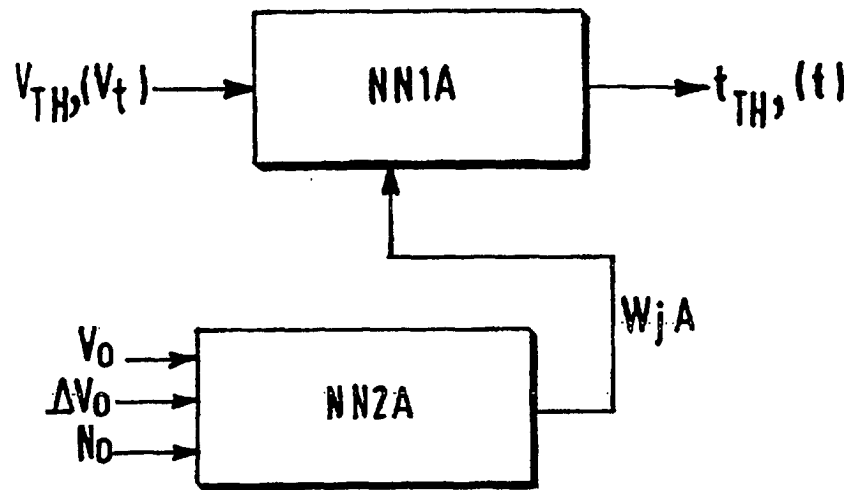


FIG. 1A

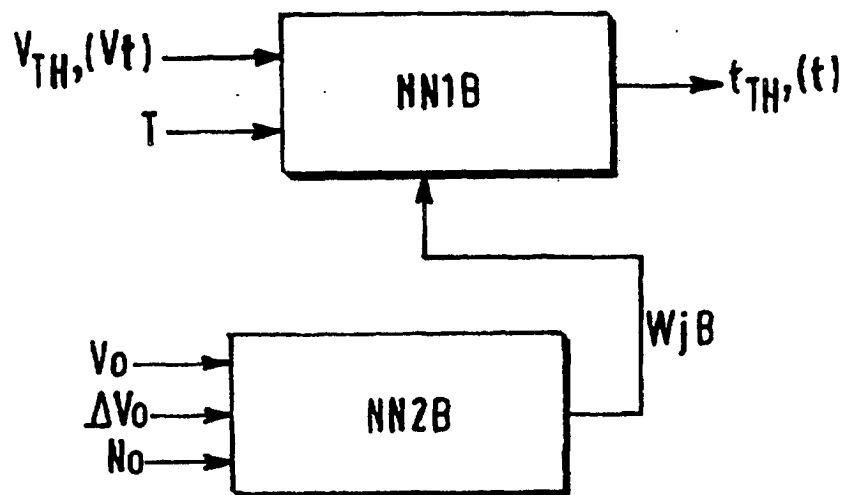


FIG. 1B

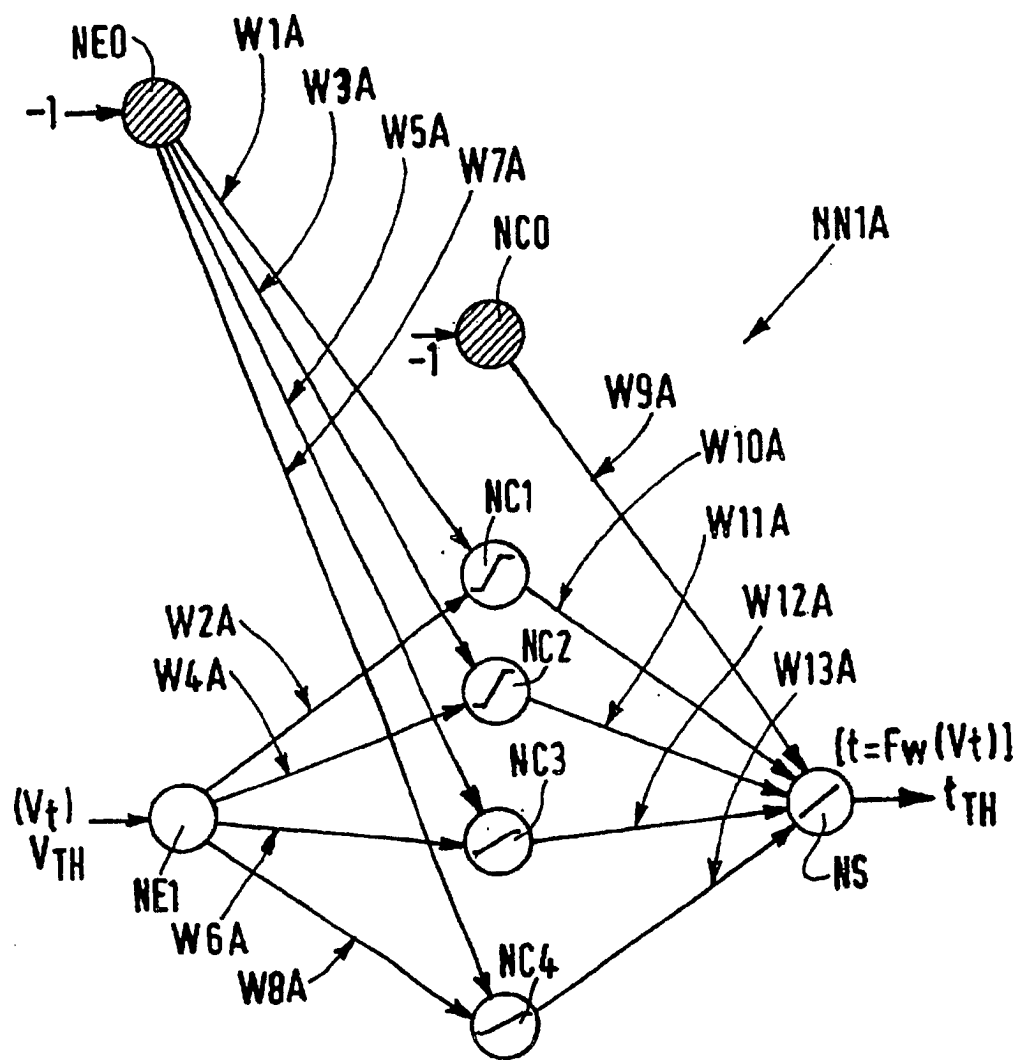
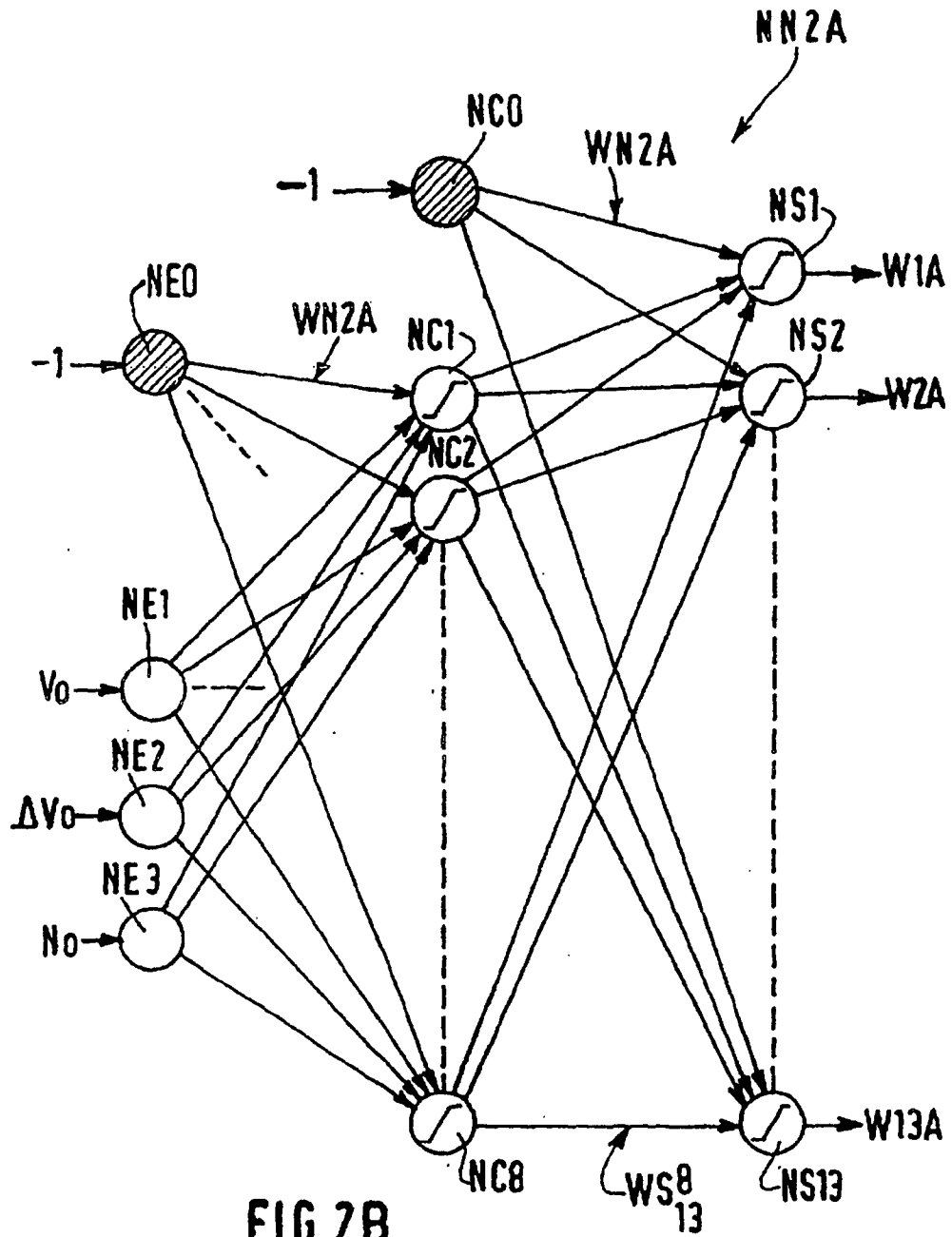
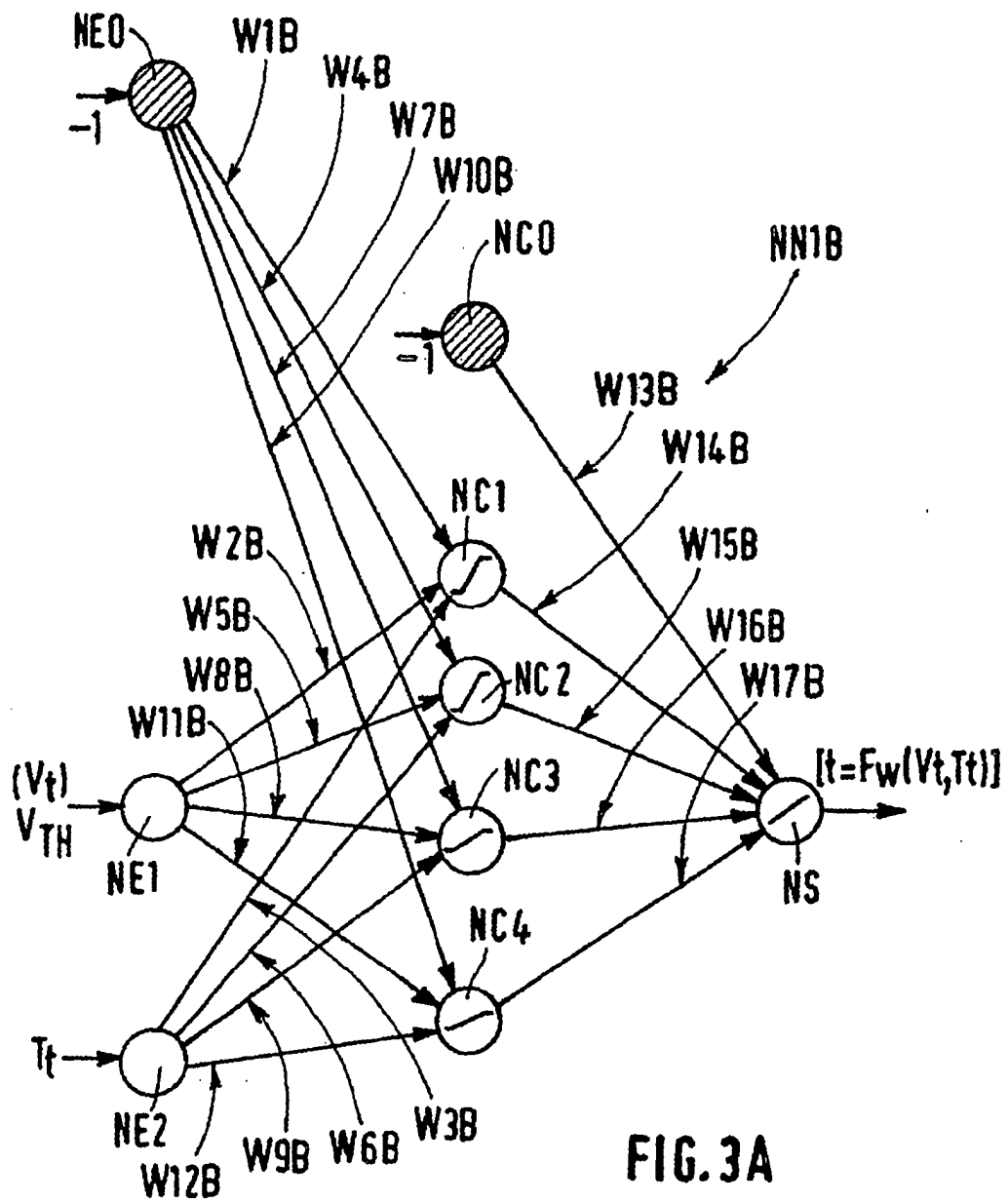
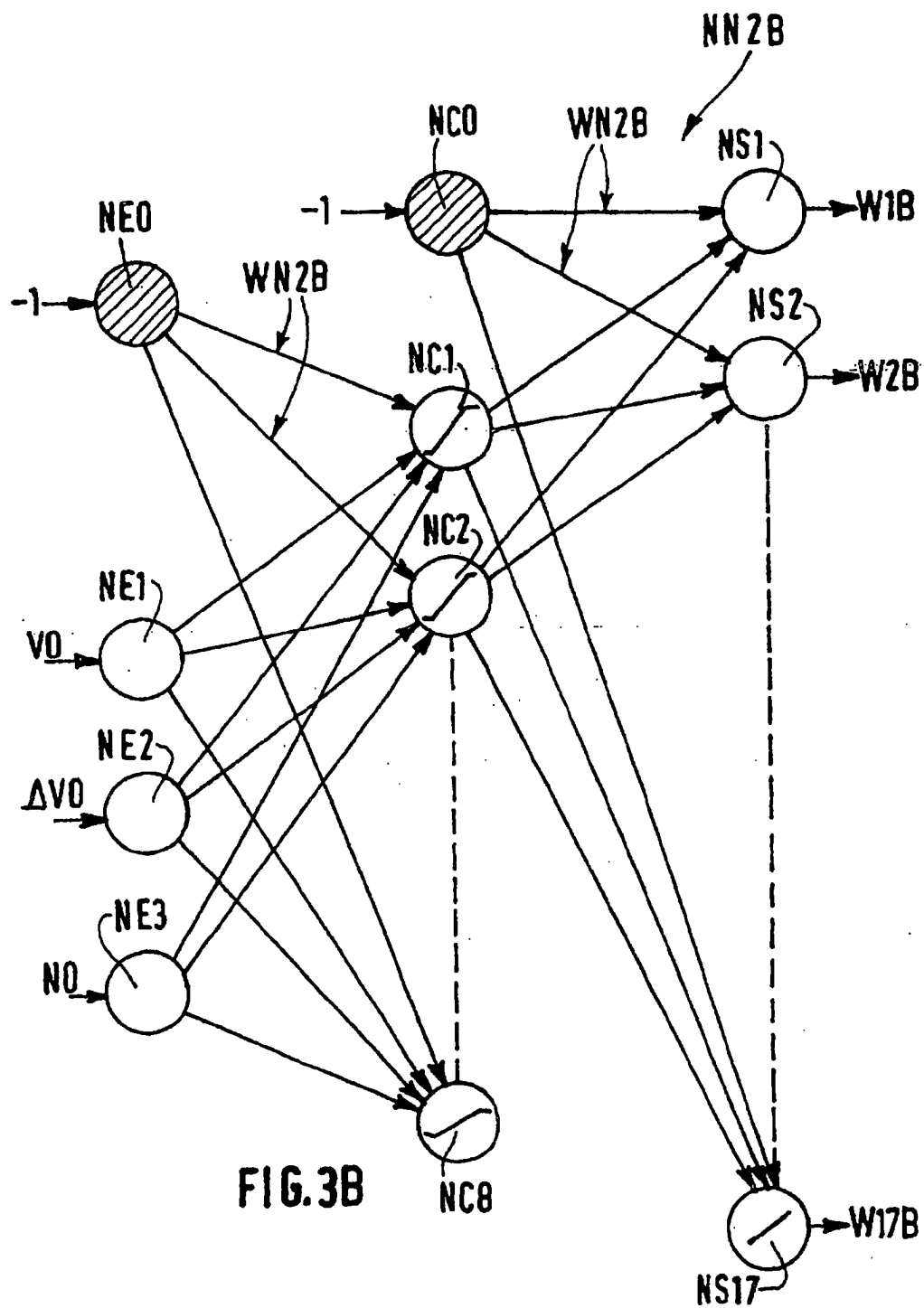
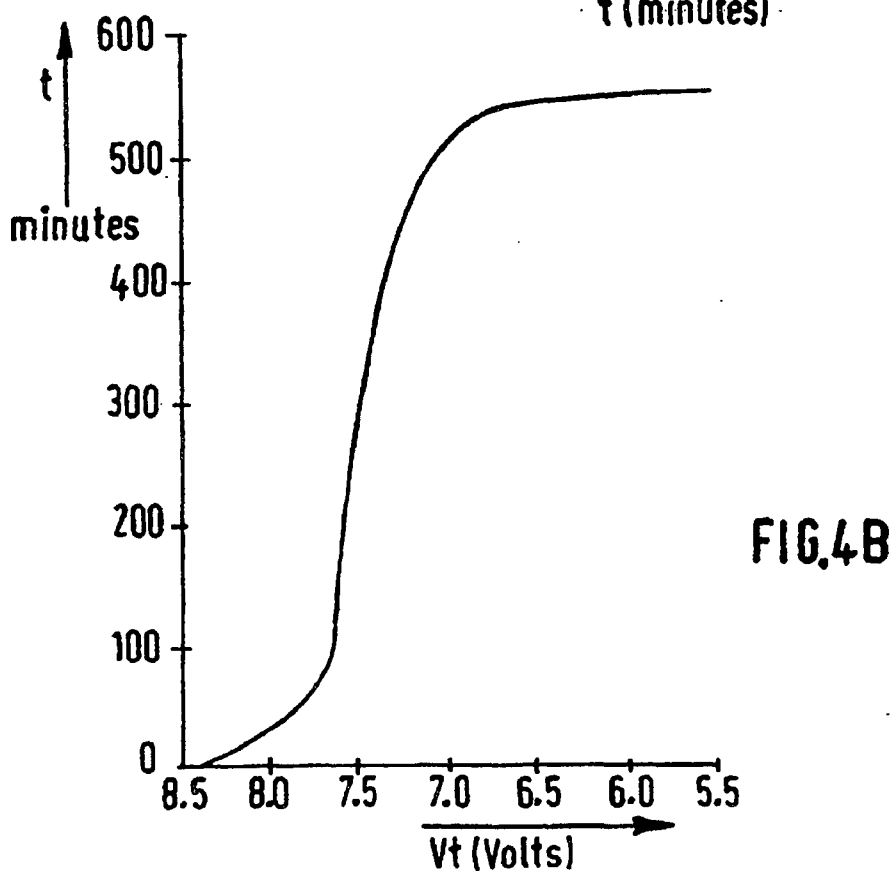
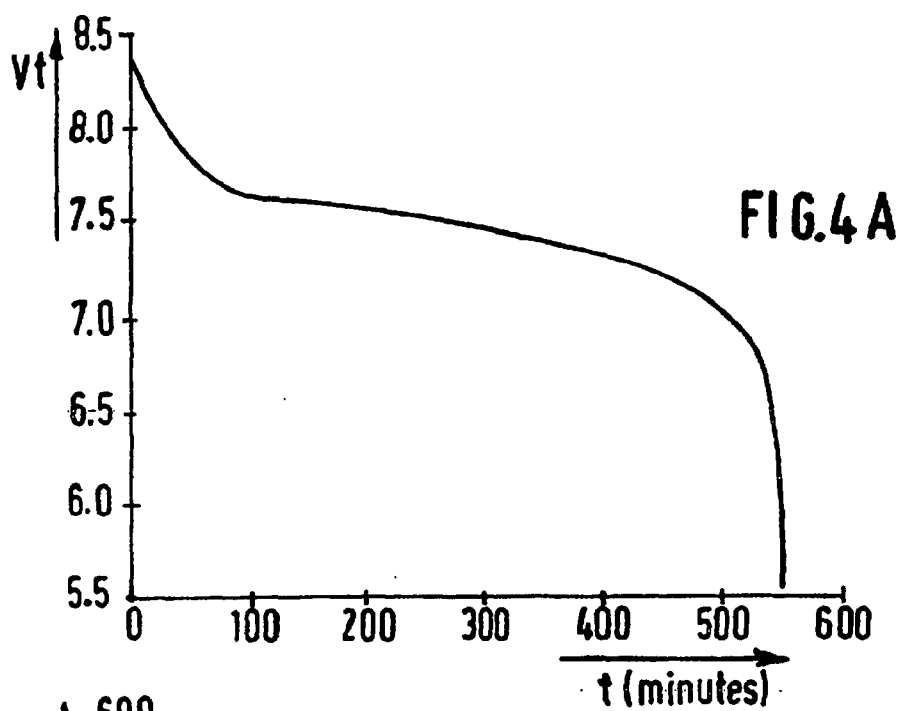


FIG.2A

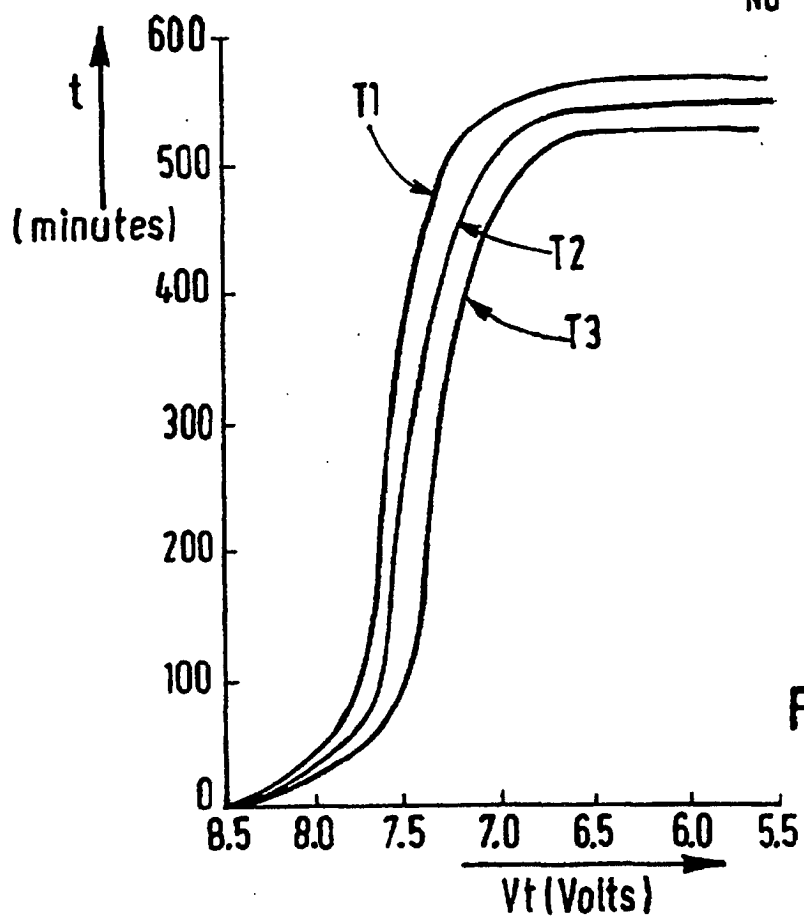
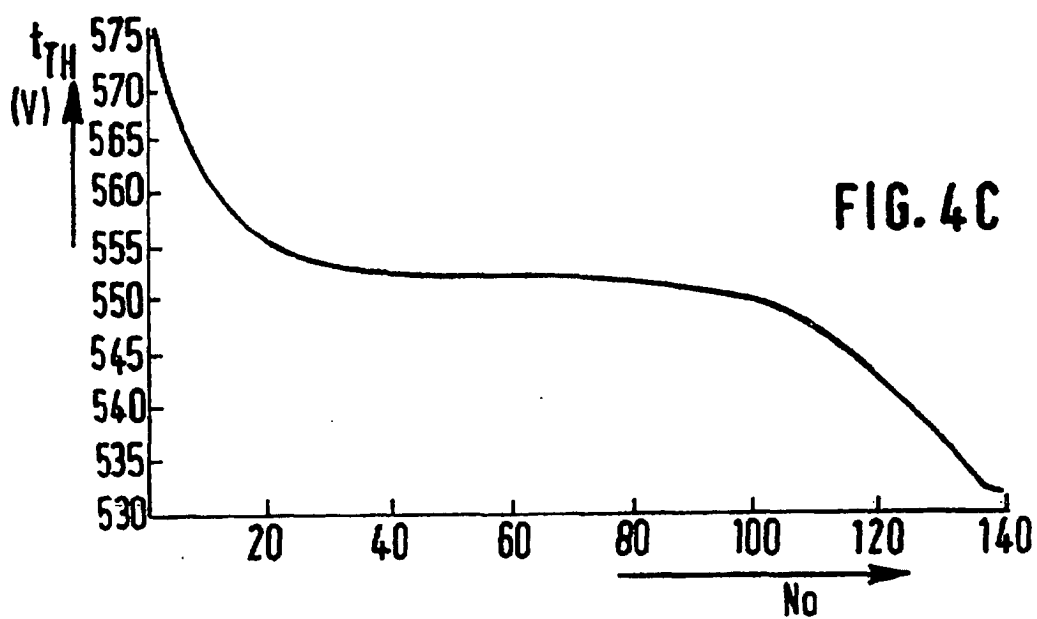


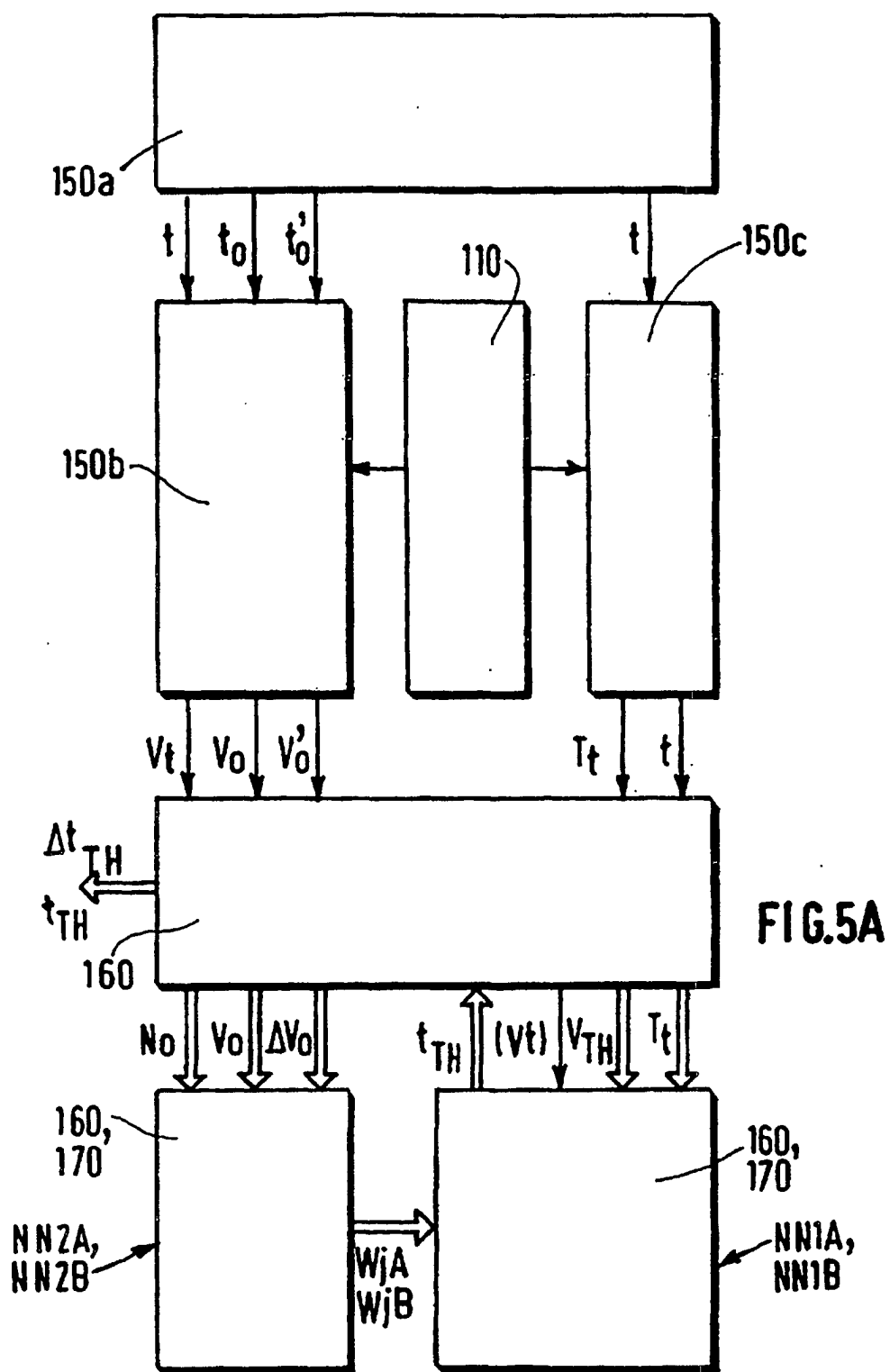












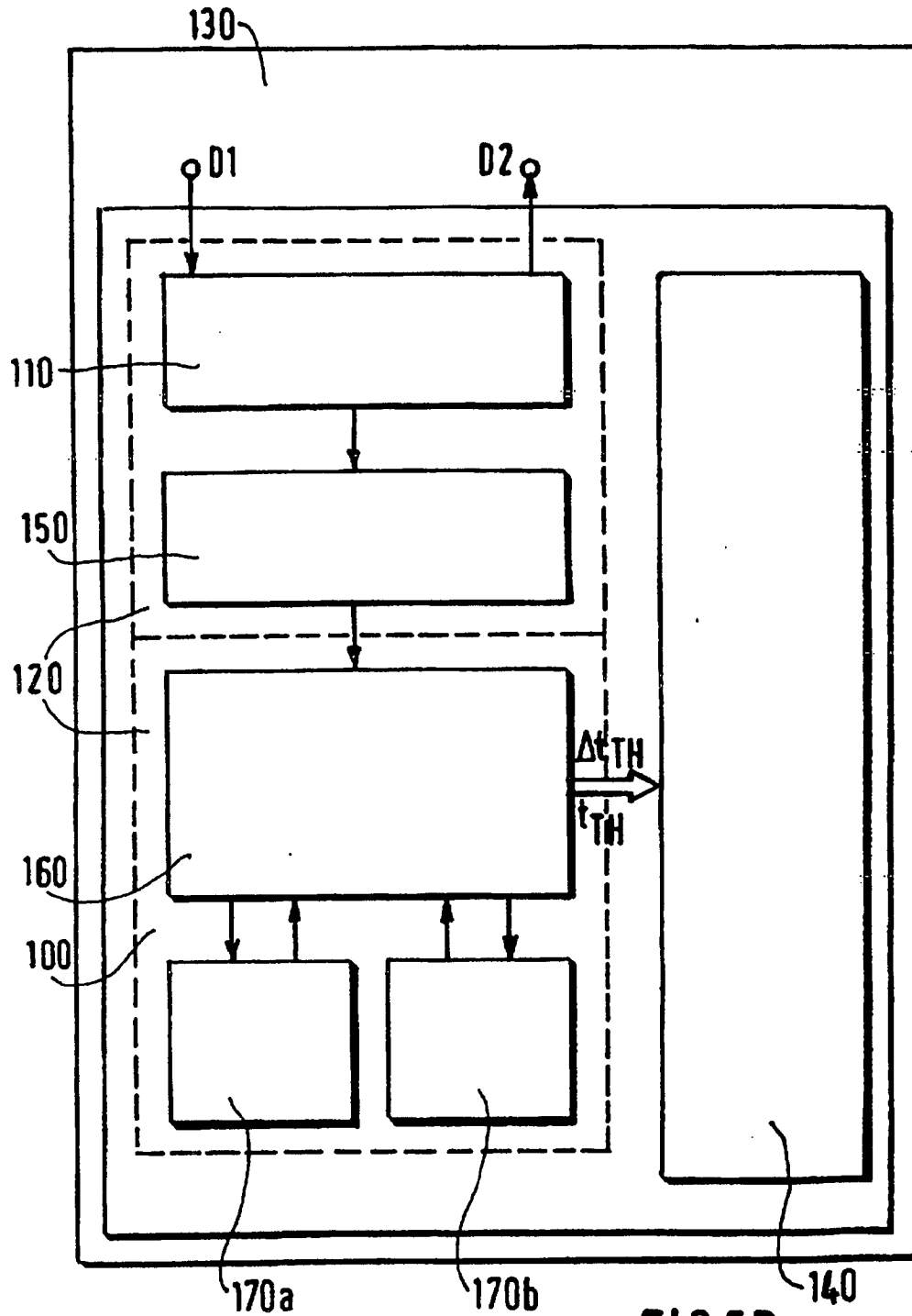


FIG. 5B

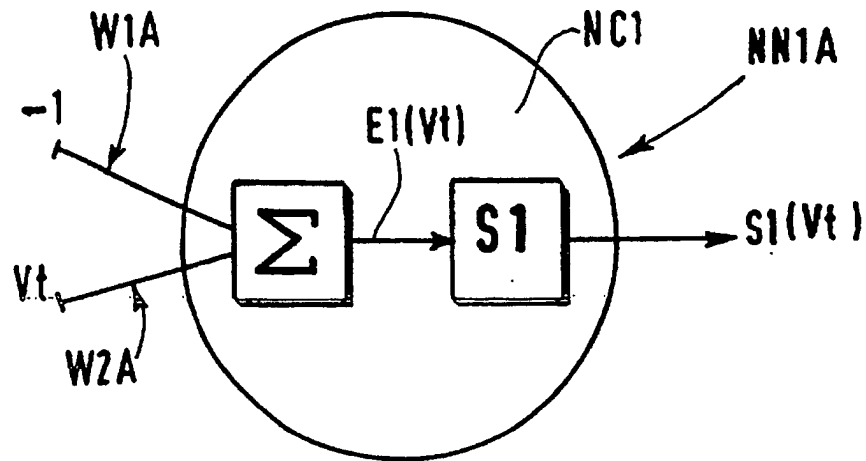


FIG. 6A

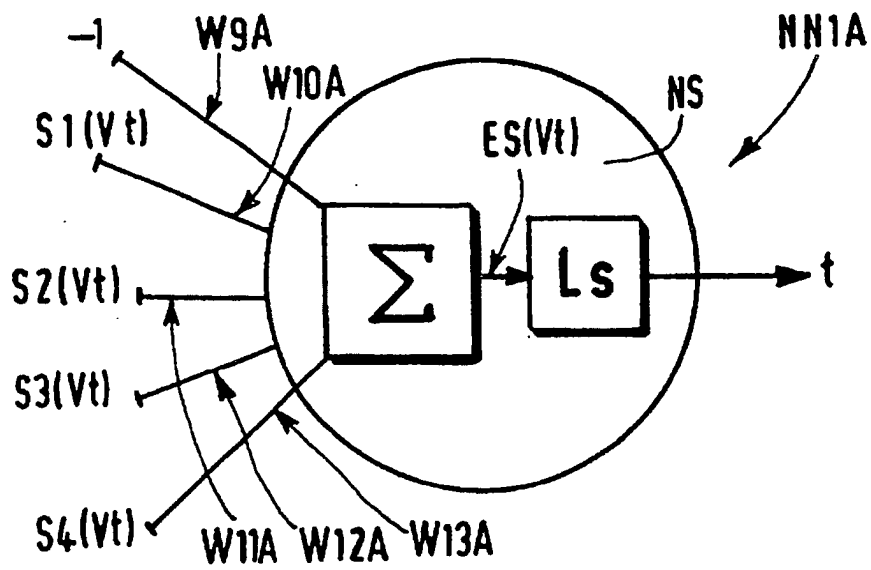


FIG. 6B