**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| (51) Internationale Patentklassifikation 7 : | | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 00/68700** |
|---|---|---|
| G01R 31/36 | A2 | (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. November 2000 (16.11.00) |

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/04273

(22) Internationales Anmeldedatum: 11. Mai 2000 (11.05.00)

(30) Prioritätsdaten:
199 21 675.4 11. Mai 1999 (11.05.99) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US)*: DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse 225, D–70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: BULLING, Markus [DE/DE]; Georg–Schinbain–Strasse 42, D–88400 Biberach (DE). HORNUNG, Hans–Georg [DE/DE]; Alte Gasse 3, D–86875 Waal (DE). WALTER, Markus [DE/DE]; Badstrasse 25, D–72555 Metzingen (DE).

(74) Anwälte: WEISS, Klaus usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, FTP – C 106, D–70546 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

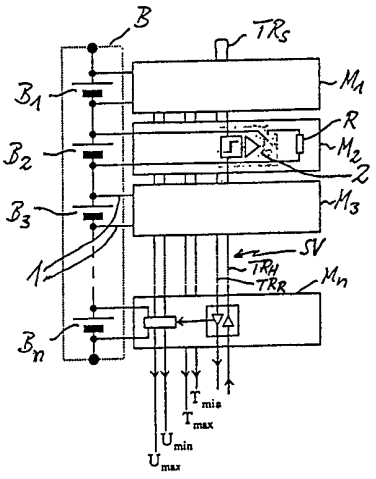
Veröffentlicht
*Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.*

(54) Title: ELECTRONIC MONITORING DEVICE FOR A MULTIPART ELECTRICAL ENERGY STORAGE UNIT

(54) Bezeichnung: ELEKTRONISCHE ÜBERWACHUNGSEINRICHTUNG FÜR MEHRTEILIGEN ELEKTRISCHEN ENERGIESPEICHER

(57) Abstract

The invention relates to an electronic monitoring device an electrical storage unit consisting of several storage cells which are placed behind each other. The monitoring device contains a corresponding number of measuring modules which are respectively allocated to one of the storage units and which measure at least one measured variable indicating the storage state of the allocated unit. According to the invention, the measuring modules are serially connected to each other and evaluate their own measuring data with measuring data transmitted by the previous measuring module according to a predefined evaluation criterion or the measuring modules are coupled parallel to a common signal connection and transmit the measuring values thereof in a parallel manner in a form which is suitable for the formation of extremal values on the common measuring signal line. The invention can be used to monitor a traction battery in an electric or hybrid vehicle or a fuel cell pile in a fuel cell vehicle.




(57) Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektronische Überwachungseinrichtung für einem aus mehreren hintereinandergeschalteten Speicherzellen bestehenden elektrischen Energiespeicher, wobei die Überwachungseinrichtung eine entsprechende Anzahl von Messmodulen beinhaltet, die jeweils einer der Speichereinheiten zugeordnet sind und wenigstens eine speicherzustandsindikative Messgröße an der zugeordneten Speichereinheit messen. Erfindungsgemäß sind die Messmodule untereinander seriell verbunden und bewerten die eigene Messinformation mit einer vom vorhergehenden Messmodul übertragenen Messinformation anhand eines vorgegebenen Bewertungskriteriums, oder die Messmodule sind parallel an eine gemeinsame Signalverbindung angekoppelt und übertragen ihre Messwerte parallel in einer zur Extremalwertbildung auf der gemeinsamen Messsignalleitung geeigneten Form. Verwendung z.B. zur Überwachung einer Traktionsbatterie eines Elektro– oder Hybridfahrzeuges oder eines Brennstoffzellenstapels in einem Brennstroffzellenfahrzeug.

*LEDIGLICH ZUR INFORMATION*

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **AL** | Albanien | **ES** | Spanien | **LS** | Lesotho | **SI** | Slowenien |
| **AM** | Armenien | **FI** | Finnland | **LT** | Litauen | **SK** | Slowakei |
| **AT** | Österreich | **FR** | Frankreich | **LU** | Luxemburg | **SN** | Senegal |
| **AU** | Australien | **GA** | Gabun | **LV** | Lettland | **SZ** | Swasiland |
| **AZ** | Aserbaidschan | **GB** | Vereinigtes Königreich | **MC** | Monaco | **TD** | Tschad |
| **BA** | Bosnien-Herzegowina | **GE** | Georgien | **MD** | Republik Moldau | **TG** | Togo |
| **BB** | Barbados | **GH** | Ghana | **MG** | Madagaskar | **TJ** | Tadschikistan |
| **BE** | Belgien | **GN** | Guinea | **MK** | Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien | **TM** | Turkmenistan |
| **BF** | Burkina Faso | **GR** | Griechenland | | | **TR** | Türkei |
| **BG** | Bulgarien | **HU** | Ungarn | **ML** | Mali | **TT** | Trinidad und Tobago |
| **BJ** | Benin | **IE** | Irland | **MN** | Mongolei | **UA** | Ukraine |
| **BR** | Brasilien | **IL** | Israel | **MR** | Mauretanien | **UG** | Uganda |
| **BY** | Belarus | **IS** | Island | **MW** | Malawi | **US** | Vereinigte Staaten von Amerika |
| **CA** | Kanada | **IT** | Italien | **MX** | Mexiko | | |
| **CF** | Zentralafrikanische Republik | **JP** | Japan | **NE** | Niger | **UZ** | Usbekistan |
| **CG** | Kongo | **KE** | Kenia | **NL** | Niederlande | **VN** | Vietnam |
| **CH** | Schweiz | **KG** | Kirgisistan | **NO** | Norwegen | **YU** | Jugoslawien |
| **CI** | Côte d'Ivoire | **KP** | Demokratische Volksrepublik Korea | **NZ** | Neuseeland | **ZW** | Zimbabwe |
| **CM** | Kamerun | | | **PL** | Polen | | |
| **CN** | China | **KR** | Republik Korea | **PT** | Portugal | | |
| **CU** | Kuba | **KZ** | Kasachstan | **RO** | Rumänien | | |
| **CZ** | Tschechische Republik | **LC** | St. Lucia | **RU** | Russische Föderation | | |
| **DE** | Deutschland | **LI** | Liechtenstein | **SD** | Sudan | | |
| **DK** | Dänemark | **LK** | Sri Lanka | **SE** | Schweden | | |
| **EE** | Estland | **LR** | Liberia | **SG** | Singapur | | |

# Elektronische Überwachungseinrichtung für mehrteiligen elektrischen Energiespeicher

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektronische Überwachungseinrichtung für einen aus mehreren hintereinander geschalteten Speichereinheiten bestehenden elektrischen Energiespeicher, insbesondere für eine Mehrzellen- oder Mehrblock-Batterie, wobei die Überwachungseinrichtung eine entsprechende Anzahl von Messmodulen beinhaltet, die jeweils einer der Speichereinheiten zugeordnet sind und wenigstens eine speicherzustandsindikative Messgröße an der zugeordneten Speichereinheit messen. Der Einfachkeit halber sollen vorliegend unter dem Begriff "elektrischer Energiespeicher" neben bloßen Speichern, wie Batterien, auch Energieerzeuger verstanden werden, die aus nicht-elektrischer, gespeicherter Energie, z.B. mechanischer oder chemischer Energie, elektrische Energie erzeugen, z.B. Brennstoffzellensysteme.

Derartige Überwachungseinrichtungen dienen zur Überwachung des Zustands der einzelnen Blöcke oder Zellen des elektrischen Energiespeichers, wie einer Traktionsbatterie eines Kraftfahrzeugs mit Elektro- oder Hybridantrieb oder eines Brennstoffzellenstapels z.B. in einem Brennstoffzellenfahrzeug. Typische überwachte, für den Speicherzustand indikative Messgrößen sind insbesondere die von der jeweiligen Speichereinheit bereitgestellte elektrische Spannung sowie die Temperatur und der Druck in der Speichereinheit. Die Überwachung dient unter anderem der Feststellung unterschiedlicher Ladezustände der Speichereinheiten aufgrund ungleichmäßiger Selbstentladung und Alterung der seriell geschalteten Speichereinheiten, so dass gegebenenfalls ge-

BESTÄTIGUNGSKOPIE

eignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden können, z.B. ein Ladungstransfer zwischen Speichereinheiten, um deren Ladezustand auf annähernd gleichem Niveau zu halten und so zu vermeiden, dass die Gesamtkapazität des elektrischen Energiespeichers von der "schlechtesten" Speichereinheit bestimmt wird.

Eine Überwachungseinrichtung der eingangs genannten Art ist in der Patentschrift DE 195 03 917 C2 beschrieben. Bei der dortigen Einrichtung sind die einzelnen Messmodule an einen als Ring ausgelegten, seriellen Datenbus angeschlossen, an den auch eine zentrale Datenverarbeitungseinheit angekoppelt ist. Die Messdateninformationen werden von Messmodul zu Messmodul in Form von Messdatenpaketen über den Ring geleitet, wobei jedes Messmodul von jedem Messdatenpaket die von ihm benötigten Informationen entnimmt und dem Messdatenpaket seine eigenen Messdaten, z.B. über Spannung und Temperatur der zugehörigen Speichereinheit, hinzufügt. Die zentrale Datenverarbeitungseinheit kann die Messdaten zur Bestimmung des Zustands der einzelnen Speichereinheiten und damit des gesamten elektrischen Energiespeichers auswerten.

Bei einem weiteren Typ gattungsgemäßer Batterieüberwachungseinrichtungen sind die den einzelnen Speichereinheiten zugeordneten Messmodule parallel an eine gemeinsame Signalverbindung angekoppelt. Bei einer in der Offenlegungsschrift EP 0 277 321 A1 beschriebenen derartigen Einrichtung übertragen die Messmodule nacheinander nach Aufruf ihre Messdaten zu einer zentralen Auswerteeinheit.

Der Erfindung liegt als technisches Problem die Bereitstellung einer elektronischen Überwachungseinrichtung der eingangs genannten Art zugrunde, die vergleichsweise wenig Verkabelungs- und Steuerungsaufwand erfordert und zuverlässige Aussagen über den Zustand des Energiespeichers anhand der Erfassung einer oder mehrerer entsprechender Messgrößen ermöglicht.

Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung einer elektronischen Überwachungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 oder 2. Die erfindungsgemäße Überwachungseinrichtung erfordert relativ wenig Verkabelungsaufwand und erlaubt mindestens die Bestimmung von im allgemeinen besonders interessierenden, für den Zustand des elektrischen Energiespeichers indikativen Extremalwerten des oder der verwendeten Messgrößen.

Die Überwachungseinrichtung nach Anspruch 1 zeichnet sich speziell dadurch aus, dass die Messgrößeninformation sukzessive von einem zum nächsten Messmodul weitergegeben und vom jeweils nächsten Messmodul dadurch neu bestimmt wird, dass dessen an der zugehörigen Speichereinheit gewonnener Messgrößenwert mit der empfangenen Messgrößeninformation anhand eines oder mehrerer vorgebbarer Bewertungskriterien bewertet wird. Im Fall eines Extremalwert-Bewertungskriteriums besteht diese Bewertung in der Überprüfung, ob der eigene Messgrößenwert größer oder kleiner als der in der empfangenen Messgrößeninformation enthaltene, bisherige Extremalwert ist, um dann den dergestalt neu bestimmten Extremalwert als eigene Messgrößeninformation an das nächste Messmodul weiterzugeben. Die Messmodule brauchen nicht auf Spannungsfestigkeit ausgelegt sein.

Die Überwachungseinrichtung nach Anspruch 2 zeichnet sich speziell dadurch aus, dass die Messmodule parallel an eine gemeinsame Signalverbindung angekoppelt sind und ihre Meßgrößeninformationen dergestalt konditionieren und parallel auf die Signalleitung geben, dass die dadurch auf dieser gebildete Gesamt-Messgrößeninformation eine auswertbare, zugehörige Extremalwert-Messgrößeninformation enthält. Diese Einrichtung erfordert keine separaten Signalverbindungen zwischen je zwei Messmodulen und keine separaten Bewertungsvorgänge in den Messmodulen. Vielmehr erfolgt die Bewertung automatisch durch die Überlagerung der Messgrößeninformationen der verschiedenen Messmodule auf der gemeinsamen Signalleitung. Die Messmodule können ohne Lauf-

zeitfehler gleichzeitig getriggert werden. In weiterer Ausgestaltung dieser Variante sind die Messmodule gemäß Anspruch 3 über eine Kapazität oder Induktivität und damit galvanisch entkoppelt an die gemeinsame Signalleitung angeschlossen.

In einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 4 sind die Messmodule durch Betriebsmodus-Steuersignale zwischen einem aktivierten und einem deaktivierten Zustand umschaltbar, wobei ihr Stromverbrauch im deaktivierten Zustand minimiert ist. Die Steuersignale können je nach Systemvariante den Messmodulen auf einer gemeinsamen Signalleitung parallel zugeführt oder sequentiell von einem zum nächsten Messmodul weitergereicht werden. Mit Hilfe dieser Betriebsmodus-Steuersignale können die momentan jeweils nicht benötigten Messmodule energiesparend im deaktivierten Zustand gehalten werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 5 sind die Messmodule durch Bewertungsmodus-Steuersignale zwischen verschiedenen Bewertungsmodi umschaltbar, z.B. zwischen einer Bewertung hinsichtlich Maximum oder Minimum einer jeweiligen Messgröße oder zwischen Bewertungen unterschiedlicher Messgrößen. Dadurch können diese verschiedenen Messgrößeninformationen zu unterschiedlichen Zeiten auf derselben Signalleitung bereitgestellt werden.

In einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 6 können die Messmodule selektiv in aktive und passive Messmodule unterteilt werden, wobei unter aktiven Messmodulen solche mit voll aktiviertem Funktionsumfang und unter passiven Messmodulen solche zu verstehen sind, die so weit in Bereitschaft gehalten sind, dass sie empfangene Signale weiterleiten können, z.B. die von einem benachbarten Messmodul übertragene Messgrößeninformation, jedoch keine Änderung solcher bloß weitergeleiteter Signale aufgrund eigener Messwerte vornehmen. Damit lassen sich bei der Systemvariante mit sequentieller Weiterleitung und Bewertung der

Messgrößeninformation beliebige Messmodule auswählen, die an der Gewinnung der bewerteten Messgrößeninformation aktiv teilnehmen.

In einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 7 wird das Messsignal in Form eines pulsweitenmodulierten Signals, dessen Pulsbreite den zugehörigen Messgrößenwert repräsentiert, von den Messmodulen abgegeben. Dies ermöglicht sehr einfache Extremalwertbestimmungen im Rahmen eines entsprechenden Extremalwert-Bewertungskriteriums und vermeidet Fehleradditionen bei einem seriellen Weiterreichen der Messgrößeninformation von Messmodul zu Messmodul. Alternativ ist in einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 8 eine Messsignalkonditionierung dergestalt vorgesehen, dass das jeweilige Messsignal aus einem Puls besteht, der um eine vom jeweiligen Messwert abhängige Zeitspanne verzögert gesendet wird. Auch dieser Messsignaltyp erlaubt sehr einfache Extremalwertbestimmungen. Weiter alternativ ist in einer Weiterbildung der Erfindung nach Anspruch 9 das Messsignal als ein Konstantstromsignal konditioniert, das ebenfalls eine einfache Extremalwertbestimmung ermöglicht.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ermöglicht die Überwachungseinrichtung gemäß Anspruch 10 eine dissipative Ladezustandsangleichung, indem die Messmodule jeweils einen elektrischen Widerstand enthalten, über den Speichereinheiten mit zu hohem detektiertem Ladezustand so weit entladen werden können, dass der maximale Ladezustandsunterschied zwischen den Speichereinheiten einen vorgebbaren Toleranzwert nicht überschreitet.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, in denen zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer mehrzelligen Batterie mit zugeordneter elektronischer Überwachungseinrichtung mit seriell verschalteten Messmodulen,

Fig. 2 eine schematische Darstellung von Triggersignalen und Spannungsmesssignalen zur Erläuterung der Betriebsweise der Überwachungseinrichtung von Fig. 1 und

Fig. 3 eine Darstellung entsprechend Fig. 1, jedoch für eine Variante mit parallel verschalteten Messmodulen.

Fig. 1 zeigt schematisch eine aus mehreren, seriell hintereinandergeschalteten Einzelzellen $B_1$, $B_2$, ..., $B_n$ bestehende Batterie B, die beispielsweise als Traktionsbatterie in einem Elektrofahrzeug oder einem Fahrzeug mit Hybridantrieb dienen kann. Jeder Batteriezelle $B_1$, ..., $B_n$ ist ein Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ zugeordnet. Jedes Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ sensiert einen oder mehrere, für den Speicherzustand seiner zugeordneten Batteriezelle indikative Messgrößen, wie Spannung, Temperatur und Druck, wozu es über entsprechende Messleitungen 1 mit diesem verbunden ist.

Die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ sind untereinander über eine serielle Signalverbindung SV miteinander verbunden, wobei die serielle Signalverbindung SV im gezeigten Beispiel ein Triggerleitungspaar $TR_H$, $TR_R$, ein Spannungssignalleitungspaar $SP_{min}$, $SP_{max}$ und ein Temperatursignalleitungspaar $TE_{min}$, $TE_{max}$ umfasst. Das Triggerleitungspaar besteht aus einer Triggersignal-Hinleitung $TR_H$, über die ein Triggersignal sukzessive vom letzten Messmodul $M_n$ bis zum ersten Messmodul $M_1$ geleitet wird, und einer Triggersignal-Rückleitung $TR_R$, die am ersten Messmodul $M_1$ mit der Hinleitung $TR_H$ verbunden ist, wie mit einer Leitungsschleife $TR_S$ symbolisiert, und von dort bis zum letzten Messmodul $M_n$ zurückführt. An das Triggerleitungspaar $TR_H$, $TR_R$ ist in jedem Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ eine zugehörige Triggerschaltung herkömmlicher Art angekoppelt, die bei Empfang eines entsprechenden Triggersignals das Messmodul dazu aktiviert, einen Mess- und Bewertungsvorgang durchzuführen.

Im gezeigten Beispiel sind die Messmodule $M_1$, ...,$M_n$, zur Durchführung der Mess- und Bewertungsvorgänge derart ausgelegt, dass der Maximalwert und der Minimalwert der Spannungen und der Temperaturen der einzelnen Batteriezellen $B_1$. ..., $B_n$ ermittelt werden können. Die auf diese Weise ermittelten vier Extremalwerte stehen auf den entsprechenden Signalleitungen am zugehörigen Ausgang des ersten Messmoduls $M_1$ an, d.h. der minimale Spannungswert $U_{min}$ an der Spannungssignalleitung $SP_{min}$, der maximale Spannungswert $U_{max}$ auf der Spannungssignalleitung $SP_{max}$, der minimale Temperaturwert $T_{min}$ auf der Temperatursignalleitung $TE_{min}$ und der maximale Temperaturwert $T_{max}$ auf der Temperatursignalleitung $TE_{max}$. In alternativen Systemauslegungen kann die Bestimmung nur eines Teils dieser vier Extremalwerte und/oder die zusätzliche Ermittlung entsprechender Extremalwerte für den Druck in der jeweiligen Batteriezelle vorgesehen sein. Je nach den verwendeten Bewertungskriterien können statt oder zusätzlich zu solchen Extremalwerten auch andere, für den Speicherzustand der einzelnen Batteriezellen $B_1$, ..., $B_n$ indikative Parameter über die Messmodulkette $M_1$, ..., $M_n$ überwacht, d.h. von den Messmodulen $M_1$, ..., $M_n$ entsprechende Messgrößeninformationen geliefert werden.

Die Ermittlung der Extremalwerte erfolgt mittels sukzessiver Gewinnung der Messwerte für Spannung und Temperatur der jeweiligen Batteriezelle $B_1$, ..., $B_n$ durch das zugehörige Messmodul $M_1$, ..., $M_n$, geeigneter Bewertung der eigenen Messwerte mit der von einem vorhergehenden Messmodul empfangenen Spannungs- bzw. Temperaturinformation und Weiterleitung der bewerteten Spannungs- bzw. Temperaturinformation zum nächsten Messmodul. Im einzelnen ist dazu folgende Vorgehensweise in den Messmodulen $M_1$, ..., $M_n$ implementiert. Zunächst wird beispielsweise von einer nicht gezeigten Überwachungssteuereinheit ein Triggersignal "Trigger up", wie es im obersten Diagramm von Fig. 2 gezeigt ist, vom letzten Messmodul $M_n$ bis zum ersten Messmodul $M_1$ geleitet, von wo es als Rücksignal "Trigger down" wieder zum

letzten Messmodul $M_n$ zurückläuft und dabei erst beim Rücklauf den Messvorgang im jeweiligen Messmodul auslöst. Dadurch beginnt in einem Messzyklus das erste Messmodul $M_1$ mit der Erfassung von Spannung und Temperatur der ersten Batteriezelle $B_1$. Es leitet diese Information dann sowohl als minimalen wie auch als maximalen Spannungswert bzw. Temperaturwert an das zweite Messmodul $M_2$ weiter. Das zweite Messmodul $M_2$ empfängt diese Messgrößeninformation und misst seinerseits Spannung und Temperatur der zweiten Batteriezelle $B_2$. Anschließend nimmt es eine Bewertung für beide Messgrößen vor, indem es feststellt, ob die selbst gemessene Spannung der zweiten Batteriezelle $B_2$ kleiner oder größer als der ihm zugeführte Spannungswert für die erste Batteriezelle $B_1$ ist. Es gibt dann den kleineren Spannungswert als den Spannungsminimalwert $U_{min}$ und den größeren Spannungswert als den Spannungsmaximalwert $U_{max}$ an das dritte Messmodul $M_3$ weiter. Analog verfährt es mit der Temperatur als der zweiten Messgröße.

Das dritte Messmodul $M_3$ misst seinerseits Spannung und Temperatur der dritten Batteriezelle $B_3$ und vergleicht den selbstgemessenen Spannungswert einerseits mit dem ihm zugeführten bisherigen minimalen Spannungswert $U_{min}$ und andererseits mit dem ihm zugeführten bisherigen maximalen Spannungswert $U_{max}$. Vom erstgenannten Minimalwertvergleich gibt es den kleineren Wert als aktuellen minimalen Spannungswert an das nächste Messmodul weiter, vom letztgenannten Maximalwertvergleich gibt es den größeren Wert als aktuellen maximalen Spannungswert an das nächste Messmodul weiter. Ebenso verfährt es mit der anderen Messgröße, der Temperatur. Auf diese Weise werden die vier Extremalwertinformationen $U_{min}$, $U_{max}$, $T_{min}$, $T_{max}$ vom jeweils vorherigen Messmodul empfangen, mit den eigenen Messwerten entsprechend bewertet und als solchermaßen aktualisierte Messgrößeninformationen zum nächsten Messmodul weitergeleitet, bis schließlich das letzte Messmodul $M_n$ die für die Gesamtheit der einzelnen Batteriezellen $B_1$, ..., $B_n$ gültigen Spannungs- und Tempe-

raturextremalwerte $U_{min}$, $U_{max}$, $T_{min}$, $T_{max}$ abgibt, um sie z.B. der Überwachungssteuereinheit zuzuführen.

Indem die Triggerung der Messmodule $M_1$, ..., $M_n$, wie beschrieben, erst mit dem rücklaufenden Triggersignal "Trigger down" erfolgt und so zuerst das von der Einspeisestelle des Triggersignals, d.h. dem letzten Messmodul $M_n$ der Messmodulkette, am weitesten entfernte Messmodul, d.h. das erste Messmodul $M_1$, getriggert wird, wird eine vorteilhafte Kompensation der Triggersignallaufzeit erreicht, die sich in der zeitlichen Verzögerung des im mittleren Diagramm von Fig. 2 dargestellten, zurückgelaufenen Triggersignals "Trigger down" gegenüber dem eingespeisten Triggersignal "Trigger up" widerspiegelt. Alternativ kann eine solche Kompensation der Triggersignallaufzeit auch dadurch erreicht werden, dass die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ bereits mit dem eingespeisten Triggersignal "Trigger up" aktiviert werden, die Spannungs- und Temperaturmessinformationen dann aber am zuletzt getriggerten Messmodul am der Triggersignaleinspeisestelle gegenüberliegenden Ende der Messmodulkette abgenommen werden.

Eine einfache Extremalwertbewertung der Messsignalinformationen lässt sich bei Verwendung von pulsweitenmodulierten Messsignalen erreichen, deren Pulsweite den zugehörigen Messwert repräsentiert. Dies ist für das Spannungssignal im unteren Diagramm von Fig. 2 veranschaulicht. Dort ist dementsprechend das Spannungsminimalwertsignal mit durchgezogener Linie in einer Pulsbreite $\Delta t_{min}$ gezeigt, die den minimalen Spannungswert $U_{min}$ repräsentiert. In gleicher Weise ist das Spannungsmaximalwertsignal mit gepunkteter Linie in einer Breite $\Delta t_{max}$ gezeigt, die den maximalen Spannungswert $U_{max}$ repräsentiert. Die Minimalwert-Bewertung kann dann im jeweiligen Messmodul durch einfache UND-Verknüpfung des eigenen Messwertes mit dem vom vorigen Messmodul zugeführten, bislang geltenden Minimalwert erfolgen, deren Resultat den neu geltenden Minimalwert darstellt, d.h. es wird das schmalere der beiden verglichenen Signale ausgewählt. In

gleicher Weise kann die Maximalwert-Bewertung durch einfache ODER-Verknüpfung des eigenen Messwertes mit dem zugeführten, bislang geltenden Maximalwert realisiert sein, d.h. es wird das jeweils breitere der beiden verglichenen Signale ausgewählt.

Die Messgeschwindigkeit für einen Messzyklus ist bei Verwendung solcher pulsweitenmodulierter Messsignale primär abhängig vom Produkt der maximal auftretenden Pulsbreite mit der Modulanzahl n. Durch die Verwendung von pulsweitenmodulierten Messsignalen lässt sich eine Fehleraddition beim Weiterleiten der Messgrößeninformationen vom einen zum nächsten Messmodul vermeiden, es addieren sich lediglich Laufzeitdifferenzen.

Alternativ zur beschriebenen Verwendung pulsweitenmodulierter Messsignale können die Messwertinformationen auch einfach als analoge Messgrößeninformationen, insbesondere über Extremalwerte der betrachteten Messgrößen, in der Messmodulkette weitergeleitet und bewertet werden. In diesem Fall ist kein Triggersignal nötig, vielmehr kann quasi-parallel gemessen werden, und die Messwertinformationen können seriell bewertet und weitergeleitet werden. Unabhängig von der Konfiguration der Messgrößeninformationen besteht ein allgemeiner Vorteil der seriellen Verknüpfung der Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ über die serielle Signalverbindung SV darin, dass die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ nicht spannungsfest ausgelegt sein müssen.

Eine weitere alternative Möglichkeit der Konfiguration der bewerteten und weitergeleiteten Messgrößeninformationen besteht darin, als Messsignal einen Puls mit konstanter Impulsbreite zu verwenden, der zu einem vom zu kodierenden Messwert abhängigen Zeitpunkt erzeugt wird, d.h. um eine vom Messwert abhängige Zeitspanne gegenüber einem Referenzzeitpunkt verzögert. Diese Variante erlaubt die Übertragung sowohl eines Maximalwertes als auch eines Minimalwertes auf einer gemeinsamen Übertragungsleitung ohne codiertes Trig-

gersignal, in dem z.B. der Minimalwert dem frühesten Puls und der Maximalwert dem spätesten Puls entspricht und zwischenliegende Pulse jeweils nicht weitergeleitet werden. Es genügt dann ein jeweiliger ODER-Vergleich zwischen dem eigenen Messsignal mit dem empfangenen frühesten bzw. dem empfangenen spätesten Puls zur Bewertung hinsichtlich Minimalwert und Maximalwert der jeweiligen Messgröße, wie Spannung, Temperatur oder Druck. Es ist lediglich für einen Abgleich der konstanten Pulsbreite zwischen den Messmodulen, $M_1$, ..., $M_n$ zu sorgen.

Soweit die verwendete Messsignalkonfiguration eine Messwertcodierung durch digitale Signale beinhaltet, versteht sich, dass die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ jeweils einen entsprechenden A/D-Wandler enthalten und im Signalauswerteteil der Überwachungseinrichtung eine geeignete herkömmliche digitale Signalverarbeitung implementiert ist.

Zu der in Fig. 1 gezeigten und oben beschriebenen Überwachungseinrichtung sind verschiedene vorteilhafte Modifikationen möglich. So kann z.B. auf dem Triggerleitungspaar $TR_H$, $TR_R$ oder einer eigenständigen seriellen Steuersignalverbindung die sukzessive Weiterleitung eines Betriebsmodus-Steuersignals über die Messmodulkette hinweg vorgesehen sein, mit welchem die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ zwischen einem aktivierten Zustand, in welchem sie die beschriebenen Mess- und Bewertungsvorgänge ausführen können, und einem deaktivierten, abgeschalteten Zustand umschaltbar sind, in welchem sie keinen oder einen allenfalls sehr geringen Ruhestrom verbrauchen, so dass insgesamt der Stromverbrauch minimiert wird. Bevorzugt wird dabei jedes Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ von der zugehörigen Batteriezelle $B_1$, ..., $B_n$ versorgt.

In einer weiteren Variante kann die Weiterleitung eines Bewertungsmodus-Steuersignals vorgesehen sein, mit welchem die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ zwischen verschiedenen Bewertungsmodi umgeschaltet werden können, beispielsweise zwischen einer Bewertung auf maximale Spannung während Lade-

vorgängen und einer Bewertung auf minimale Spannung während Entladevorgängen oder abwechselnd zwischen einer Druck- und einer Temperaturbewertung oder zwischen beliebigen anderen möglichen Bewertungsarten. Es genügt dann gegebenenfalls eine einzige Messsignalleitung, über welche die zum jeweils aktiven Bewertungsmodus gehörige Messgrößeninformation übertragen wird. Als weitere Modifikation kann die Durchleitung eines Selektions-Steuersignals durch die Messmodulkette hindurch vorgesehen sein, mit welchem die dazu entsprechend ausgelegten Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ zwischen einem aktiv bewertenden Zustand und einem passiv bleibenden, bloß weiterleitenden Zustand umgeschaltet werden können. Auf diese Weise kann aus der Messmodulkette eine beliebige Teilmenge von Messmodulen ausgewählt werden, deren Messwerte zur Gewinnung der entsprechenden Messgrößeninformation herangezogen werden, während die übrigen Messmodule lediglich die empfangene Messgrößeninformation unverändert weiterleiten. Dadurch können z.B. Minimalwerte und/oder Maximalwerte einer Messgröße für eine beliebige Teilmenge der Batteriezellen $B_1$, ..., $B_n$ bestimmt werden.

In einer zum Überwachungstyp von Fig. 1 alternativen Realisierung der Erfindung gemäß Fig. 3 ist statt der seriellen Signalverbindung SV eine parallele Ankopplung der Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ an eine gemeinsame Signalverbindung SV' aus einer oder mehreren Signalleitungen vorgesehen. Bevorzugt ist die Anbindung der Messmodule $M_1$,..., $M_n$ an die gemeinsame Signalleitung SV' über eine Kapazität C, wie gezeigt, oder eine Induktivität und somit galvanisch entkoppelt realisiert. Bei dieser Ausführungsform werden die Messgrößeninformationen und gegebenenfalls die Trigger- und/oder Steuersignale nicht von einem zum nächsten Messmodul weitergereicht, sondern von diesen parallel auf die gemeinsame Signalverbindung SV gelegt. Dies kann für die codierte Messgrößeninformation z.B. als Spannungssprung erfolgen, der vom jeweiligen Messmodul auf die gemeinsame Signalleitung gelegt wird. Eine weitere möglich Signalkonditionierung besteht darin, das Messsignal als Konstantstromsignal

auf die gemeinsame zugehörige Signalleitung zu legen, die als Summenleitung fungieren kann, indem sie mit einem Widerstand gegen einen Pol der Batterie B abgeschlossen wird, wobei dann die Stromstärke den Messwert repräsentiert.

Die Variante mit gemeinsamer, paralleler Signalverbindung der Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ eignet sich insbesondere gut zur Ermittlung des Minimalwertes und des Maximalwertes einer jeweiligen Messgröße, ohne dass hierzu eine UND- bzw. ODER-Bewertung in den einzelnen Messmodulen erforderlich ist. Wenn beispielsweise eine Messsignalcodierung als pulsbreitenmoduliertes Signal verwendet wird, ergibt sich der Maximalwert einfach aus der Pulsbreite des Gesamtsignals auf der gemeinsamen Signalleitung, auf das die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ ihre pulsweitenmodulierten Signale geben. Die Messmodule $M_1$, ..., $M_n$ lassen sich bei diesem Systemtyp ohne Laufzeitfehler gleichzeitig triggern. Die für eine galvanische Entkopplung verwendete Kapazität kann gegebenenfalls schon durch eine Leiterbahn realisiert sein. Im übrigen gelten für diesen Systemtyp mit gemeinsamer Signalverbindung die entsprechenden Eigenschaften und Vorteile, wie sie oben zum Systemtyp von Fig. 1 mit serieller Signalverbindung angegeben sind.

Die auf die eine oder andere der oben erläuterten Arten gewonnenen Messgrößeninformationen können dann in geeigneter Weise verwertet werden, insbesondere dazu, unerwünschte Zustände einzelner Batteriezellen zu erkennen und geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Eine solche Maßnahme ist die Durchführung einer dissipativen Ladungsangleichung, d.h. zu unterschiedliche Ladezustände zwischen einzelnen Batteriezellen werden dadurch vermieden, dass Zellen mit zu hohem Ladezustand über einen elektrischen Widerstand ausreichend entladen werden. Dazu beinhaltet jedes Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ den entsprechenden Widerstand R, der zum Entladen der betreffenden Batteriezelle steuerbar parallel an diese angekoppelt werden kann, und eine zugehörige Endladesteuerschaltung 2. Sein Widerstandswert bestimmt sich primär aus

der Differenz der Selbstentladungseigenschaften aller Batteriezellen $B_1$, ..., $B_n$ und der Zeitdauer, innerhalb der ein maximaler Ladezustandsunterschied ausgeglichen werden soll. Eine untere Begrenzung des Widerstandswerts ist eventuell durch eine maximal erlaubte Erwärmung vor Ort gegeben. Der Verlust durch die dissipative Entladung trägt in Anwendungen mit hohem Ladungsdurchsatz bei Batterien mit kleiner Kapazität nur unwesentlich zu den üblichen, anderweitigen Verlusten bei und ist daher tolerierbar.

Damit das jeweilige Messmodul weiß, ob es seine zugehörige Batteriezelle entladen muss oder nicht, wird die zuvor ermittelte Information über den minimalen Spannungswert $U_{min}$ allen Messmodulen $M_1$, ..., $M_n$ zur Verfügung gestellt, im Beispiel von Fig. 1 dadurch, dass sie vom letzten Messmodul $M_n$ sukzessive an die übrigen Messmodule bis zum ersten Messmodul $M_1$ weitergeleitet wird. Jedes Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ vergleicht dann den minimalen Spannungswert $U_{min}$ mit dem eigenen gemessenen Spannungswert der zugeordneten Batteriezelle $B_1$, ..., $B_n$ und aktiviert den dissipativen Entladevorgang, wenn der eigene Spannungswert um mehr als ein vorgegebener Abstand über dem minimalen Spannungswert $U_{min}$ liegt. Zur seriellen Übertragung des minimalen Spannungswertes $U_{min}$ kann in einer vorteilhaften Realisierung der ohnehin benötigte Triggerimpuls bzw. die Triggersignalverbindung $TR_H$, $TR_R$ dienen. Als übertragenes Signal kann dem minimalen Spannungswert gleich der vorgebbare Abstandswert hinzuaddiert werden, der das Toleranzband repräsentiert, in welchem alle Zellenladezustände liegen sollen, so dass jedes Messmodul $M_1$, ..., $M_n$ nur noch den eigenen Spannungsmesswert mit dem über die Triggerleitung $TR_H$, $TR_R$ übermittelten minimalen Spannungswert $U_{min}$ vergleichen muss, um zu entscheiden, ob es eine dissipative Entladung seiner Zelle vornimmt.

Wenngleich die Erfindung oben anhand einer Batterie B erläutert wurde, versteht es sich, dass sie sich auch für andere herkömmliche elektrische Energiespeicher bzw. Energie-

erzeuger eignet, z.B. für einen Brennstoffzellenstapel eines Brennstoffzellensystems, das stationär oder mobil, z.B. in einem Brennstoffzellenfahrzeug, angeordnet sein kann.

Patentansprüche

1. Elektronische Überwachungseinrichtung für einen aus mehreren hintereinandergeschalteten Speichereinheiten ($B_1$, ..., $B_n$) bestehenden elektrischen Energiespeicher (B), mit
- den Speichereinheiten jeweils zugeordneten Messmodulen ($M_1$, ..., $M_n$), die wenigstens eine speicherzustandsindikative Messgröße an der zugeordneten Speichereinheit messen,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
- die Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) an eine serielle Signalverbindung (SV) angekoppelt sind, wobei ein jeweils nächstes Messmodul vom vorhergehenden Messmodul eine von letzterem erzeugte Messgrößeninformation empfängt und eine eigene Messgrößeninformation durch Bewertung eines korrespondierend an der zugeordneten Speichereinheit gemessenen Messgrößenwertes mit der empfangenen Messgrößeninformation anhand eines vorgebbaren Bewertungskriteriums erzeugt und abgibt.

2. Elektronische Überwachungseinrichtung für einen aus mehreren hintereinandergeschalteten Speichereinheiten ($B_1$, ..., $B_n$) bestehenden elektrischen Energiespeicher (B), mit
- den Speichereinheiten jeweils zugeordneten Messmodulen ($M_1$, ..., $M_n$), die wenigstens eine speicherzustandsindikative Messgröße an der zugeordneten Speichereinheit messen,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
- die Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) parallel an eine gemeinsame Signalverbindung (SV') angeschlossen und darauf ausgelegt sind, ihre erfassten Messgrößenwerte parallel in einer hinsichtlich Extremalwertbildung aus den Messgrößenwerten

auf der gemeinsamen Signalverbindung codierten Form zu übertragen.

3. Elektronische Überwachungseinrichtung nach Anspruch 2, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) über eine Kapazität (C) oder eine Induktivität an die gemeinsame Signalverbindung (SV') angekoppelt sind.

4. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
Mittel zum Umschalten der Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) zwischen einem aktivierten und einem deaktivierten Zustand durch ein Betriebsmodus-Steuersignal vorgesehen sind.

5. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
Mittel zur Umschaltung der Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) zwischen verschiedenen Bewertungsmodi durch ein Bewertungsmodus-Steuersignal vorgesehen sind.

6. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
Mittel zur selektiven Steuerung der Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) in einen voll aktiven oder in einen passiven, signalweiterleitenden Betriebszustand vorgesehen sind.

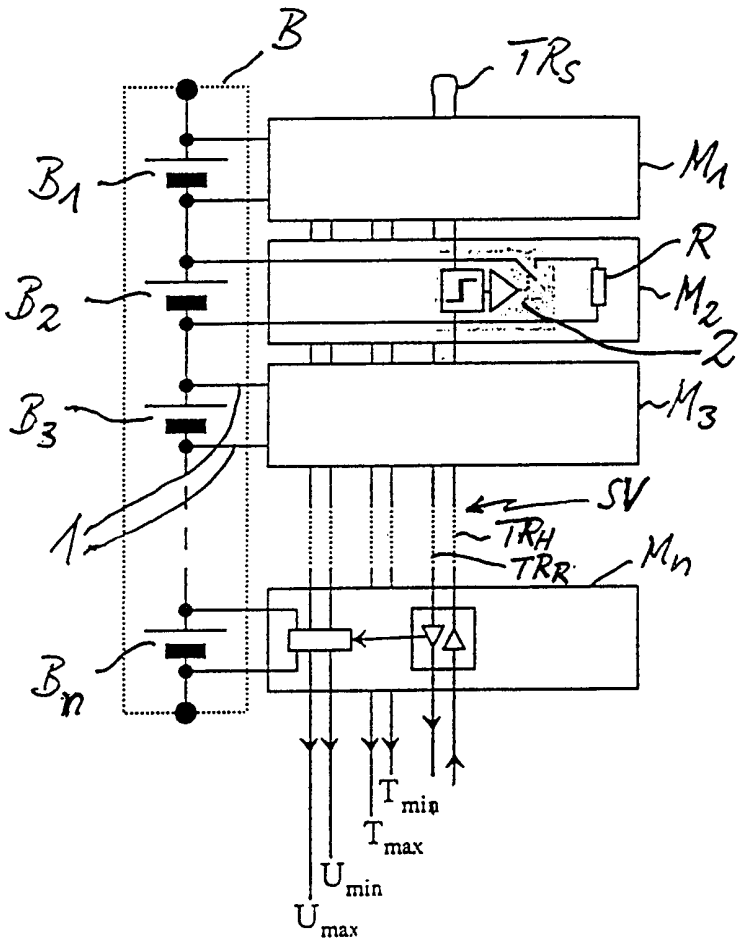
7. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) zur Codierung der Messwerte in pulsweitenmodulierte Messsignale eingerichtet sind.

8. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) zur Codierung der Messwerte in Pulssignale mit vom Messwert abhängiger Pulsverzögerung eingerichtet sind.

9. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
die Messmodule ($M_1$, ..., $M_n$) zur Codierung der Messwerte in Konstantstrom-Messsignale mit messwertabhängiger Stromstärke eingerichtet sind.

10. Elektronische Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, weiter
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
jedes Messmodul ($M_1$, ..., $M_n$) einen elektrischen Widerstand sowie Entlademittel zur steuerbaren, entladenden Ankopplung des Widerstands an die zugeordnete Speichereinheit aufweist.

Fig. 1


B
TRS
B1
M1
R
B2
M2
2
B3
M3
SV
1
TRH
TRR
Mn
Bn
Tmin
Tmax
Umin
Umax

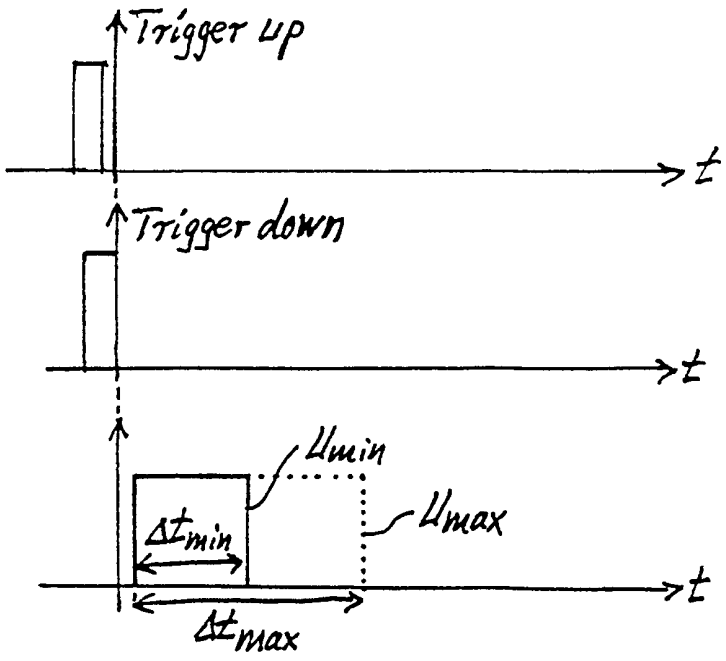

Trigger up
t
Trigger down
t
Umin
Umax
Δtmin
t
Δtmax

Fig. 2

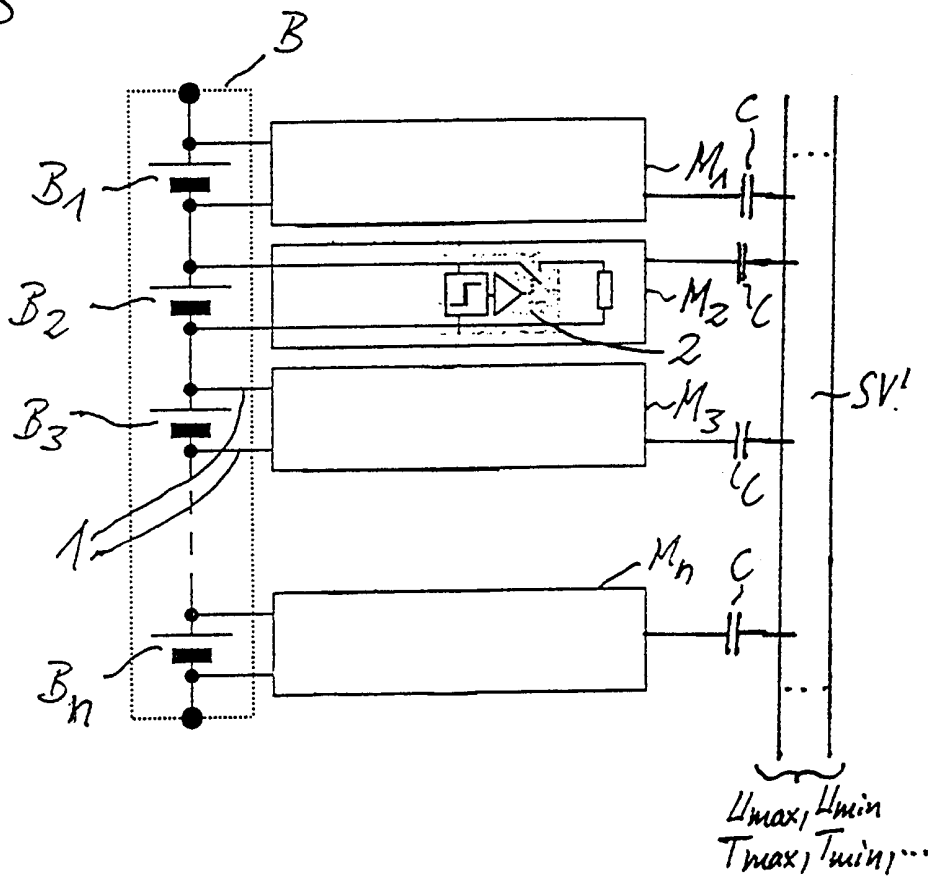



Fig. 3