

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. März 2011 (17.03.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/029702 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/062011

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. August 2010 (18.08.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 041 005.8
10. September 2009 (10.09.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AKTI-
ENGESSELLSCHAFT** [—/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MAI, Alexander** [DE/
DE]; Georgenstr. 109, 80798 München (DE). **FROE-
SCHL, Joachim** [DE/DE]; Zur Weiherschenke 39, 82211
Herrsching (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **BAYERISCHE MOTOREN
WERKE AKTIENGESSELLSCHAFT**; Patentabteilung,
AJ-3, 80788 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)

(54) Title: DEVICE FOR BALANCING AN ENERGY STORE

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUR SYMMETRIERUNG EINES ENERGIESPEICHERS

(57) Abstract: The invention relates to a device for balancing an energy store (10), especially an energy store (10) in an on-board power supply system of a motor vehicle, which energy store is formed by a cell assembly of a serial connection of a plurality of cell groups (11a, 11b), respective balancing circuits (20a, 20b) being connected to voltage connections of respective cell groups (11a, 11b) and comprising a discharge resistor (21a, 21b). The device according to the invention is characterized in that the discharge resistor (21a, 21b) of a respective balancing circuit (20a, 20b) has a temperature-dependent resistance characteristic, and the discharge resistors (21a, 21b) of at least some of the balancing circuits (20a, 20b) are thermally intercoupled.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung beschreibt eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers (10), insbesondere eines Energiespeichers (10) in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz, der aus einem Zellenverbund aus der Serienschaltung einer Mehrzahl an Zellgruppen (11a, 11b) gebildet ist, wobei eine jeweilige Symmetrierschaltung (20a, 20b) mit Spannungsanschlüssen einer jeweiligen Zellgruppe (11a, 11b) verbunden ist und einen Entladewiderstand (21a, 21b) umfasst. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, dass der Entladewiderstand (21a, 21b) einer jeweiligen Symmetrierschaltung (20a, 20b) eine temperaturabhängige Widerstands-Charakteristik aufweist, und die Entladewiderstände (21a, 21b) zumindest einiger der Symmetrierschaltung (20a, 20b) thermisch miteinander gekoppelt sind.



WO 2011/029702 A2

Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers, insbesondere eines Energiespeichers in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz, der aus einem Zellenverbund aus der Serienschaltung einer Mehrzahl an Zellgruppen gebildet ist, wobei eine jeweilige Symmetrierschaltung mit Spannungsanschlüssen einer jeweiligen Zellgruppe verbunden ist und einen Entladewiderstand umfasst.

Im Automobilbereich kommen immer mehr aus Einzelzellen aufgebaute Energiespeicher, vorzugsweise aus Doppelschichtkondensatoren aufgebaute Energiespeicher, zum Einsatz. Diese Doppelschichtkondensatoren bieten bei der Bereitstellung und Speicherung von Energie den Vorteil, dass sie kurzfristig hohe Leistung zur Verfügung stellen können. Um auf die in einem Fahrzeug notwendige Versorgungsspannung zu kommen, müssen die einzelnen Doppelschichtkondensatoren in Reihe geschaltet werden. Die in Reihe geschalteten Zellen bilden somit einen Zellenverbund. Zum Laden, zur Symmetrierung der Zellspannung, zur Erkennung von Unter- und Überspannung einzelner Zellen, zur Ladungserhaltung der Zellen im Standbetrieb, zum Auf- und Entladen bzw. Umladen zwischen den einzelnen Zellen sowie zur Diagnose/Monitoring der einzelnen Zellen werden einzelne Zellen oder Zellgruppen überwacht. Es ist bekannt, dass hierfür Zellgruppen-Logiken vorgesehen werden, die jeweils mit einer Zellgruppe verbunden sind, um deren Spannung zu überwachen und/oder zu steuern oder zu regeln. Eine Zellgruppe im Sinne der Erfindung kann auch lediglich aus einer Einzelzelle bestehen. Damit die Zellspannungen der einzelnen Zellen bzw. Zellgruppen beim zyklischen Laden oder Entladen nicht auseinanderlaufen, ist es bekannt, die Zellgruppen-Logiken mittels einer übergeordneten Regelungseinrichtung, z.B. einer Zentral-Logik, zu überwachen und so anzusteuern, dass ein gleichmäßiges Laden und/oder Entladen erreicht wird, wodurch eine lange Lebensdauer der einzelnen Zellen und somit des gesamten Zellenverbunds erreicht werden kann.

Aus der WO 2007/104325 A1 ist eine Diagnoseschaltung für einen Energiespeicher bekannt, welche bei Überschreiten und Unterschreiten einer Zellgruppenspannung die gleichen Pegel auf eine Diagnose-Rail einprägt, über die ein überwachter Betriebsparameter der Zellgruppe und/oder des Zellenverbunds abgefragt werden kann. Die beschriebene Diagnoseschaltung wird zur aktiven Zellsymmetrierung, auch Equilibrierung genannt, der

Speicherzellen eingesetzt. Die Symmetrierung basiert auf dem Prinzip der Durchführung eines Spannungsangleichs unter den Einzelzellen bzw. Zellgruppen des Zellenverbunds. Hierzu ist jeweils eine Symmetrierschaltung mit Spannungsanschlüssen einer jeweiligen Zellgruppe verbunden. Durch einen mit den Spannungsanschlüssen gekoppelten Komparator der Symmetrierschaltung erfolgt eine Spannungsüberwachung. Wird bei einer Zellgruppe ein vorgegebener Spannungswert überschritten, so werden die Spannungsanschlüsse der jeweiligen Zellgruppe über einen Entladewiderstand kurzgeschlossen. Über diesen erfolgt eine Entladung der Zellgruppe.

Die Geschwindigkeit der Symmetrierung hängt von der Entladeleistung der in den Symmetrierschaltungen verwendeten Entladewiderständen ab. Um eine möglichst kurze Entladezeit zu erzielen, müssen die Widerstände möglichst klein dimensioniert werden. Hierdurch entsteht jedoch eine sehr hohe Verlustwärme, welche in geeigneter Weise abzuführen ist. Bei einem Energiespeicher mit einer Mehrzahl an seriell miteinander verschalteten Zellgruppen sind die den jeweiligen Zellgruppen zugeordneten Symmetrierschaltungen einschließlich des jeweiligen Entladewiderstands auf einer Leiterplatte (Printed Circuit Board, PCB) angeordnet. Da über eine Leiterplatte Verlustwärme nicht in beliebiger Höhe abgeführt werden kann, werden die Widerstände hochohmig, in der Regel zwischen 10 und 100 Ohm, ausgeführt. Hierdurch wird jedoch die Geschwindigkeit der Symmetrierung eingeschränkt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers anzugeben, mit welcher auf einfache und schnellere Weise eine Symmetrierung der Zellgruppen des Energiespeichers ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung gemäß den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

Die Erfindung schafft eine Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers, insbesondere eines Energiespeichers in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz, der aus einem Zellenverbund aus der Serienschaltung einer Mehrzahl an Zellgruppen gebildet ist, wobei eine jeweilige Symmetrierschaltung mit Spannungsanschlüssen einer jeweiligen Zellgruppe verbunden ist und einen Entladewiderstand umfasst. Erfindungsgemäß weist der Entla-

dewiderstand einer jeweiligen Symmetrierschaltung eine temperaturabhängige Widerstands-Charakteristik auf. Ferner sind die Entladewiderstände zumindest einiger der Symmetrierschaltungen thermisch miteinander gekoppelt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass der Widerstandswert eines jeweiligen Entladewiderstands mit steigender Temperatur ansteigt. Ein jeweiliger Entladewiderstand weist deshalb zweckmäßigerweise eine PTC-Charakteristik auf. PTC bedeutet Positive Temperature Coefficient. PTC-Widerstände bzw. Kaltleiter können bei tieferen Temperaturen einen Strom besser leiten als bei hohen Temperaturen. Aus diesem Grund vergrößert sich ihr elektrischer Widerstand mit steigender Temperatur. PTC-Widerstände weisen somit einen positiven Temperaturkoeffizienten auf.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung sind die Entladewiderstände einer jeweiligen Symmetrierschaltung thermisch miteinander gekoppelt. Insbesondere ist vorgesehen, dass zur thermischen Kopplung der Entladewiderstände diese auf einem gemeinsamen Kühlkörper angeordnet sind. Der Kühlkörper besteht bevorzugt aus einem gut Wärme leitenden Material, insbesondere einem Metall. Zweckmäßigerweise sind sämtliche Entladewiderstände aller Symmetrierschaltungen der Vorrichtungen auf dem gemeinsamen Kühlkörper angeordnet. Hierdurch ist die thermische Kopplung der Entladewiderstände gegeben.

Im Falle eines nicht gleichzeitigen Betriebs der Zellgruppen-individuellen Entladewiderstände ist die abführbare thermische Energie bezogen auf eine einzelne Zellgruppe größer, wodurch eine schnelle Entladung der zu entladenden Zellgruppe erzielt werden kann. Werden mehrere der Zellgruppen des Energiespeichers gleichzeitig zwecks Symmetrierung über jeweilige Entladewiderstände entladen, so ist nach einiger Zeit die thermische Aufnahmefähigkeit des Kühlkörpers erreicht, wodurch dessen Temperatur ansteigt. Gleichfalls steigt dann die Temperatur der jeweiligen Entladewiderstände, wodurch zwar die Entladezeit ansteigt, gleichzeitig jedoch die Verlustwärme verringert wird.

Durch die temperaturabhängige Widerstands-Charakteristik der Entladewiderstände wird somit ein Bauteilschutz bereitgestellt. Ist lediglich ein Entladewiderstand einer Symmetrierschaltung aktiv, so kann diese Symmetrierschaltung die maximale Kühlleistung für die zu entladende Zellgruppe nutzen. Hierdurch wird eine hohe Entladeleistung bereitgestellt. Diese erhöhte Entladeleistung hat dann eine beschleunigte, d.h. zeitlich verkürzte Sym-

metrierung zur Folge. Das erfindungsgemäße Vorgehen ermöglicht darüber hinaus eine minimierte Dimensionierung des Kühlkörpers.

In einer weiteren zweckmäßigen Ausgestaltung ist eine jeweilige Symmetrierschaltung als Aktiv-Bypass Symmetrierschaltung ausgebildet. Solche Aktiv-Bypass-Symmetrierschaltungen sind prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt und beispielsweise in der einleitend bereits genannten WO 2007/104325 A1 offenbart, deren Inhalt durch Bezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

Es ist weiterhin vorgesehen, dass eine Zellgruppe zumindest eine Speicherzelle, insbesondere einen Doppelschichtkondensator, umfasst.

Die Erfindung wird nachfolgend näher anhand von Ausführungsbeispielen in der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers,

Fig. 2 ein Diagramm, in dem die bekannte Abhängigkeit des Widerstands von der Temperatur eines Kaltleiters illustriert ist, und

Fig. 3 beispielhafte Symmetrierungsstromverläufe und Kühlkörpertemperaturverläufe unter Verwendung eines Entladewiderstands mit temperaturabhängiger Widerstands-Charakteristik.

Fig. 1 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers 10. Der Energiespeicher 10 umfasst beispielhaft zwei seriell miteinander verschaltete Zellgruppen in Gestalt von Einzelzellen 11a, 11b. Jeder der Einzelzellen 11a, 11b ist eine jeweilige Symmetrierschaltung 20a, 20b zugeordnet. Der Aufbau der Symmetrierschaltungen 20a, 20b sowie die Verschaltung mit der jeweils zugeordneten Einzelzelle 11a, 11b ist identisch. Nachfolgend wird deshalb zur Beschreibung der Symmetrierschaltung lediglich auf die Symmetrierschaltung 20a Bezug genommen.

Ein erster Anschluss der Einzelzelle 11a ist mit einem ersten Eingang 12a der Symmetrierschaltung verbunden, ein zweiter Anschluss der Einzelzelle 11a ist mit einem zweiten Eingang 13a der Symmetrierschaltung 20a verbunden. Die Symmetrierschaltung 20a umfasst zwischen dem Anschluss 12a und dem Anschluss 13a eine Reihenschaltung aus einem ersten Widerstand 22a, einem zweiten Widerstand 23a und einem dritten Widerstand 24a. Ein Knotenpunkt zwischen dem ersten Widerstand 22a und dem zweiten Widerstand 23a ist mit einem ersten Eingang eines ersten Komparators 25a verbunden, an dessen zweitem Eingang eine hohe Referenzspannung anliegt. Der Knotenpunkt zwischen dem zweiten Widerstand 23a und dem dritten Widerstand 24a ist mit einem ersten Eingang eines zweiten Komparators 26a verbunden, an dessen zweitem Eingang eine niedrige Referenzspannung anliegt. Der erste Komparator 25a und der zweite Komparator 26a können beispielsweise durch einen 2-fach Operationsverstärker gebildet werden. Der Ausgang des ersten Komparators 25a ist mit der Basis eines Schaltelements in Gestalt eines NPN-Transistors 27a verbunden, dessen Emitter mit dem Anschluss 13a und dessen Kollektor über einen Entladewiderstand 21a mit dem Anschluss 12a der Einzelzelle 11a verbunden sind. Der Ausgang des zweiten Komparators 26a ist mit weiteren, in der Fig. 1 nicht dargestellten Elementen der Symmetrierschaltung verbunden, die für die Beschreibung der Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht von Bedeutung sind. Auf eine diesbezügliche Beschreibung wird deshalb verzichtet.

Prinzipiell kann die Symmetrierschaltung nach Art der eingangs bereits genannten WO 2007/104325 A1 beschriebenen Diagnoseschaltung aufgebaut sein, deren Inhalt durch Bezugnahme aufgenommen ist. Genauso kann die Symmetrierschaltung nach einem anderen Prinzip gebildet sein. Wesentlich ist nur das Vorhandensein eines jeweiligen Entladewiderstands.

Übersteigt die an dem Knotenpunkt zwischen dem ersten Widerstand 22a und dem zweiten Widerstand 23a anliegende Spannung die an dem ersten Komparator 25a anliegende hohe Referenzspannung, wird der NPN-Transistor 27a geschlossen, so dass ein Strom über den Entladewiderstand 21a fließt, um die Einzelzelle 11a zu entladen. Unterschreitet die an dem Knotenpunkt zwischen dem ersten Widerstand 22a und dem zweiten Widerstand 23a anliegende Spannung die an dem Referenzeingang des ersten Komparators 25a anliegende hohe Referenzspannung, so wird aufgrund der Hysterese des ersten Komparators 25a bei Erreichen einer unterhalb der Referenzspannung liegenden Span-

nung der NPN-Transistor 27a gesperrt, so dass die Entladung über den Entladewiderstand 21a endet.

Erfindungsgemäß sind die Entladewiderstände 21a, 21b der Symmetrierschaltungen 20a, 20b der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung als PTC-Widerstände ausgebildet, wodurch deren Widerstand mit steigender Temperatur ansteigt. Allgemein sind bevorzugt sämtliche Entladewiderstände 21a, 21b sämtlicher Symmetrierschaltungen 20a, 20b der Vorrichtung auf einem gemeinsamen Kühlkörper 30 angeordnet. Dies hat zur Folge, dass die Entladewiderstände 21a, 21b thermisch gekoppelt sind. Im Falle eines nicht gleichzeitigen Betriebs der zellindividuellen Entladewiderstände 21a, 21b ist die abführbare thermische Energie, bezogen auf die einzelne Zelle größer. Gleichzeitig stellt die PTC-Charakteristik der Entladewiderstände 21a, 21b einen Bauteilschutz dar.

Ist lediglich ein Entladewiderstand einer Einzelzelle 11a oder 11b aktiv, d.h. ist der NPN-Transistor 27a oder 27b der zugeordneten Symmetrierschaltung 20a, 20b leitend geschaltet, kann über den betreffenden Entladewiderstand die maximale Kühlleistung der Wärmesenke 30 genutzt werden. Aufgrund der PTC-Charakteristik erhöht sich damit die Entladeleistung. Die erhöhte Entladeleistung hat eine beschleunigte, d.h. zeitlich kürzere Symmetrierung zur Folge. Darüber hinaus lässt sich der Kühlkörper minimieren.

Fig. 2 zeigt das prinzipiell bekannte Widerstandsverhalten in Abhängigkeit der Temperatur eines PTC-Widerstands. Die Auswirkung der Verwendung von Entladewiderständen mit PTC-Charakteristik wird anhand des nachfolgenden Beispiels verdeutlicht.

Es wird von einer Temperatur $T_N = 30\text{ °C}$ eines Entladewiderstands ausgegangen, wobei dessen Widerstand $R_{30} = R_N$ beträgt. Die in dem Widerstand umgesetzte Leistung P_0 beträgt damit $P_0 = U^2/R_N$.

Es wird weiterhin angenommen, dass bei einer Temperatur $T = 80\text{ °C}$ der Widerstandswert $R_{80} = 2 \cdot R_N$ ist. Hieraus ergibt sich eine umgesetzte Leistung von $P_{80} = U^2/R_{80} = U^2/(2 \cdot R_N) = 0,5 \cdot P_0$.

Bei diesem Beispiel verdoppelt sich somit der Widerstand R_{80} bei einer Erhöhung der Temperatur um 50 °C. Bei gleicher Spannung summiert sich damit die umgesetzte Leistung bzw. innerhalb einer bestimmten Zeiteinheit die umgesetzte Energie.

Fig. 3a zeigt die Strom- und Kühlkörpertemperaturverläufe im Verlauf eines Symmetriervorgangs, einmal unter Verwendung einer Symmetrierschaltung mit einem Entladewiderstand mit PTC-Charakteristik und einmal ohne PTC-Charakteristik. In Fig. 3a ist der Temperaturverlauf des Kühlkörpers dargestellt, wobei mit T_{KK} der Temperaturverlauf bei Verwendung eines Entladewiderstands mit PTC-Charakteristik und mit T_{PCB} der Temperaturverlauf bei Verwendung eines Entladewiderstands ohne PTC-Charakteristik dargestellt ist. In Fig. 3b ist der Stromverlauf für einen Entladewiderstand mit PTC-Charakteristik mit $I_{R_{PTC}}$ und der Stromverlauf bei Verwendung eines Entladewiderstands ohne PTC-Charakteristik mit $I_{R_{konst}}$ gekennzeichnet. Es ist ohne Weiteres zu erkennen, dass bei Verwendung eines PTC-Widerstands ein größerer Entladestrom fließt, d.h. der Entladewiderstand im Vergleich niederohmiger ist, wodurch die Entladung zu einem früheren Zeitpunkt beendet werden kann. Aufgrund des größeren, durch den Entladewiderstand fließenden Stroms wird eine größere Wärmemenge in den Kühlkörper eingetragen, wodurch dieser im Vergleich eine höhere Temperatur annimmt als ein auf einer Leiterplatte angeordneter Entladewiderstand ohne PTC-Charakteristik.

Bei der Symmetrierung von seriell miteinander verschalteten Einzelzellen oder Zellgruppen ist in der Regel zunächst nur eine der Symmetrierschaltungen zur Entladung der zugeordneten Einzelzelle aktiv. Wenn der gemeinsame Kühlkörper für beispielsweise acht Einzelzellen ausgelegt ist, ist dieser in der Lage, eine große Wärmeenergiemenge abzuführen. Die auf diese Weise minimierte Temperaturerhöhung sorgt für eine hohe Entladeleistung und damit für eine schnelle Entladung der Einzelzelle, wodurch die Symmetrierung beschleunigt ist.

Der erfindungsgemäß vorgesehene Kühlkörper braucht deshalb nicht auf die gleichzeitige Kühlung aller Entladewiderstände der Vorrichtung ausgelegt sein. Es ist ausreichend, wenn dessen Kühlleistung auf einen vorherbestimmten Teil der Entladewiderstände ausgelegt ist. Hierdurch kann die Größe des Kühlkörpers verringert werden, wodurch Bau-raum eingespart werden kann. Darüber hinaus kann ein kleinerer Kühlkörper kostengünstiger bereitgestellt werden.

Ermöglicht wird die Verwendung eines „zu klein dimensionierten“ Kühlkörpers durch die Begrenzung des Wärmeeintrags aufgrund der Verwendung von Entladewiderständen mit temperaturabhängiger Widerstands-Charakteristik.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Symmetrierung eines Energiespeichers (10), insbesondere eines Energiespeichers (10) in einem Kraftfahrzeug-Bordnetz, der aus einem Zellenverbund aus der Serienschaltung einer Mehrzahl an Zellgruppen (11a, 11b) gebildet ist, wobei eine jeweilige Symmetrierschaltung (20a, 20b) mit Spannungsanschlüssen einer jeweiligen Zellgruppe (11a, 11b) verbunden ist und einen Entladewiderstand (21a, 21b) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass der Entladewiderstand (21a, 21b) einer jeweiligen Symmetrierschaltung (20a, 20b) eine temperaturabhängige Widerstands-Charakteristik aufweist, und die Entladewiderstände (21a, 21b) zumindest einiger der Symmetrierschaltung (20a, 20b) thermisch miteinander gekoppelt sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Entladewiderstand (21a, 21b) eine PTC-Charakteristik aufweist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Entladewiderstände (21a, 21b) einer jeweiligen Symmetrierschaltung (20a, 20b) thermisch miteinander gekoppelt sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur thermischen Kopplung der Entladewiderstände (21a, 21b) diese auf einem gemeinsamen Kühlkörper (30) angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine jeweilige Symmetrierschaltung (20a, 20b) als aktiv-bypass Symmetrierschaltung ausgebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zellgruppe (11a, 11b) zumindest eine Speicherzelle, insbesondere einen Doppelschichtkondensator, umfasst.

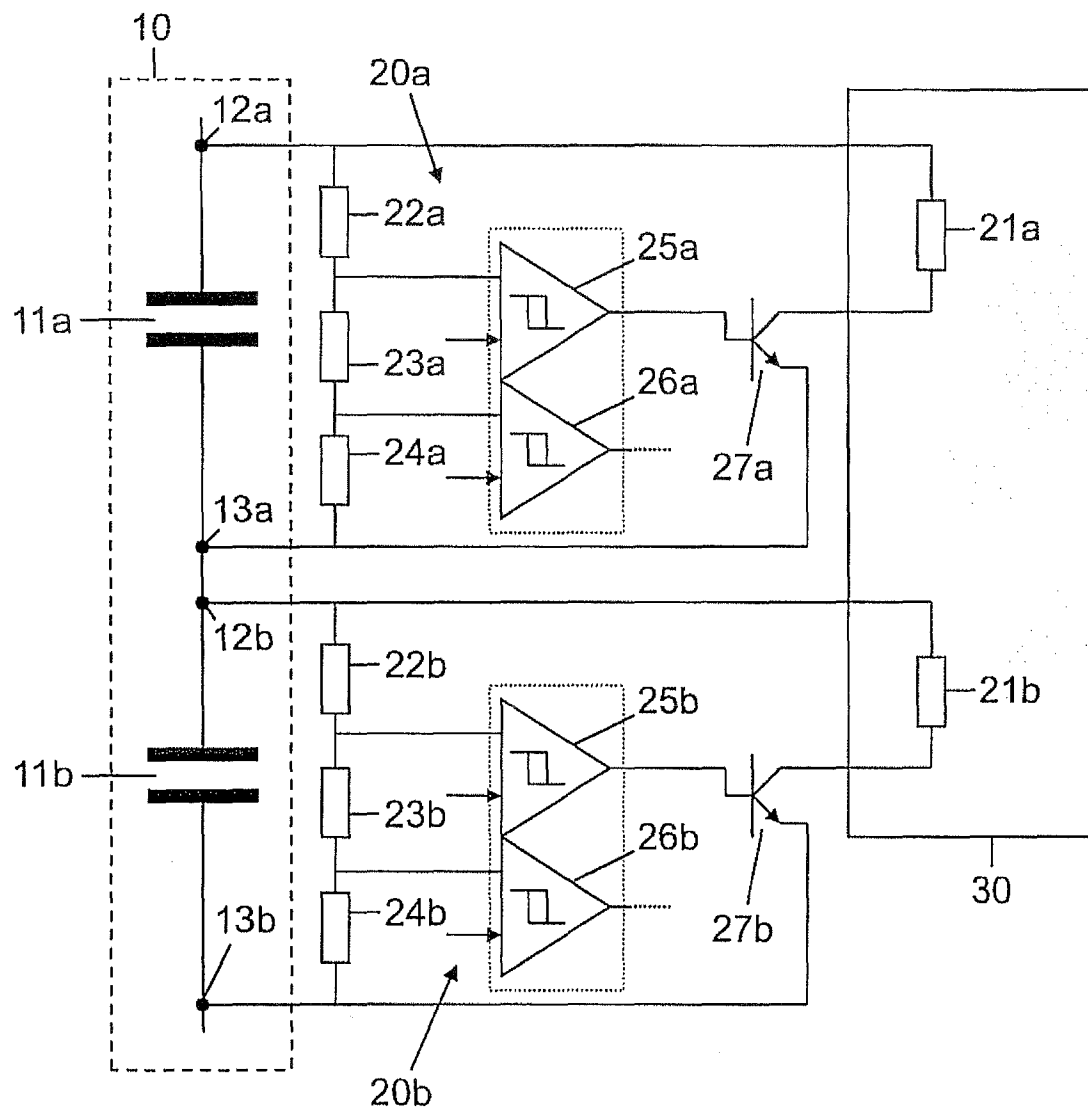


Fig. 1

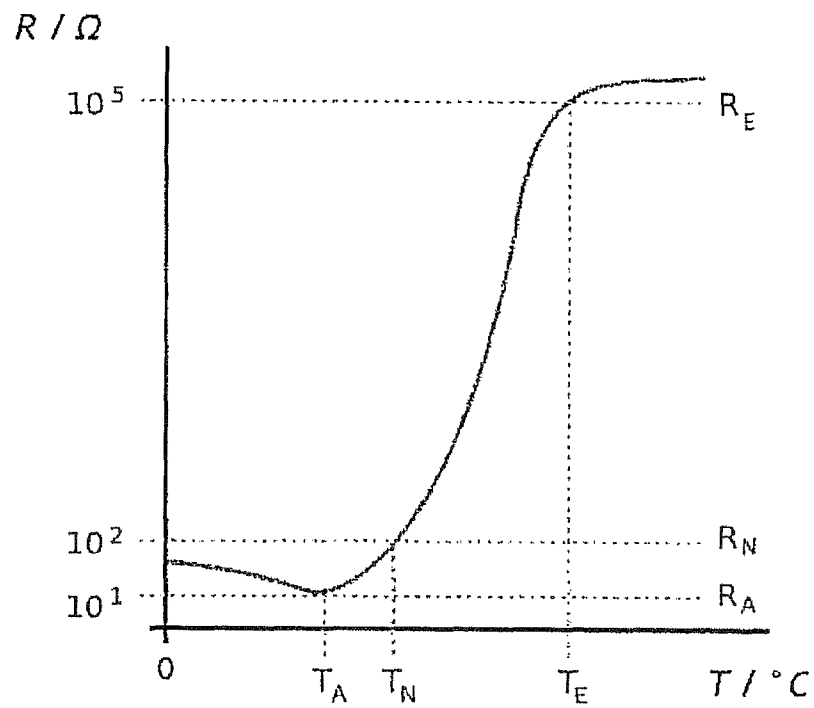


Fig. 2

Fig. 3a

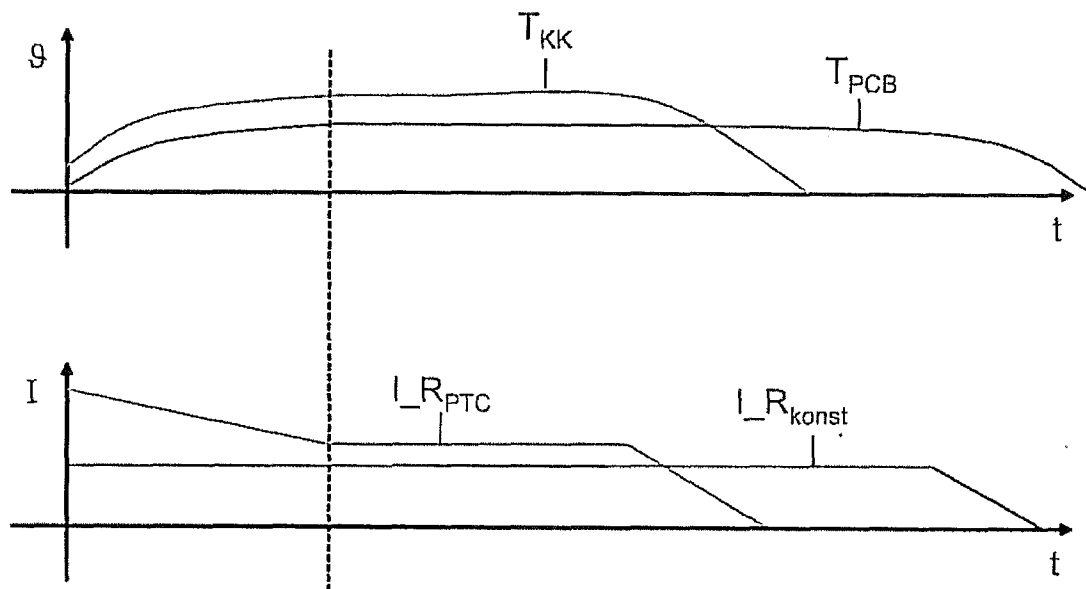


Fig. 3b