

(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
28. März 2013 (28.03.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/041330 A2

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/066659

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. August 2012 (28.08.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 082 973.3
19. September 2011 (19.09.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach
30 02 20, 70442 Stuttgart (DE). **SAMSUNG SDI CO.,
LTD.** [KR/KR]; 428-5 Gongse-dong, Giheung-gu, 446-
577 Yongin-si, Gyeonggi-do (KR).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHMIDT, Ralph**
[DE/DE]; Kleinheppacher Straße 91, 71384 Weinstadt
(DE). **BUTZMANN, Stefan** [DE/DE]; Heilbronner Str.
23, 71717 Beilstein (DE). **FINK, Holger** [DE/DE];
Rotkaeppchenweg 31, 70567 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: **BEE, Joachim**; Robert Bosch GmbH, Postfach
30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, QA, RO, RS, RU, RW,
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, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
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, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR BALANCING THE CHARGE STATES OF BATTERY CELLS IN A BATTERY AND BATTERY
FOR IMPLEMENTATION OF THE METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ANGLEICHEN DER LADEZUSTÄNDE VON BATTERIEZELLEN EINER BATTERIE
UND BATTERIE ZUR AUSFÜHRUNG DES VERFAHRENS

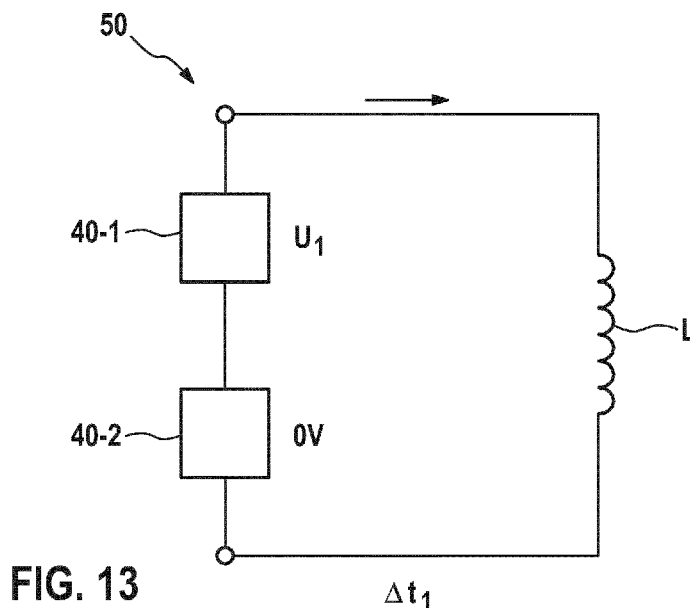


FIG. 13

(57) Abstract: A method is described for the control
of a battery (10) comprising at least one battery
module string (50) with a number of battery modules
(40-1, 40-2) connected in a series. Each battery
module (40-1, 40-2) comprises at least one battery cell
(41), at least one coupling unit (30, 70), a first
connection (42) and a second connection (43) and is
designed for accommodating one of at least two
switching states depending on an actuation of the
coupling unit (30, 70), wherein different switching
states correspond to different voltage values between
the first connection (42) and the second connection
(43) of the battery module (40-1, 40-2). According
to the method, a first and second output voltage (+U₁,
-U₂) of the battery module string (50) are provided
and applied to an inductivity (L) during a first and
second time interval. In the process, the second output
voltage (-U₂) has the opposite polarity of the first
output voltage (+U₁).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

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

Es wird ein Verfahren zur Steuerung einer Batterie (10) umfassend mindestens einen Batteriemodulstrang (50) mit einer Mehrzahl von in Serie geschalteten Batteriemodulen (40-1, 40-2) beschrieben. Jedes Batteriemodul (40-1, 40-2) umfasst wenigstens eine Batteriezelle (41), wenigstens eine Koppereinheit (30, 70), einen ersten Anschluss (42) und einen zweiten Anschluss (43) und ist dazu ausgebildet, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit (30, 70) einen von mindestens zwei Schaltzuständen einzunehmen, wobei verschiedene Schaltzustände unterschiedlichen Spannungswerten zwischen dem ersten Anschluss (42) und dem zweiten Anschluss (43) des Batteriemoduls (40-1, 40-2) entsprechen. In dem Verfahren werden eine erste und eine zweite Ausgangsspannung (+U₁, -U₂) des Batteriemodulstrangs (50) durch geeignete Ansteuerung der Batteriemodule (40-1, 40-2) des Batteriemodulstrangs (50) bereitgestellt und während eines ersten und zweiten Zeitintervalls an eine Induktivität (L) angelegt. Hierbei weist die zweite Ausgangsspannung (-U₂) entgegengesetzte Polarität zur ersten Ausgangsspannung (+U₁) auf.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Angleichen der Ladezustände von Batteriezellen einer Batterie und
Batterie zur Ausführung des Verfahrens

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Angleichen der Ladezustände von Batteriezellen einer Batterie mit mindestens einem Batteriemodulstrang, bei dem ein Batteriemodul im Batteriemodulstrang eine Koppereinheit umfasst, sowie eine Batterie, in welcher das erfindungsgemäße Verfahren ausführbar ist.

15

Stand der Technik

Es zeichnet sich ab, dass in Zukunft sowohl bei stationären Anwendungen als auch bei Fahrzeugen wie Hybrid- und Elektrofahrzeugen vermehrt Batteriesysteme zum Einsatz kommen werden. Um die für eine jeweilige Anwendung gegebenen Anforderungen an Spannung und zur Verfügung stellbare Leistung erfüllen zu können, werden eine hohe Zahl von Batteriezellen in Serie geschaltet. Da der von einer solchen Batterie bereitgestellte Strom durch alle Batteriezellen fließen muss und eine Batteriezelle nur einen begrenzten Strom leiten kann, werden oft zusätzlich Batteriezellen parallel geschaltet, um den maximalen Strom zu erhöhen. Dies kann entweder durch Vorsehen von mehreren Zellwickeln innerhalb eines Batteriezellengehäuses oder durch externes Verschalten von Batteriezellen geschehen. Dabei ist jedoch problematisch, dass es aufgrund nicht exakt identischer Zellkapazitäten und -spannungen zu Ausgleichsströmen zwischen den parallel geschalteten Batteriezellen kommen kann.

25

30

35

Das Prinzipschaltbild einer üblichen elektrischen Antriebseinheit, wie sie beispielsweise in Elektro- und Hybrid-Fahrzeugen oder auch in stationären

Anwendungen wie bei der Rotorblattverstellung von Windkraftanlagen zum Einsatz kommt, ist in Figur 1 dargestellt. Eine Batterie 10 ist an einen Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen, welcher durch einen Zwischenkreiskondensator 11 gepuffert wird. An den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen ist ein Pulswechselrichter 12, der über jeweils zwei schaltbare Halbleiterventile und zwei Dioden an drei Abgriffen 14-1, 14-2, 14-3 gegeneinander phasenversetzte Sinusströme für den Betrieb eines elektrischen Antriebsmotors 13 bereitstellt. Die Kapazität des Zwischenkreiskondensators 11 muss groß genug sein, um die Spannung im Gleichspannungszwischenkreis für eine Zeitdauer, in der eines der schaltbaren Halbleiterventile durchgeschaltet wird, zu stabilisieren. In einer praktischen Anwendung wie einem Elektrofahrzeug ergibt sich eine hohe Kapazität im Bereich von mF.

Nachteilig bei der in Figur 1 dargestellten Anordnung ist, dass die schwächste Batteriezelle in der Batterie 10 die Reichweite bestimmt, und dass der Defekt einer einzelnen Batteriezelle bereits zu einem Liegenbleiber des ganzen Fahrzeugs führt. Zudem führt die Modulation der hohen Spannungen im Pulswechselrichter 12 zu hohen Schaltverlusten und – da wegen der hohen Spannungen typischerweise Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)-Schalter eingesetzt werden müssen – ebenfalls zu hohen Durchlassverlusten.

Nachteilig ist außerdem, dass im System enthaltene Batteriezellen oder -module von dem gleichen Strom durchflossen werden und somit nicht einzeln ansteuerbar sind. Es besteht daher keine Möglichkeit, auf verschiedene Zustände von einzelnen Batteriezellen Einfluss zu nehmen.

Aus dem Stand der Technik sind außerdem Verfahren zum Angleichen von unterschiedlichen Ladezuständen (State of charge SOC) zwischen einzelnen Batteriezellen oder diese umfassenden Modulen bekannt. Die Verfahren setzen oftmals voraus, dass ein Energieaustausch zwischen den Batteriezellen und einer angeschlossenen Last stattfindet. Beim Stillstand eines Elektrofahrzeugs, also während keine Energie an die Last geliefert oder von dieser aufgenommen wird, ist ein Angleichen der unterschiedlichen Ladezuständen mit diesen Verfahren nicht möglich.

Offenbarung der Erfindung

Erfindungsgemäß wird daher ein Verfahren zum Angleichen der Ladezustände von Batteriezellen einer Batterie bereitgestellt. Die Batterie umfasst mindestens einen Batteriemodulstrang mit einer Mehrzahl von in Serie geschalteten Batteriemodulen. Jedes der in Serie geschalteten Batteriemodule umfasst wenigstens eine Batteriezelle, wenigstens eine Koppereinheit, einen ersten Anschluss und einen zweiten Anschluss und ist dazu ausgebildet, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit einen von mindestens zwei Schaltzuständen einzunehmen. Hierbei entsprechen verschiedene Schaltzustände unterschiedlichen Spannungswerten zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss des Batteriemoduls. Somit ist in jedem der Schaltzustände ein anderer Spannungswert zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss des Batteriemoduls abgreifbar.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Schritte: In einem ersten Verfahrensschritt wird eine erste (nicht notwendigerweise konstante) Ausgangsspannung des Batteriemodulstrangs durch geeignete Ansteuerung der Batteriemodule des Batteriemodulstrangs bereitgestellt und während eines ersten Zeitintervalls an eine Induktivität angelegt, sodass ein durch die Induktivität fließender Strom erhöht wird. Hierdurch wird Feldenergie in der Induktivität gemäß $W = 0,5 L \cdot I^2$ gespeichert, wobei L die Selbstinduktion der Induktivität und I der die Induktivität am Ende des ersten Zeitintervalls durchfließende Strom sind.

In einem zweiten Verfahrensschritt wird eine zweite (wiederum nicht notwendigerweise konstante) Ausgangsspannung des Batteriemodulstrangs durch geeignete Ansteuerung der Batteriemodule des Batteriemodulstrangs bereitgestellt und während eines zweiten Zeitintervalls an die Induktivität angelegt. Hierbei weist die zweite Ausgangsspannung entgegengesetzte Polarität zur ersten Ausgangsspannung auf. An der Bereitstellung der zweiten Ausgangsspannung sind nicht ausschließlich dieselben Batteriemodule beteiligt wie an der Bereitstellung der ersten Ausgangsspannung.

Die während des ersten Verfahrensschrittes in der Induktivität gespeicherte Feldenergie wird während des zweiten Verfahrensschrittes zur Trennung von Ladungen in den an der Bereitstellung der zweiten Ausgangsspannung beteiligten Batteriemodulen benutzt, sodass diese nach Verstreichen des zweiten Zeitintervalls einen höheren Ladezustand aufweisen als vorher.

Dadurch, dass an der Bereitstellung der ersten Ausgangsspannung bevorzugt Batteriemodule beteiligt werden, welche einen höheren Ladezustand aufweisen als die Batteriemodule, welche an der Bereitstellung der zweiten Ausgangsspannung beteiligt werden, wird erreicht, dass Energie aus den Batteriemodulen mit höherem Ladezustand in die Batteriemodule mit niedrigerem Ladezustand verschoben wird.

Typischerweise folgt das zweite Zeitintervall direkt auf das erste Zeitintervall, und das Verfahren wird periodisch wiederholt.

Mindestens ein Batteriemodul kann dazu ausgebildet sein, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit wahlweise den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss des Batteriemoduls zu verbinden oder die wenigstens eine Batteriezelle zwischen den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss zu schalten. Hierdurch werden zwei verschiedene Schaltzustände definiert. Außerdem kann mindestens ein Batteriemodul dazu ausgebildet sein, die wenigstens eine Batteriezelle zwischen den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss zu schalten, wobei eine Polarität der zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss anliegenden Spannung in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit wählbar ist. Hierdurch entstehen ebenfalls zwei Schaltzustände oder aber drei Schaltzustände, wenn die beiden genannten Konfigurationen miteinander kombiniert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist mindestens ein Batteriemodul die letztgenannten drei Schaltzustände auf, wobei in einem ersten Schaltzustand der erste Anschluss und der zweite Anschluss des Batteriemoduls verbunden sind, in einem zweiten Schaltzustand die wenigstens eine Batteriezelle zwischen den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss mit einer bestimmten Polarität (in einem Beispiel positiv) geschaltet und in einem dritten Schaltzustand die wenigstens eine Batteriezelle zwischen den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss mit der entgegengesetzten Polarität (in dem gleichen Beispiel negativ) geschaltet ist.

Bevorzugt ist außerdem, dass der Batteriemodulstrang mindestens ein erstes und ein zweites Batteriemodul mit den beschriebenen drei Schaltzuständen umfasst, wobei das erste Batteriemodul einen höheren Ladezustand aufweist als das zweite Batteriemodul. Das erfindungsgemäße Verfahren wird dann hierdurch ausgeführt, dass sich während

des ersten Zeitintervalls das erste Batteriemodul im zweiten Schaltzustand und das zweite Batteriemodul im ersten Schaltzustand befindet, während sich während des zweiten Zeitintervalls das erste Batteriemodul im ersten Schaltzustand und das zweite Batteriemodul im dritten Schaltzustand befindet.

5

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird als Induktivität mindestens eine Induktivität eines an die Batterie angeschlossenen elektrischen Motors verwendet. Hierbei kann entweder eine Bewegung des elektrischen Motors während der Ausführung des Verfahrens blockiert werden, oder aber während einer Bewegung des elektrischen Motors das erste und/oder das zweite Zeitintervall so gewählt werden, dass der im ersten und/oder zweiten Zeitintervall durch die Induktivität des elektrischen Motors fließende Strom nicht zu einem Drehmoment im elektrischen Motor beiträgt, wodurch erreicht wird, dass die in der Induktivität gespeicherte Feldenergie nicht in kinetische Energie umgewandelt wird, sondern nur zur Ladungstrennung benutzt wird. Mit der Erfindung wird somit ein Verfahren bereitgestellt, welches sowohl während des Betriebes des Motors als auch während des Stillstandes eines vom Motor angetriebenen Systems (also ohne Energiefluss) durchgeführt werden kann.

20

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft eine Batterie, welche mindestens einen Batteriemodulstrang mit den oben beschriebenen Eigenschaften umfasst. Die Batterie ist an eine Induktivität anschließbar und dazu ausgelegt, das erfindungsgemäße Verfahren auszuführen. Außerdem kann sie an eine Induktivität eines elektrischen Motors anschließbar sein. Das zur vollständigen Ausführung des Verfahrens außerdem erforderliche Steuergerät kann Teil der Batterie sein, obwohl dies nicht wesentlich ist. Die Batterie ist bevorzugt eine Lithium-Ionen-Batterie.

25

Es wird zudem ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Antriebsmotor zum Antreiben des Kraftfahrzeuges und einer mit dem elektrischen Antriebsmotor verbundenen erfindungsgemäßen Batterie angegeben.

30

Zeichnungen

35

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktional gleichartige Komponenten bezeichnen. Es zeigen:

Figur 1 eine elektrische Antriebseinheit gemäß dem Stand der Technik,

Figur 2 eine Koppeleinheit, die in dem erfindungsgemäßen Verfahren
verwendbar ist,

Figur 3 eine erste Ausführungsform der Koppeleinheit,

Figur 4 eine zweite Ausführungsform der Koppeleinheit,

Figur 5 die zweite Ausführungsform der Koppeleinheit in einer einfachen
Halbleiterschaltung,

Figur 6 und 7 zwei Anordnungen der Koppeleinheit in einem Batteriemodul,

Figur 8 die in Figur 5 dargestellte Koppeleinheit in der in Figur 6 dargestellten
Anordnung,

Figur 9 eine elektrische Antriebseinheit mit drei Batteriemodulsträngen,

Figur 10 eine Ansteuerung der in Figur 9 gezeigten elektrischen Antriebseinheit
durch ein Steuergerät,

Figur 11 eine Ausführungsform der Koppeleinheit, welche ermöglicht, dass
zwischen den Anschlüssen eines Batteriemoduls eine Spannung mit wählbarer
Polarität anliegt,

Figur 12 eine Ausführungsform des Batteriemoduls mit der in Figur 11
dargestellten Koppeleinheit,

Figuren 13 und 14 schematisch das erfindungsgemäße Verfahren während eines
ersten Zeitintervalls Δt_1 und eines zweiten Zeitintervalls Δt_2 ,

Figur 15 einen zeitlichen Verlauf einer an der in den Figuren 13 und 14
dargestellten Induktivität L anliegenden Spannung, und

Figur 16 den entsprechenden Verlauf eines durch die Induktivität L fließenden Stromes.

Ausführungsformen der Erfindung

Figur 2 zeigt eine Koppereinheit 30, die in dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendbar ist. Die Koppereinheit 30 besitzt zwei Eingänge 31 und 32 sowie einen Ausgang 33 und ist dazu ausgebildet, einen der Eingänge 31 oder 32 mit dem Ausgang 33 zu verbinden und den anderen abzukoppeln. Bei bestimmten Ausführungsformen der Koppereinheit kann diese außerdem ausgebildet sein, beide Eingänge 31, 32 vom Ausgang 33 abzutrennen. Nicht vorgesehen ist jedoch, sowohl den Eingang 31 als auch den Eingang 32 mit dem Ausgang 33 zu verbinden.

Figur 3 zeigt eine erste Ausführungsform der Koppereinheit 30, welche über einen Wechselschalter 34 verfügt, welcher prinzipiell nur einen der beiden Eingänge 31, 32 mit dem Ausgang 33 verbinden kann, während der jeweils andere Eingang 31, 32 vom Ausgang 33 abgekoppelt wird. Der Wechselschalter 34 kann besonders einfach als elektromechanischer Schalter realisiert werden.

Figur 4 zeigt eine zweite Ausführungsform der Koppereinheit 30, bei der ein erster und ein zweiter Schalter 35 beziehungsweise 36 vorgesehen sind. Jeder der Schalter ist zwischen einen der Eingänge 31 beziehungsweise 32 und den Ausgang 33 geschaltet. Im Gegensatz zu der Ausführungsform von Figur 3 bietet diese Ausführungsform den Vorteil, dass auch beide Eingänge 31, 32 vom Ausgang 33 abgekoppelt werden können, sodass der Ausgang 33 hochohmig wird. Zudem können die Schalter 35, 36 einfach als Halbleiterschalter wie zum Beispiel Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET)-Schalter oder Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)-Schalter verwirklicht werden. Halbleiterschalter haben den Vorteil eines günstigen Preises und einer hohen Schaltgeschwindigkeit, sodass die Koppereinheit 30 innerhalb einer geringen Zeit auf ein Steuersignal beziehungsweise eine Änderung des Steuersignals reagieren kann und hohe Umschaltraten erreichbar sind.

Figur 5 zeigt die zweite Ausführungsform der Koppereinheit in einer einfachen Halbleiterschaltung, bei welcher jeder der Schalter 35, 36 aus jeweils einem ein-

und ausschaltbaren Halbleiterventil und einer zu diesem antiparallel geschalteten Diode besteht.

Die Figuren 6 und 7 zeigen zwei Anordnungen der Koppereinheit 30 in einem Batteriemodul 40. Eine Mehrzahl von Batteriezellen 41 ist zwischen die Eingänge einer Koppereinheit 30 in Serie geschaltet. Die Erfindung ist jedoch nicht auf eine solche Serienschaltung von Batteriezellen beschränkt, es kann auch nur eine einzelne Batteriezelle vorgesehen sein oder aber eine Parallelschaltung oder gemischt-seriell-parallele Schaltung von Batteriezellen. Im Beispiel der Figur 6 sind der Ausgang der Koppereinheit 30 mit einem ersten Anschluss 42 und der negative Pol der Batteriezellen 41 mit einem zweiten Anschluss 43 verbunden. Es ist jedoch eine spiegelbildliche Anordnung wie in Figur 7 möglich, bei der der positive Pol der Batteriezellen 41 mit dem ersten Anschluss 42 und der Ausgang der Koppereinheit 30 mit dem zweiten Anschluss 43 verbunden sind.

Figur 8 zeigt die in Figur 5 dargestellte Koppereinheit 30 in der in Figur 6 dargestellten Anordnung. Eine Ansteuerung und Diagnose der Koppereinheiten 30 erfolgt über eine Signalleitung 44, welche mit einem nicht dargestellten Steuergerät verbunden ist. Insgesamt ist es möglich, zwischen den Anschlüssen 42 und 43 des Batteriemoduls 40 entweder 0 Volt oder eine Spannung U_{mod} einzustellen.

Figur 9 zeigt eine elektrische Antriebseinheit mit einem elektrischen Motor 13, dessen drei Phasen mit drei Batteriemodulsträngen 50-1, 50-2, 50-3 verbunden sind. Jeder der drei Batteriemodulstränge 50-1, 50-2, 50-3 besteht aus einer Mehrzahl von in Serie geschalteten Batteriemodulen 40-1, ..., 40-n, die jeweils eine Koppereinheit 30 umfassen und wie in Figur 6 oder 7 dargestellt aufgebaut sind. Bei dem Zusammensetzen von Batteriemodulen 40-1, ..., 40-n zu einem der Batteriemodulstränge 50-1, 50-2, 50-3 wird jeweils der erste Anschluss 42 eines Batteriemoduls 40-1, ..., 40-n mit dem zweiten Anschluss 43 eines benachbarten Batteriemoduls 40-1, ..., 40-n verbunden. Auf diese Weise kann eine gestufte Ausgangsspannung in jedem der drei Batteriemodulstränge 50-1, 50-2, 50-3 erzeugt werden.

Ein in Figur 10 gezeigtes Steuergerät 60 ist dazu ausgebildet, an eine variable Anzahl von Batteriemodulen 40-1, ..., 40-n in m Batteriemodulsträngen 50-1, 50-

2, ...50-m über einen Datenbus 61 ein erstes Steuersignal auszugeben, durch
welches die Koppereinheiten 30 der so angesteuerten Batteriemodule 40-1, ...,
40-n die Batteriezelle (beziehungsweise die Batteriezellen) 41 zwischen den
ersten Anschluss 42 und den zweiten Anschluss 43 des jeweiligen
5 Batteriemoduls 40-1, ..., 40-n schalten. Gleichzeitig gibt das Steuergerät 60 an
die restlichen Batteriemodule 40-1, ..., 40-n ein zweites Steuersignal aus, durch
welches die Koppereinheiten 30 dieser restlichen Batteriemodule 40-1, ..., 40-n
den ersten Anschluss 42 und den zweiten Anschluss 43 des jeweiligen
Batteriemoduls 40-1, ..., 40-n verbinden, wodurch dessen Batteriezellen 41
10 überbrückt werden.

Durch geeignete Ansteuerung der Mehrzahl von Batteriemodulen 40-1, ..., 40-n
in m Batteriemodulsträngen 50-1, 50-2, ... 50-m können somit m sinusförmige
Ausgangsspannungen erzeugt werden, die den elektrischen Motor 13 in der
15 gewünschten Form ohne Einsatz eines zusätzlichen Pulswechselrichters
ansteuern.

In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die in einem der m
Batteriemodulstränge 50-1, 50-2, ... 50-m verwendeten Batteriemodule 40-1, ...,
20 40-n dazu ausgebildet sind, ihre Batteriezellen 41 derart zwischen den ersten
Anschluss 42 und den zweiten Anschluss 43 zu schalten, dass eine Polarität der
zwischen dem ersten Anschluss 42 und dem zweiten Anschluss 43 anliegenden
Spannung in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit wählbar ist.

Figur 11 zeigt eine Ausführungsform der Koppereinheit 70, welche dies
ermöglicht und bei welcher ein erster, ein zweiter, ein dritter und ein vierter
Schalter 75, 76, 77 und 78 vorgesehen sind. Der erste Schalter 75 ist zwischen
einen ersten Eingang 71 und einen ersten Ausgang 73 geschaltet, der zweite
Schalter 76 ist zwischen einen zweiten Eingang 72 und einen zweiten Ausgang
25 74, der dritte Schalter 77 zwischen den ersten Eingang 71 und den zweiten
Ausgang 74 und der vierte Schalter 78 zwischen den zweiten Eingang 72 und
den ersten Ausgang 73 geschaltet.
30

Die Figur 12 zeigt eine Ausführungsform des Batteriemoduls 40 mit der in Figur
11 dargestellten Koppereinheit. Der erste Ausgang der Koppereinheit 70 ist mit
35 dem ersten Anschluss 42 und der zweite Ausgang der Koppereinheit 70 mit dem

zweiten Anschluss 43 des Batteriemoduls 40 verbunden. Das so aufgebaute Batteriemodul 40 hat den Vorteil, dass die Batteriezellen 41 durch die Koppereinheit 70 in einer wählbaren Polarität mit den Anschlüssen 42, 43 verbunden werden können, sodass eine Ausgangsspannung unterschiedlicher Vorzeichen erzeugt werden kann. Auch kann es möglich sein, beispielsweise durch Schließen der Schalter 76 und 78 und gleichzeitiges Öffnen der Schalter 75 und 77 (oder aber durch Öffnen der Schalter 76 und 78 sowie Schließen der Schalter 75 und 77), die Anschlüsse 42 und 43 miteinander leitend zu verbinden und eine Ausgangsspannung von 0 V zu erzeugen. Insgesamt ist es somit möglich, zwischen den Anschlüssen 42 und 43 des Batteriemoduls 40 entweder 0 Volt, die Spannung U_{mod} oder die Spannung $-U_{\text{mod}}$ einzustellen.

Im Folgenden wird anhand der Figuren 13 bis 16 das erfindungsgemäße Verfahren zum Angleichen der Ladezustände von Batteriezellen einer Batterie beschrieben. Das Verfahren wird unter Verwendung eines Batteriemodulstrangs 50 ausgeführt, welcher Batteriemodule 40 mit den oben beschriebenen Eigenschaften umfasst. Insbesondere können hierzu die in Figur 6 bis 8 dargestellten Batteriemodule 40 benutzt werden. Bevorzugt wird das erfindungsgemäße Verfahren jedoch unter Verwendung eines Batteriemodulstrangs 50 ausgeführt, welcher eine Mehrzahl von in Serie geschalteten Batteriemodule 40 umfasst, welche wie in Figur 12 dargestellt ausgeführt sind und jeweils das in Figur 11 dargestellte Koppелеlement 70 umfassen.

Diese Ausführungsform des Batteriemoduls 40 ist, wie oben ausgeführt, dazu ausgebildet, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit wahlweise einen von mindestens drei Schaltzuständen einzunehmen. In einem ersten Schaltzustand sind der erste Anschluss 42 und der zweite Anschluss 43 des Batteriemoduls 40 verbunden. In einem zweiten Schaltzustand ist die Mehrzahl von Batteriezellen 41 zwischen dem ersten Anschluss 42 und dem zweiten Anschluss 43 mit einer positiven Polarität geschaltet. In einem dritten Schaltzustand schließlich ist die Mehrzahl von Batteriezellen 41 zwischen dem ersten Anschluss 42 und dem zweiten Anschluss 43 mit einer negativen Polarität geschaltet.

Figuren 13 und 14 zeigen schematisch das erfindungsgemäße Verfahren während eines ersten Zeitintervalls Δt_1 und eines zweiten Zeitintervalls Δt_2 .

Der in den Figuren 13 und Figur 14 dargestellte Batteriemodulstrang 50 umfasst zwei Batteriemodule 40-1, 40-2, wobei beide Batteriemodule 40-1, 40-2 die oben beschriebenen bevorzugten drei Schaltzustände aufweisen. Der Batteriemodulstrang 50 ist mit seinen beiden Anschlüssen an eine Induktivität L geschaltet, wodurch an der Induktivität L die von dem Batteriemodulstrang 50 bereitgestellte Ausgangsspannung anliegt.

Vor Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens fließt kein Strom durch die Induktivität L. Das erste Batteriemodul 40-1 weist einen höheren Ladezustand auf als das zweite Batteriemodul 40-2.

Nun wird, wie in Figur 13 dargestellt, während eines ersten Zeitintervalls Δt_1 eine erste Ausgangsspannung $+U_1$ bereitgestellt. Die erste Ausgangsspannung $+U_1$ wird dadurch bereitgestellt, dass sich das erste Batteriemodul 40-1 im zweiten Schaltzustand befindet, wodurch eine Spannung U_1 erzeugt wird, und sich das zweite Batteriemodul 40-2 im ersten Schaltzustand befindet, wodurch dieses nicht zur ersten Ausgangsspannung beiträgt. Hierdurch beginnt ein Strom durch die Induktivität L zu fließen, welcher linear anwächst und dazu führt, dass die Induktivität L Feldenergie speichert.

Während des zweiten Zeitintervalls Δt_2 befindet sich das erste Batteriemodul 40-1, wie in Figur 14 dargestellt, im ersten Schaltzustand und das zweite Batteriemodul 40-2 im dritten Schaltzustand. Somit liefert das erste Batteriemodul 40-1 keinen Beitrag, und das zweite Batteriemodul 40-2 den Beitrag $-U_2$ zur zweiten Ausgangsspannung. Obwohl nun eine Spannung mit entgegengesetzter Polarität an der Induktivität L anliegt, fließt der Strom, wie in den Figuren 13 und 14 durch Pfeile angedeutet, während des zweiten Zeitintervalls Δt_2 weiterhin in der gleichen Richtung wie während des ersten Zeitintervalls Δt_1 , nimmt jedoch linear ab. Hierdurch kommt es zu einem Abbau der in der Induktivität L gespeicherten Feldenergie, welche zur Trennung von Ladungen in dem zweiten Batteriemodul 40-2 führt.

Am Ende des zweiten Zeitintervalls Δt_2 weist somit das erste Batteriemodul 40-1 einen niedrigeren Ladezustand auf als zu Beginn des Verfahrens, und das zweite Batteriemodul 40-2 einen höheren.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist problemlos auf den Fall anwendbar, dass der Batteriemodulstrang 50 eine höhere Anzahl von Batteriemodulen 40 umfasst. Hierbei werden an der Bereitstellung der ersten Ausgangsspannung während des ersten Zeitintervalls Δt_1 bevorzugt diejenigen Batteriemodule beteiligt, welche einen höheren Ladezustand aufweisen als die Batteriemodule, welche an der Bereitstellung der zweiten Ausgangsspannung beteiligt werden. Hierdurch kommt es insgesamt zu einem Ladungsaustausch zwischen den Batteriezellen der verschiedenen Batteriemodule und zu einem Angleichen der unterschiedlichen Ladezustände der Batteriemodule.

Figur 15 zeigt einen Verlauf einer an der Induktivität L anliegenden Spannung während des ersten Zeitintervalls Δt_1 und des zweiten Zeitintervalls Δt_2 . Wie in Figur 15 dargestellt, kann das erfindungsgemäße Verfahren periodisch wiederholt werden, wodurch eine allmähliche und kontinuierliche Verschiebung von Ladung zwischen den verschiedenen Modulen möglich ist.

Figur 16 zeigt den entsprechenden Verlauf eines durch die Induktivität L fließenden Stromes. Für eine perfekte Induktivität L erfolgt ein linearer Verlauf des Stromes, welcher bei geeigneter Wahl der Zeitintervalle Δt_1 und Δt_2 niemals das Vorzeichen wechselt. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird ein mittlerer Strom eingestellt und dieser mit einem Wechselanteil überlagert.

Der in den Figuren 15 und 16 dargestellte Vorgang läuft unter idealisierten Voraussetzungen ohne Verluste ab. In der Realität sind natürlich sowohl die Halbleiterbauelemente, die als Schalter in den Batteriemodulen 40 eingesetzt werden, als auch die Induktivität L verlustbehaftet. Somit wird nicht die gesamte aus dem Batteriemodul 40-1 entnommene Energie in das Batteriemodul 40-2 eingespeichert.

In einem nicht näher dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird als Induktivität L eine Induktivität des an die Batterie 10 angeschlossenen elektrischen Motors 13, beispielsweise eines permanenten

Synchronmotors, verwendet. Da in der Praxis der größte Teil aller verwendeten Motoren dreiphasig ausgeführt ist, kann es sich hierbei um eine Anordnung handeln, wie sie in Figur 9 dargestellt ist. Das erfindungsgemäße Verfahren ist allerdings auch auf n-phasige Systeme anwendbar. Vorteilhaft bei der Verwendung der Induktivität des an die Batterie 10 angeschlossenen elektrischen Motors 13 ist, dass alle zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens benötigten Komponenten bereits im Gesamtsystem enthalten sind.

Um zu gewährleisten, dass die in der Induktivität L gespeicherte Feldenergie nicht in kinetische Energie umgewandelt wird, sondern nur zur Ladungstrennung benutzt wird, sollte sich das Antriebssystem im Stillstand befinden. Genauer muss das Antriebssystem festgebremst sein, das heißt das während der Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens auftretende Moment darf das zu einer Bewegung des Motors notwendige Losreißmoment nicht übersteigen. (Bei einer Asynchronmaschine besteht die Gefahr nicht, da hier kein Moment entsteht.)

Andererseits kann das erfindungsgemäße Verfahren auch bei einer Bewegung des Antriebssystems ausgeführt werden. Bei der Beschreibung von Synchron- und Asynchronmaschinen ist es üblich, ein rotierendes Koordinatensystem zu verwenden. Die Achsen dieses Koordinatensystems werden mit d - q bezeichnet und rotieren mit der Geschwindigkeit des magnetischen Feldes, wobei die d -Achse per Definition in der Richtung des Feldes orientiert ist. Bei einer symmetrischen Synchronmaschine trägt der in d -Richtung verlaufende Strom nicht zur Momentbildung bei. Somit kann durch den Auf- und Abbau eines Stromes in dieser Richtung das oben beschriebene Verfahren ausgeführt werden. Es ist lediglich das Rotieren des Stromraumzeigers bei der Auswahl der anzusprechenden Batteriemodule zu berücksichtigen. Für ein gegebenes Batteriemodul steht nur ein bestimmter Winkelbereich zur Verfügung, in dem der Strom aufgebaut werden kann. Ebenso steht für ein Batteriemodul, mithilfe dessen der Strom wieder abgebaut werden soll, nur ein bestimmter Winkelbereich zur Verfügung.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Angleichen der Ladezustände von Batteriezellen einer Batterie (10) umfassend mindestens einen Batteriemodulstrang (50) mit einer Mehrzahl von in Serie geschalteten Batteriemodulen (40-1, ..., 40-n), wobei jedes Batteriemodul (40-1, 40-2) wenigstens eine Batteriezelle (41), wenigstens eine Koppereinheit (30, 70), einen ersten Anschluss (42) und einen zweiten Anschluss (43) umfasst und dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit (30, 70) einen von mindestens zwei Schaltzuständen einzunehmen, wobei verschiedene Schaltzustände unterschiedlichen Spannungswerten zwischen dem ersten Anschluss (42) und dem zweiten Anschluss (43) des Batteriemoduls (40-1, 40-2) entsprechen, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:
- i. Bereitstellung einer ersten Ausgangsspannung ($+U_1$) des Batteriemodulstrangs (50) durch geeignete Ansteuerung der Batteriemodule (40-1, 40-2) des Batteriemodulstrangs (50) und Anlegen der ersten Ausgangsspannung ($+U_1$) an eine Induktivität (L) während eines ersten Zeitintervalls, sodass ein durch die Induktivität (L) fließender Strom erhöht wird;
 - ii. Bereitstellung einer zweiten Ausgangsspannung ($-U_2$) des Batteriemodulstrangs (50) durch geeignete Ansteuerung der Batteriemodule (40-1, 40-2) des Batteriemodulstrangs (50) und Anlegen der zweiten Ausgangsspannung ($-U_2$) an die Induktivität (L) während eines zweiten Zeitintervalls, wobei die zweite Ausgangsspannung ($-U_2$) entgegengesetzte Polarität zur ersten Ausgangsspannung ($+U_1$) aufweist und wobei an der Bereitstellung der zweiten Ausgangsspannung ($-U_2$) nicht ausschließlich dieselben Batteriemodulen (40-1, 40-2) beteiligt werden wie an der Bereitstellung der ersten Ausgangsspannung ($+U_1$).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei an der Bereitstellung der ersten Ausgangsspannung ($+U_1$) bevorzugt Batteriemodule (40-1) beteiligt werden, welche einen höheren Ladezustand aufweisen als die Batteriemodule (40-2), welche an der Bereitstellung der zweiten Ausgangsspannung ($-U_2$) beteiligt werden.
5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das zweite Zeitintervall direkt auf das erste Zeitintervall folgt.
- 10 4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Verfahren periodisch wiederholt wird.
- 15 5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mindestens ein Batteriemodul (40-1, 40-2) dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit (70) wahlweise einen von mindestens drei Schaltzuständen einzunehmen, wobei in einem ersten Schaltzustand der erste Anschluss (42) und der zweite Anschluss (43) des Batteriemoduls (40-1, 40-2) verbunden ist, in einem zweiten Schaltzustand die wenigstens eine Batteriezeile (41) zwischen den ersten Anschluss (42) und den zweiten
20 Anschluss (43) mit einer ersten Polarität geschaltet und in einem dritten Schaltzustand die wenigstens eine Batteriezeile (41) zwischen den ersten Anschluss (42) und den zweiten Anschluss (43) mit einer der ersten entgegengesetzten Polarität geschaltet ist.
- 25 6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei der Batteriemodulstrang (50) mindestens ein erstes (40-1) und ein zweites Batteriemodul (40-2) mit den in Anspruch 5 bezeichneten Eigenschaften umfasst, wobei das erste Batteriemodul (40-1) einen höheren Ladezustand aufweist als das zweite Batteriemodul (40-2), wobei sich während des ersten Zeitintervalls das erste Batteriemodul (40-1) im zweiten Schaltzustand und das zweite Batteriemodul (40-2) im ersten
30 Schaltzustand befindet, und wobei sich während des zweiten Zeitintervalls das erste Batteriemodul (40-1) im ersten Schaltzustand und das zweite Batteriemodul (40-2) im dritten Schaltzustand befindet.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei als Induktivität (L) mindestens eine Induktivität eines an die Batterie (10) angeschlossenen elektrischen Motors (13) verwendet wird.
- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei eine Bewegung des elektrischen Motors (13) während der Ausführung des Verfahrens blockiert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei während einer Bewegung des elektrischen Motors (13) das erste und/oder das zweite Zeitintervall so
10 gewählt werden, dass der im ersten und/oder zweiten Zeitintervall durch die Induktivität des elektrischen Motors (13) fließende Strom nicht zu einem Drehmoment im elektrischen Motor (13) beiträgt.
10. Batterie (10) umfassend mindestens einen Batteriemodulstrang (50) mit
15 einer Mehrzahl von in Serie geschalteten Batteriemodulen (40-1, 40-2), wobei jedes Batteriemodul (40-1, 40-2) wenigstens eine Batteriezelle (41), wenigstens eine Koppereinheit (30, 70), einen ersten Anschluss (42) und einen zweiten Anschluss (43) umfasst und dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit einer Ansteuerung der Koppereinheit (30, 70) einen von
20 mindestens zwei Schaltzuständen einzunehmen, wobei verschiedene Schaltzustände unterschiedlichen Spannungswerten zwischen dem ersten Anschluss (42) und dem zweiten Anschluss (43) des Batteriemoduls (40-1, 40-2) entsprechen, dadurch gekennzeichnet, dass die Batterie (10) an eine Induktivität (L) anschließbar und dazu ausgelegt ist, ein Verfahren nach den
25 vorangehenden Ansprüchen auszuführen.
11. Batterie (10) nach Anspruch 10, wobei die Batterie (10) an eine Induktivität (L) eines elektrischen Antriebsmotors (13) anschließbar ist.
- 30 12. Ein Kraftfahrzeug mit einem elektrischen Antriebsmotor (13) zum Antreiben des Kraftfahrzeuges und mit einer mit einer Induktivität (L) des elektrischen Antriebsmotors (13) verbundenen Batterie nach einem der Ansprüche 10 oder 11.

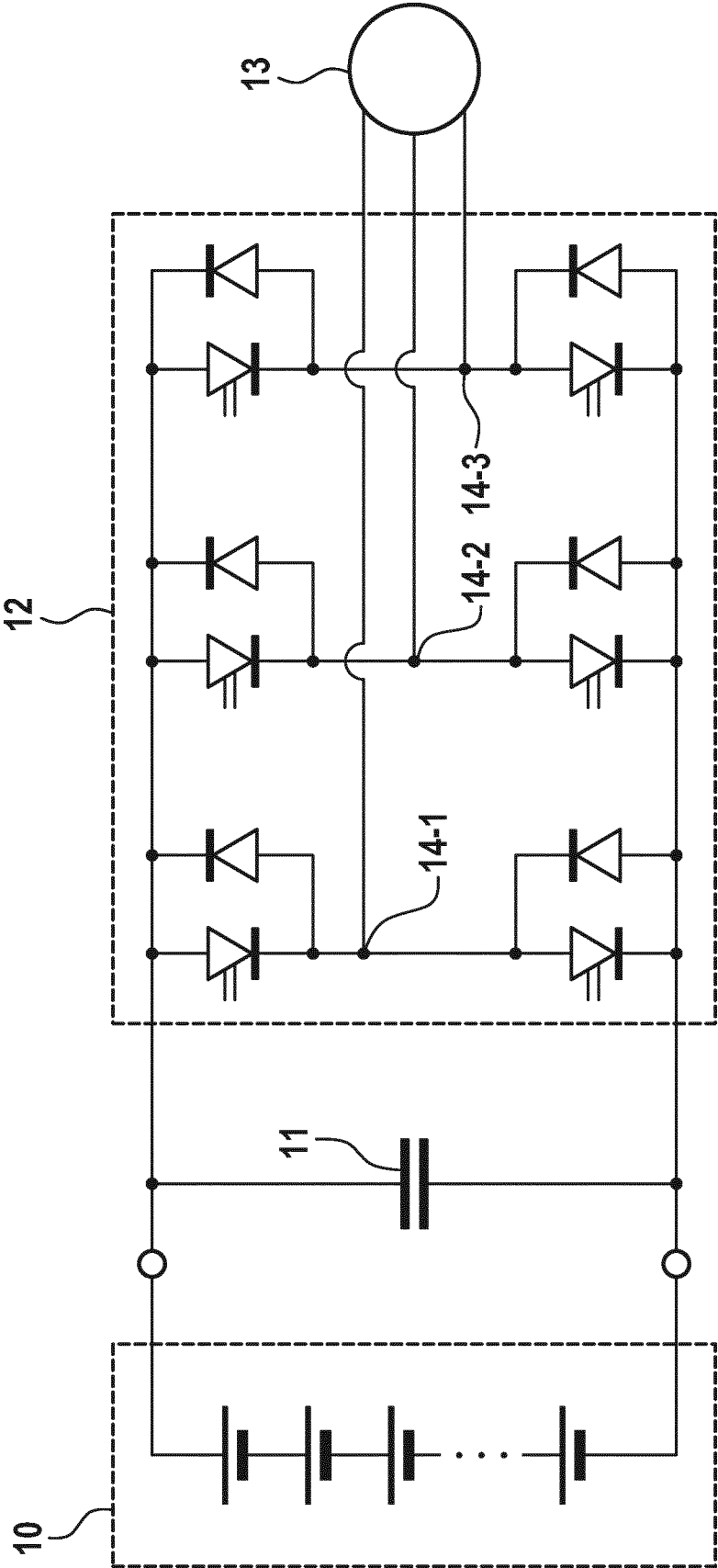


FIG. 1

2 / 10

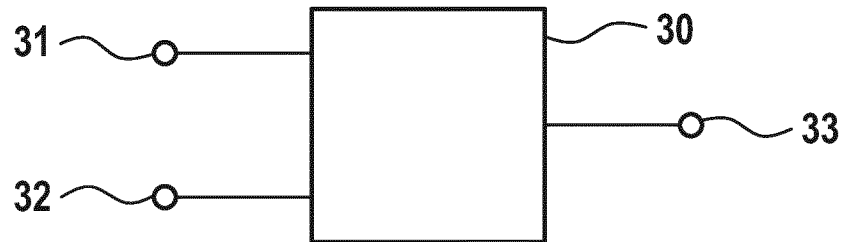


FIG. 2

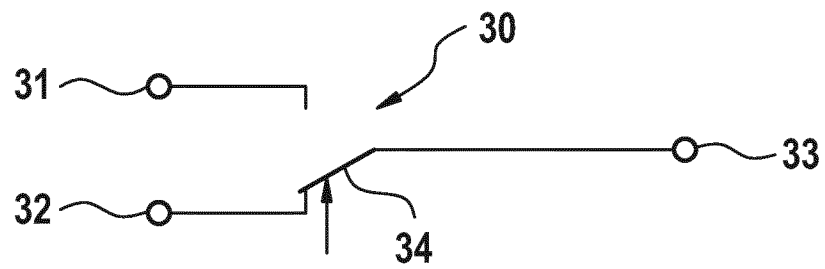


FIG. 3

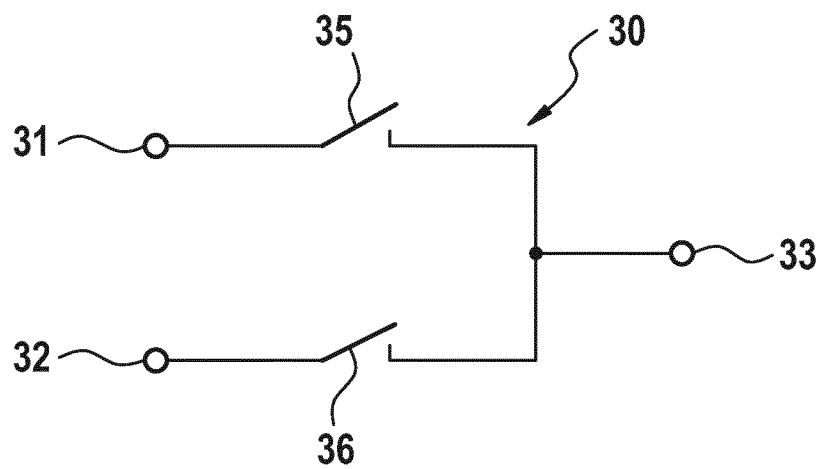


FIG. 4

3 / 10

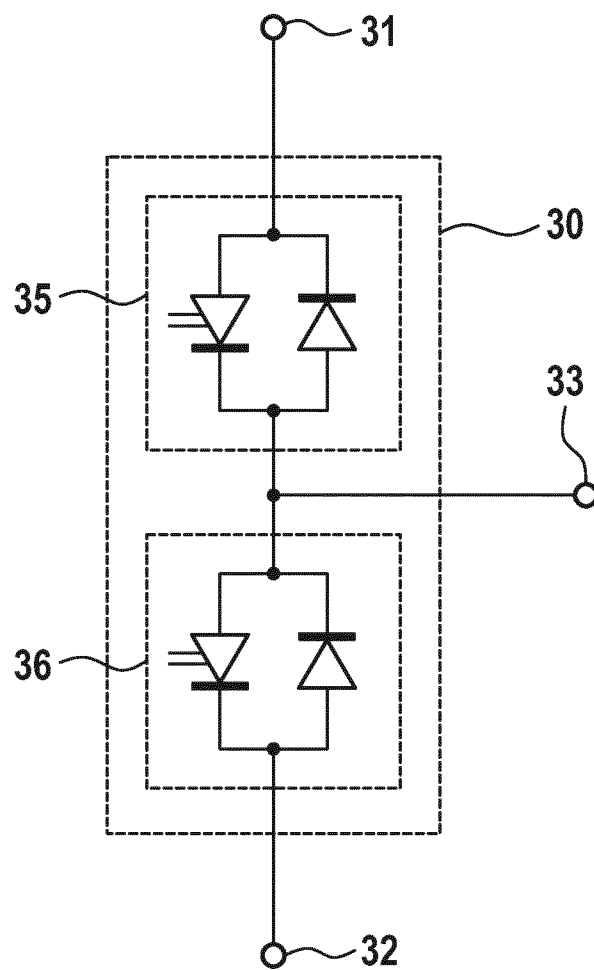


FIG. 5

4 / 10

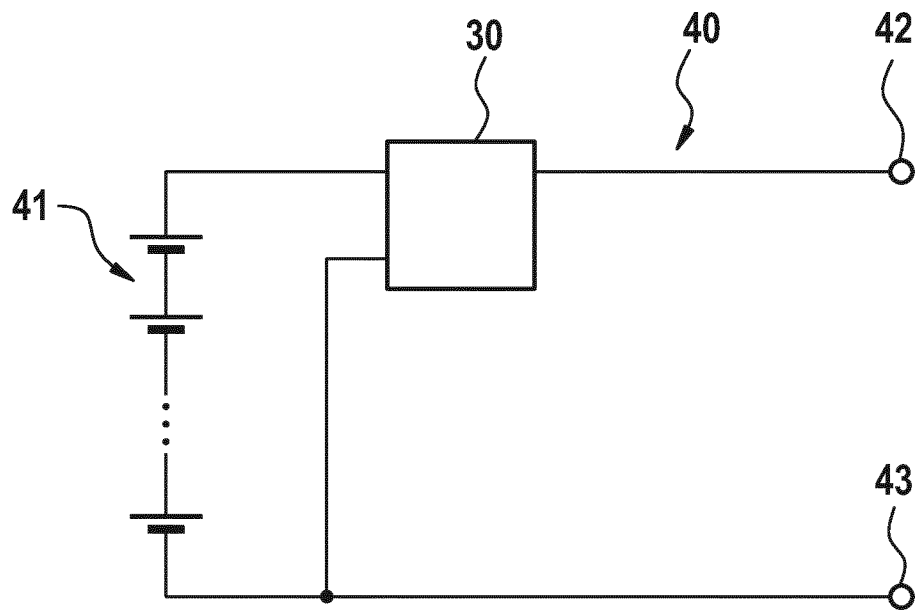


FIG. 6

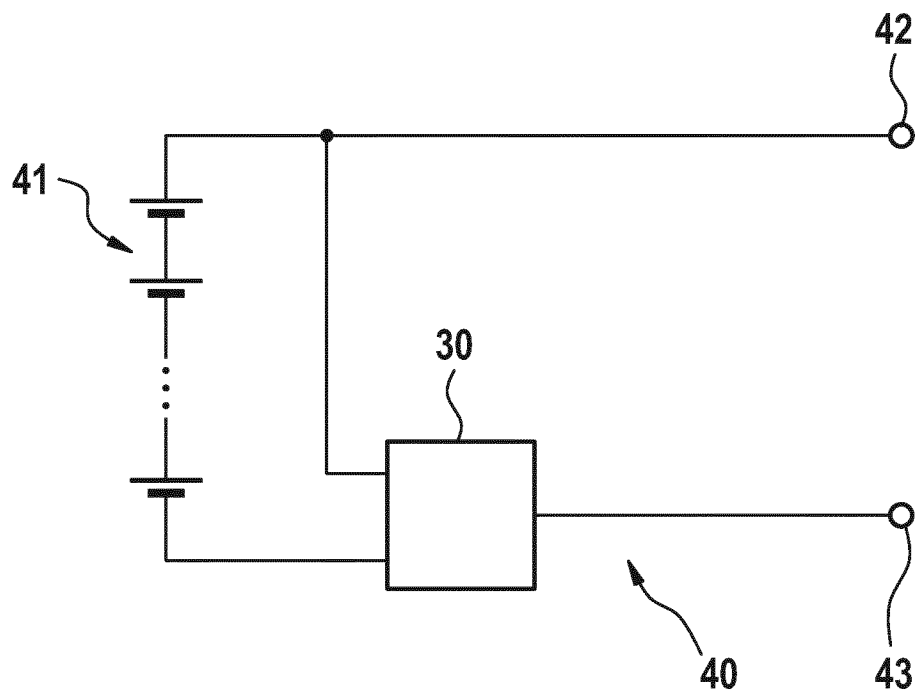


FIG. 7

5 / 10

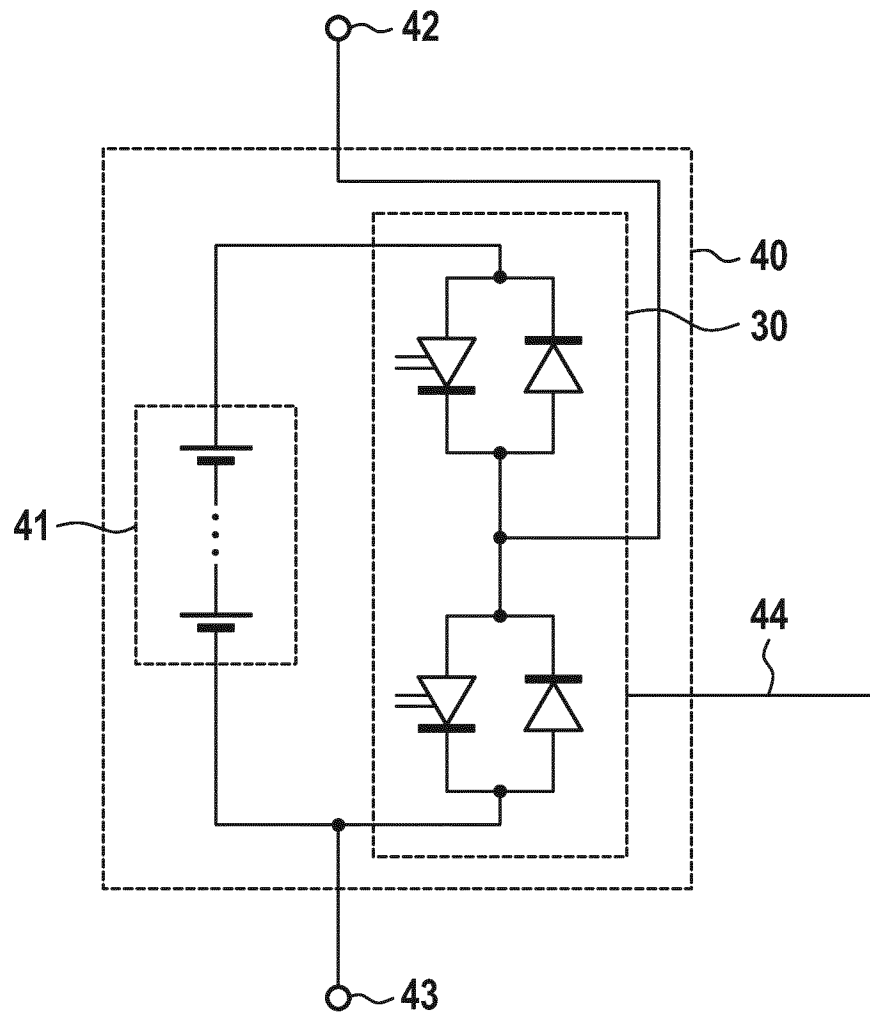


FIG. 8

6 / 10

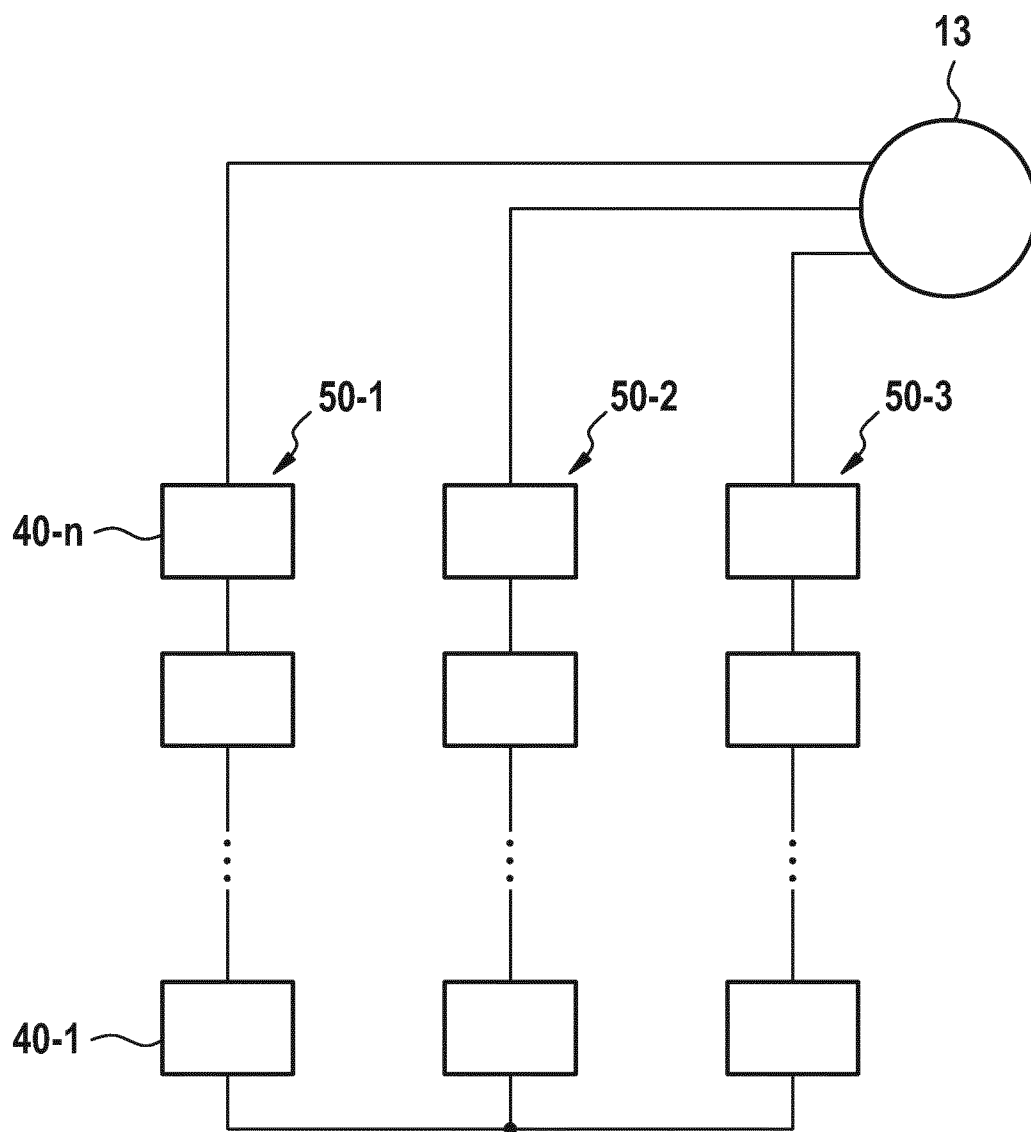


FIG. 9

7 / 10

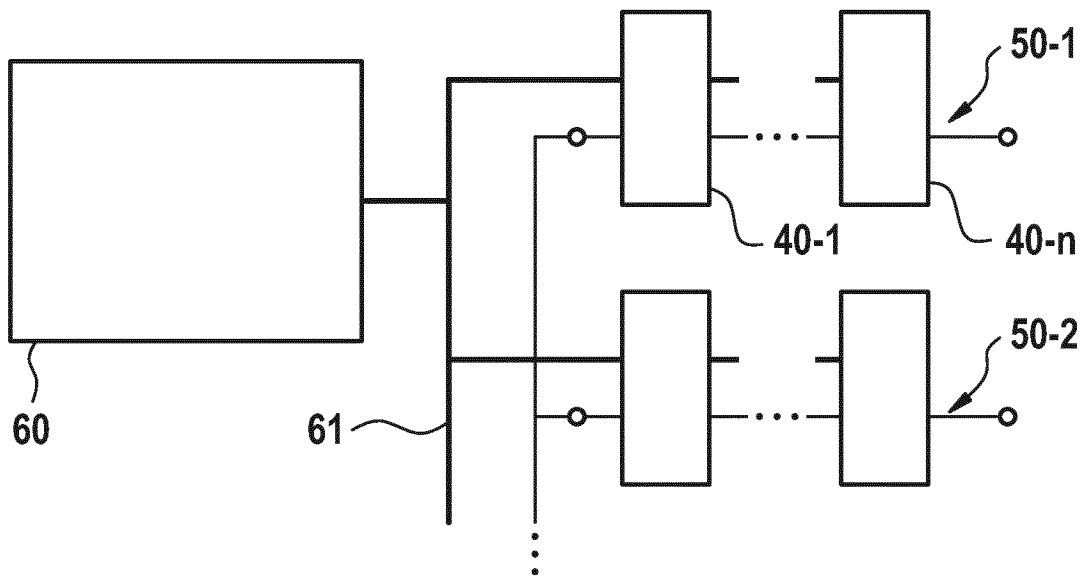


FIG. 10

8 / 10

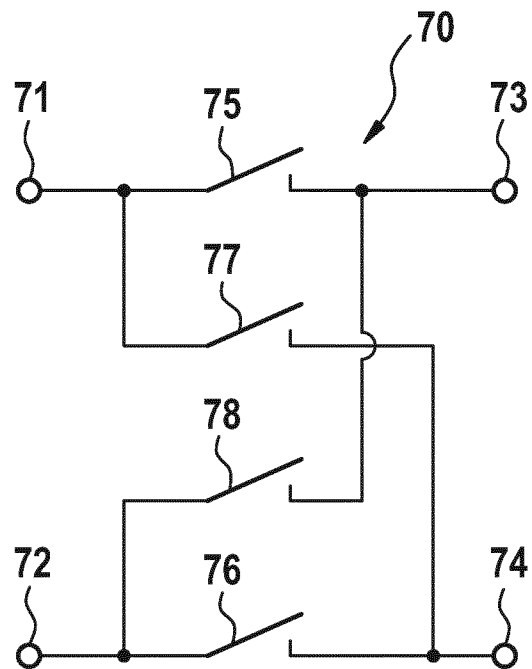


FIG. 11

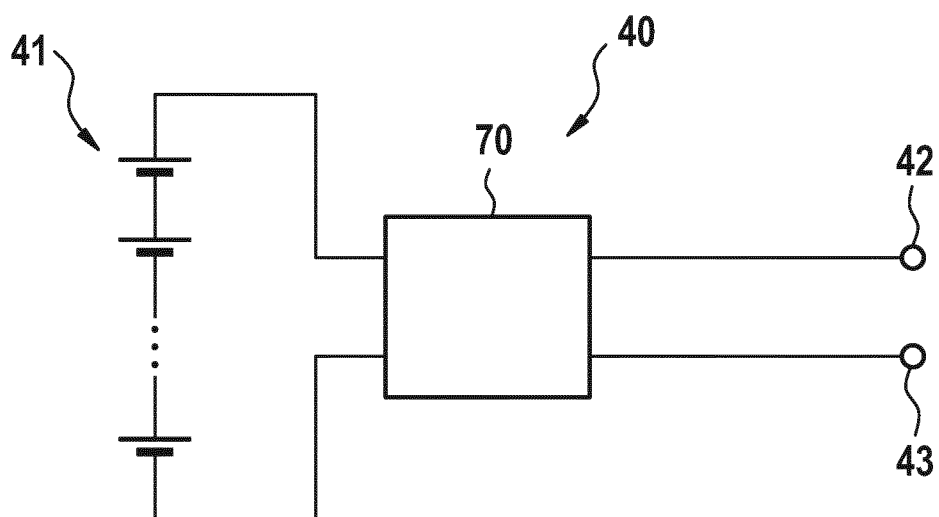


FIG. 12

9 / 10

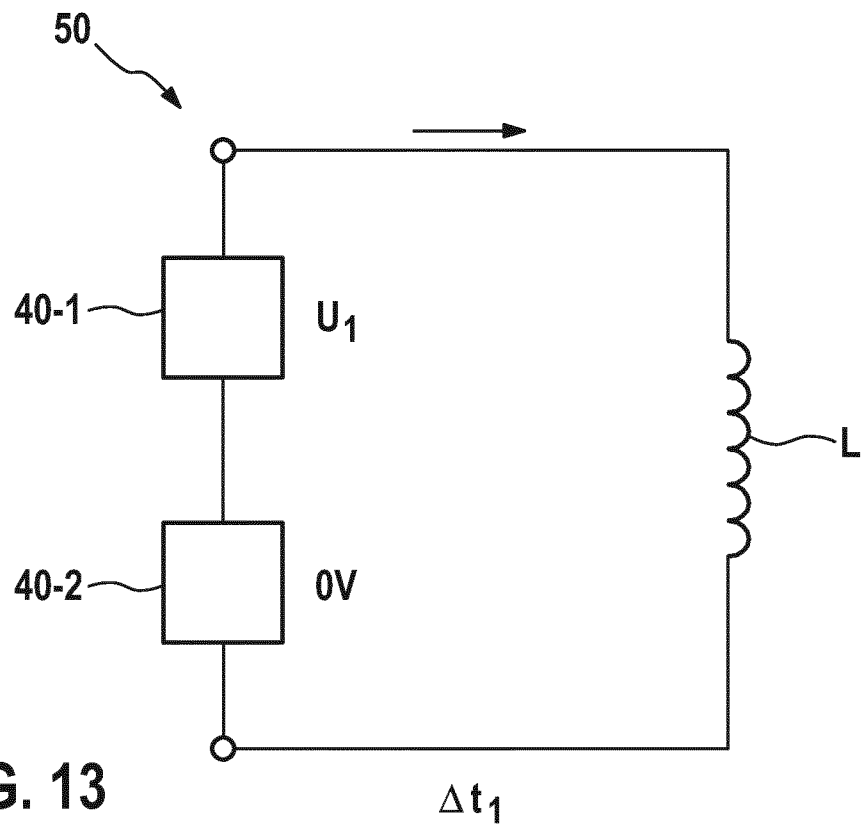


FIG. 13

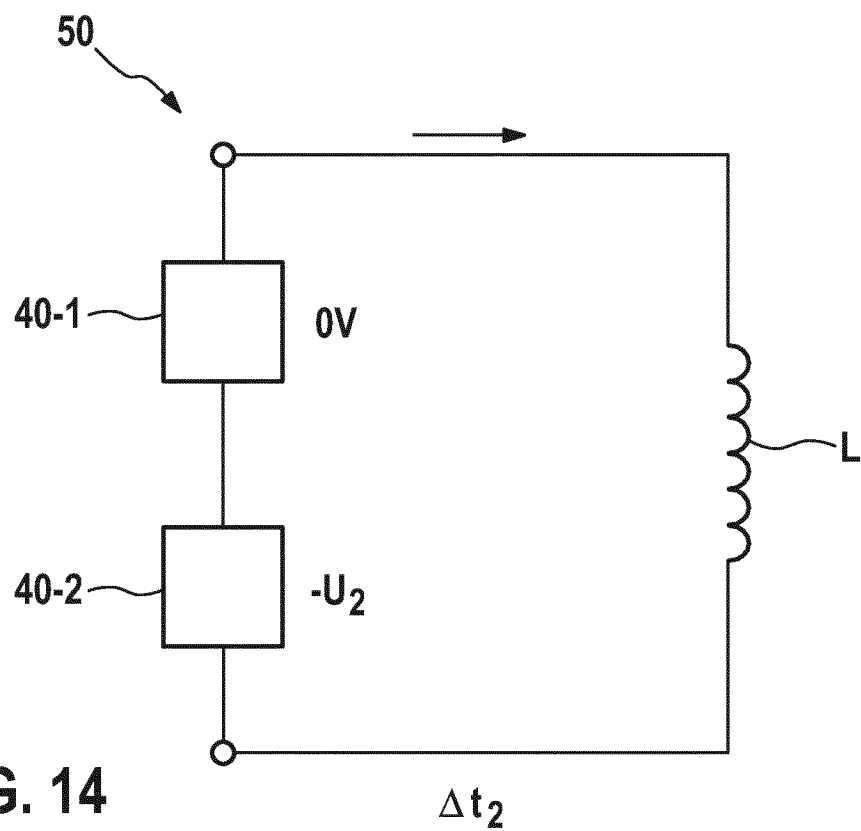


FIG. 14

10 / 10

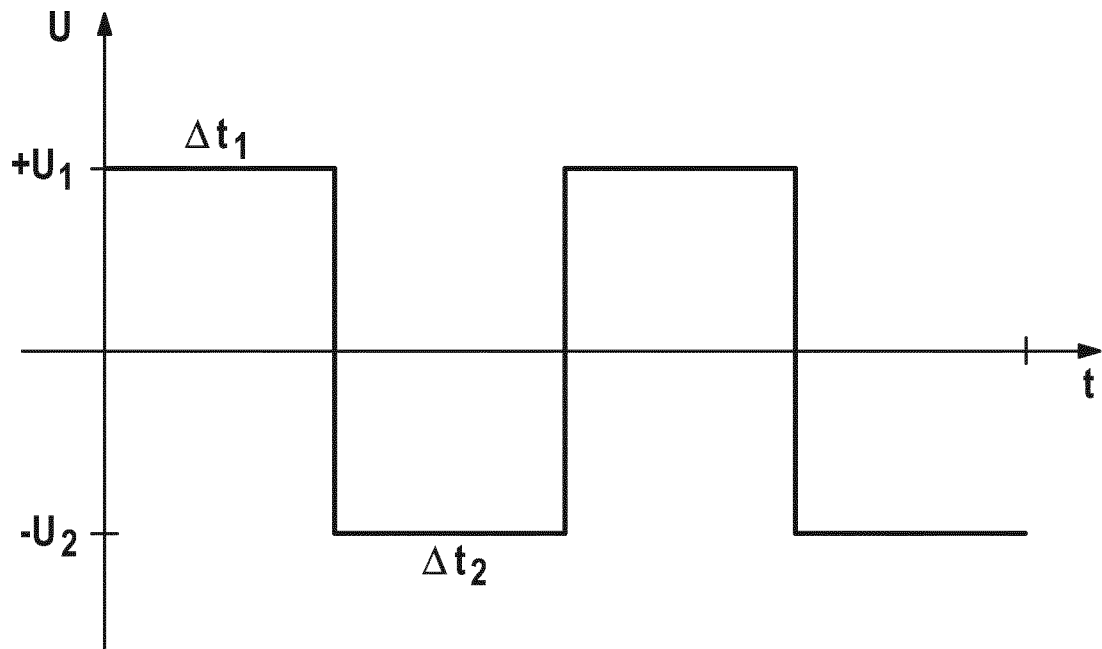


FIG. 15

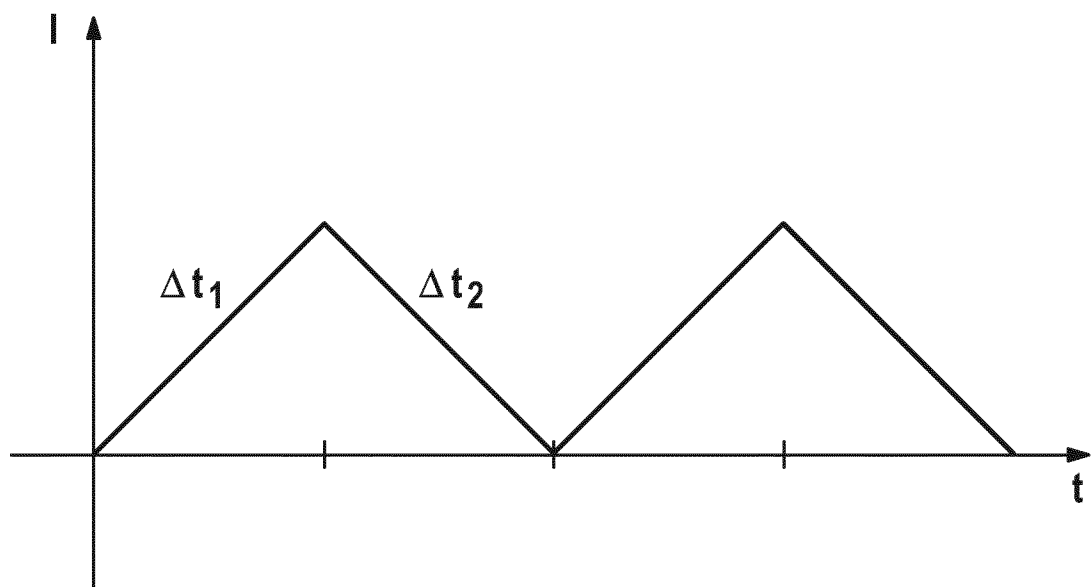


FIG. 16