

(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
20. März 2014 (20.03.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/040780 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02M 7/48 (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/065139

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Juli 2013 (18.07.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102012216158.9
12. September 2012 (12.09.2012) DE

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

(72) Erfinder: **WOLFF, Hans-Joerg**; Kaeppelesaecker 23,
73614 Schorndorf (DE). **PARTES, Hans**; Stuttgarter Str.
42, 71679 Asperg (DE). **FETZER, Joachim**;
Drackensteiner Str. 31, 73342 Bad-Ditzenbach (DE).

BUTZMANN, Stefan; Heilbronner Str. 23, 71717
Beilstein (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, 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, PA, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** BATTERY MANAGEMENT SYSTEM, BATTERY SYSTEM, MOTOR VEHICLE AND METHOD FOR
GENERATING A PERIODIC ALTERNATING VOLTAGE

(54) **Bezeichnung:** BATTERIEMANAGEMENTSYSTEM, BATTERIESYSTEM, KRAFTFAHRZEUG UND VERFAHREN ZUR
ERZEUGUNG EINER PERIODISCHEN WECHSELSPANNUNG

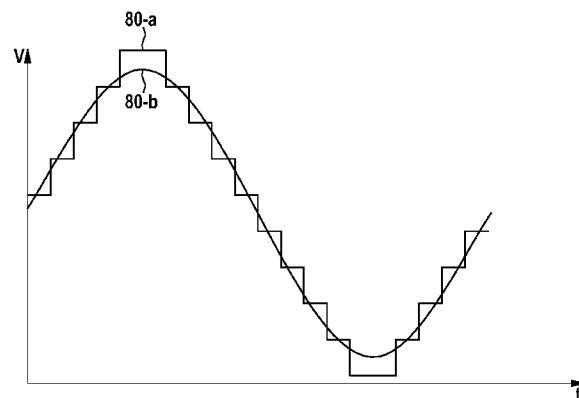


Fig. 4

(57) **Abstract:** The invention relates to a battery management system for a battery module chain (70-1, 70-m) having battery modules (11-1, 11-2,..., 11-n) that can be connected electrically positively or negatively, individually or serially, to terminals of the battery module chain (70-1, 70-m) and individually disconnected electrically. The battery module chain (70-1, 70-m) is suitable to generate an alternating voltage by disconnecting and connecting the battery modules (11-1, 11-2,..., 11-n). The battery management system is characterized in that it is able to assign each battery module a respective time period, during which the battery module is connected electrically during a half-period, depending on the position of said battery module in a battery module list. This permits a hierarchical arrangement of the battery modules in accordance with performance capability, for example determined by using charging state and/or state of health, and therefore permits the module loadings to be balanced out.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/040780 A2

**Veröffentlicht:**

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

Erfindungsgemäß wird ein Batteriemanagementsystem für einen Batteriemodulstrang (70-1, 70-m) vorgestellt mit individuell oder seriell elektrisch mit Polen des Batteriemodulstrangs (70-1, 70-m) positiv oder negativ verbindbaren und individuell elektrisch abtrennbaren Batteriemodulen (11 -1, 11 -2, ..., 11 -n). Dabei ist der Batteriemodulstrang (70-1, 70-m) geeignet, durch Abtrennen und Verbinden der Batteriemodule (11 -1, 11 -2, ..., 11 -n) eine Wechselspannung zu erzeugen. Das Batteriemanagementsystem ist dadurch gekennzeichnet, dass es jedem Batteriemodul abhängig von seiner Position in einer Batteriemodulliste eine jeweilige Zeitdauer zuzuordnen kann, während der das Batteriemodul innerhalb einer Halbperiode elektrisch verbunden ist. Dies ermöglicht eine Hierarchisierung der Batteriemodule nach beispielsweise anhand von Ladungszustand und/oder Gesundheitszustand bestimmter Leistungsfähigkeit und ermöglicht damit eine Ausbalancierung der Modulbelastungen.

5 Beschreibung

Titel

Batteriemanagementsystem, Batteriesystem, Kraftfahrzeug und Verfahren zur
Erzeugung einer periodischen Wechselspannung

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung einer periodischen Wechselspannung unter Verwendung eines Batteriemodulstrangs und ein Batteriemanagementsystem für einen Batteriemodulstrang. Der Batteriemodulstrang umfasst individuell oder seriell elektrisch mit Polen des Batteriemodulstrangs verbindbare und individuell elektrisch abtrennbare Batteriemodule je mit mindestens einer Batteriezele, beispielsweise eine Lithium-Ionen-Batteriezele, wie sie etwa in Batteriesystemen von Elektro- oder Hybridkraftfahrzeugen, also in Kraftfahrzeugen mit zumindest teil- oder zeitweise elektrisch betriebenen Antrieben, Verwendung findet. Die Erfindung betrifft daher auch ein Kraftfahrzeug und ein Batteriesystem.

15

20

Stand der Technik

Durch verbesserte Speicherkapazität, häufigere Wiederaufladbarkeit und höhere Energiedichten finden Batterien, beispielsweise Lithium-Ionen-Zellen basierte Batterien oder Nickelmetallhydrid-Batterien, immer breitere Anwendungen. Batterien mit geringerer Energiespeicherkapazität werden zum Beispiel für kleine tragbare elektronische Geräte wie Mobiltelefone, Laptops, Camcordern und dergleichen verwendet, während Batterien mit hoher Kapazität als Energiequelle für den Antrieb von Motoren von Hybrid- oder Elektro-Fahrzeugen, etc. oder als stationäre Batterien Verwendung finden.

25

30

Batterien können zum Beispiel durch das serielle Verschalten von Batteriemodulen gebildet werden, wobei teilweise auch parallele Verschaltungen der Batteriemodule erfolgen und die Batteriemodule ihrerseits aus seriell und/oder parallel verschalteten Batteriezele bestehen können.

35

Für den Antrieb von Motoren von Hybrid- oder Elektro-Fahrzeugen sind insbesondere Mehrphasenbatteriesysteme geeignet, die auch als Batterie Direktinverter (BDI) bezeichnet und in DE 10 2010 027 864 beschrieben werden. BDI umfassen Batteriemodule und den Modulen zugeordnete Kopplungseinheiten. Mittels der Kopplungseinheiten sind die Batteriemodule individuell elektrisch verbindbar und elektrisch abtrennbar, wahlweise mit der Möglichkeit, zwischen einer positiven und einer negativen Verbindung zu wählen.

Figur 1 zeigt ein Batteriemodul 60 mit Koppeleinheit 50. Eine Mehrzahl von Batteriezellen 11 ist zwischen die Eingänge einer Koppeleinheit 50 in Serie geschaltet. Dieses Batteriemodul 60 ist nicht auf eine solche Serienschaltung von Batteriezellen 11 beschränkt, es kann wiederum auch nur eine einzelne Batteriezelle 11 vorgesehen sein oder aber eine Parallelschaltung oder gemischt seriell-parallele Schaltung von Batteriezellen 11. Der erste Ausgang der Koppeleinheit 50 ist mit einem ersten Terminal 61 und der zweite Ausgang der Koppeleinheit 40 mit einem zweiten Terminal 62 verbunden. Durch die Koppeleinheit 50 können die Batteriezellen 11 von der restlichen Batterie beidseitig abgekoppelt werden, was beispielsweise einen gefahrlosen Austausch im laufenden Betrieb ermöglicht, da an keinem Pol der Batteriezellen 11 die gefährliche hohe Summenspannung der restlichen Batteriemodule der Batterie anliegt.

Figur 2 zeigt eine Batterie, welche über n Batteriemodulstränge 70-1 bis 70-m verfügt. Jeder Batteriemodulstrang 70-1 bis 70-m weist eine Mehrzahl von Batteriemodulen 60 auf, wobei vorzugsweise jeder Batteriemodulstrang 70-1 bis 70-m dieselbe Anzahl von Batteriemodulen 60 und jedes Batteriemodul 60 dieselbe Anzahl von Batteriezellen 11 in identischer Weise verschaltet enthält. Ein Pol eines jeden Batteriemodulstranges 70-1 bis 70-m kann mit einem entsprechenden Pol der anderen Batteriemodulstränge 70-1 bis 70-m verbunden sein, was durch eine gestrichelte Linie in Figur 2 angedeutet ist. Generell kann ein Batteriemodulstrang 70-1 bis 70-m jede Zahl von Batteriemodulen 60 größer 1 und eine Batterie jede Zahl von Batteriemodulsträngen 70-1 bis 70-m enthalten. Auch können an den Polen der Batteriemodulstränge 70-1 bis 70-m zusätzlich Lade- und Trenneinrichtungen und Trenneinrichtungen vorgesehen sein, wenn Sicherheitsbestimmungen dies erfordern. Allerdings sind solche

Trenneinrichtungen nicht notwendig, weil eine Abkopplung der Batteriezellen 11 von den Batterieanschlüssen durch die in den Batteriemodulen 60 enthaltenen Koppereinheiten 30 oder 50 erfolgen kann.

Figur 3 zeigt ein Antriebssystem mit einer Batterie. Im gezeigten Beispiel besitzt die Batterie drei Batteriemodulstränge 70-1, 70-2 und 70-3, welche jeweils direkt an einen Eingang eines auf einen Betrieb mit drei Phasensignalen ausgelegten Antriebsmotors 13 angeschlossen sind. Indem eine Steuereinheit der Batterie eine variable Anzahl von Batteriemodulen 60 eines Batteriemodulstranges aktiviert (beziehungsweise deaktiviert), steht am Ausgang des Batteriemodulstranges eine zu der Anzahl der aktivierten Batteriemodule 60 proportionale Spannung, welche zwischen 0 V und der vollen Ausgangsspannung des Batteriemodulstranges betragen kann, zur Verfügung.

Daher kann das Mehrphasenbatteriesystem durch entsprechendes Verbinden und Abtrennen der Module verwendet werden, mehrere zueinander phasenverschobene Wechselspannungen zu erzeugen. Bei entsprechender Auslegung können zum Beispiel drei Sinuskurven angenäherte und zueinander phasenverschobene Wechselspannungsprofile erzeugt werden, wodurch ein direkt zum Antrieb von Elektro- oder Hybridmotoren verwendbares Drehfeld erzeugt wird. Die Spannung wird dabei so gewählt, dass der sich einstellende Wechselstrom das zum Betrieb des Motors benötigte Drehmoment bewirkt.

Figur 4 zeigt einen zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung eines Batteriemodulstrangs. Die Ausgangsspannung des einen Batteriemodulstranges V ist dabei über der Zeit t aufgetragen. Mit dem Bezugszeichen 80-b ist ein für einen beispielhaften Anwendungszweck gewünschter (idealer) Sinus aufgetragen, der jedoch nur Spannungswerte größer oder gleich Null aufweist. Der ideale Sinus wird vom Batteriemodulstrang durch eine wertdiskrete Spannungskurve 80-a näherungsweise erzeugt. Die Abweichungen der wertdiskreten Spannungskurve 80-a von der idealen Kurve 80-b hängen hinsichtlich ihrer Größe von der Anzahl von Batteriezellen 11 ab, die in einem Batteriemodul 60 in Serie geschaltet sind. Je weniger Batteriezellen 11 in einem Batteriemodul 60 in Serie geschaltet sind, desto genauer kann die wertdiskrete Spannungskurve 80-a der idealisierten Kurve 80-b folgen. In üblichen

Anwendungen beeinträchtigen die verhältnismäßig geringen Abweichungen die Funktion des Gesamtsystems jedoch nicht.

5 Zum Batteriemanagement, zum Beispiel zur grundsätzlichen Ansteuerung von Modulen, zur Erhöhung der Sicherheit von Batterien, zur Effizienzsteigerung und zur Verlängerung der Lebenszeit von Batteriemodulen und aus Batteriemodulen zusammengesetzten Batteriesystemen werden Batteriemanagementsysteme eingesetzt. Eine Funktion von Batteriemanagementsystemen ist die Aufnahme von zeitlichen Stromstärken- und/oder Spannungsverläufen mit einer Genauigkeit
10 und Abtastfrequenz, die notwendig ist, um einen aktuellen Ladungszustand und/oder einen aktuellen Alterungszustand, eine interne Impedanz, einen Temperaturwert und/oder den Wert einer anderen Kenngröße der einzelnen Batteriemodule zu bestimmen.

15 Obwohl die Herstellung der Batteriezellen standardisiert ist und ausgezeichnete Herstellungsverfahren durch die Zellhersteller verwirklicht sind, werden Unterschiede in den elektrischen Eigenschaften, beispielsweise bezüglich Spannung, Kapazität oder Innenwiderstand beobachtet. Neben diesen Unterschieden, die durch den Herstellungsprozess entstehen, bewirken
20 Alterungsprozesse eine weitere Veränderung der elektrischen Eigenschaften der Batteriezellen. In einem Batteriemodul aus einer oder mehreren Zellen sind die einzelnen Batteriezellen daher nie identisch in Bezug auf die elektrische Leistung. Insbesondere bei serieller Verschaltung der Zellen in einem Modul wird das Verhalten des Moduls durch die elektrische Charakteristik der schwächsten
25 Zelle bestimmt. Daher weisen die einzelnen Batteriemodule ebenfalls individuelle elektrische Charakteristiken auf.

Offenbarung der Erfindung

30 In der vorliegenden Erfindung wird ein Balancierungsverfahren zwischen den Modulen einer Batterie beschrieben.

Insbesondere wird erfindungsgemäß ein Batteriemanagementsystem gemäß Anspruch 1 für einen Batteriemodulstrang mit individuell oder seriell elektrisch mit
35 Polen des Batteriemodulstrangs verbindbaren und individuell elektrisch abtrennbaren Batteriemodulen beschrieben.

Dabei ist der Batteriemodulstrang geeignet, durch Abtrennen und Verbinden der Batteriemodule eine Wechselspannung zu erzeugen, das Batteriemanagementsystem ist dadurch gekennzeichnet, dass es ausgelegt ist, jedem Batteriemodul abhängig von seiner Position in einer Batteriemodulliste eine jeweilige Zeitdauer zuzuordnen, während der das Batteriemodul innerhalb einer Halbperiode der Wechselspannung elektrisch verbunden ist.

Das erlaubt ein dynamisches Management der Belastungen der Batteriemodule durch dynamisches Management der Batteriemodulliste.

In einer möglichen Ausführungsform umfasst das Batteriemanagementsystem eine Vorrichtung zum Empfang übermittelter Spannungsverläufe der Batteriemodule und Mittel zur Verwendung des gemessenen Verlaufs zur Bestimmung eines Abnutzungszustands des jeweiligen Batteriemoduls. Dabei ist das Batteriemanagementsystem ausgelegt, die bestimmten Zustände zur Anordnung der Batteriemodule in der Batteriemodulliste zu verwenden, so dass die Batteriemodule in der Batteriemodulliste nach ansteigender Abnutzung angeordnet sind. Weiterhin ist das Batteriemanagementsystem ausgelegt, einem weniger abgenutzten Batteriemodul eine Zeitdauer zuzuordnen, die länger als eine einem vergleichsweise stärker abgenutzten Batteriemodul zugeordnete Zeitdauer ist.

In dieser oder einer anderen Ausführungsform kann das Batteriemanagementsystem ausgelegt sein, Anzahl und Dauer von Unterbrechungen zur Teilung der jeweiligen Zeitdauer in voneinander getrennte Teilzeitdauern zu bestimmen, wobei Anzahl und Dauer der Unterbrechungen abhängig von einer durch das jeweilige Batteriemodul zur Verfügung gestellten Spannung und einem gewünschten Spannungsverlauf der Wechselspannung zwischen einem Anfangszeitpunkt und einem Endzeitpunkt der jeweiligen Zeitdauer sind.

Weiterhin wird ein Batteriesystem gemäß Anspruch 4 zur Erzeugung von mindestens einer Wechselspannung vorgestellt. Das Batteriesystem umfasst mindestens einen Batteriemodulstrang mit individuell oder seriell elektrisch mit Polen des Batteriemodulstrangs verbindbaren und individuell elektrisch

abtrennbaren Batteriemodulen und ein erfindungsgemäßes Batteriemanagementsystem.

Und es wird ein Kraftfahrzeug beschrieben, welches eine zumindest zeit- oder teilweise elektrisch betreibbare Antriebseinheit und ein Batteriesystem nach Anspruch 4 umfasst.

Weiterhin wird ein Verfahren zur Erzeugung einer periodischen Wechselspannung vorgestellt, wobei die Wechselspannung an Polen eines Batteriemodule umfassenden Batteriesystems erzeugt wird. Dabei erlaubt das Batteriesystem, jedes der Batteriemodule individuell mit den Polen elektrisch zu verbinden oder von den Polen elektrisch zu trennen. Die Wechselspannung wird durch Änderung elektrischer Verbindungszustände der Batteriemodule mit den Polen erzeugt, wobei in einer Halbperiode jedes Batteriemodul unterschiedlich lange elektrisch verbunden ist. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass eine jeweilige Zeitdauer, während der ein jeweiliges Batteriemodul während der Halbperiode elektrisch verbunden werden soll, zumindest einer Position des jeweiligen Batteriemoduls in einer Batteriemodulliste zugeordnet wird. Das heißt, die jeweilige Zeitdauer, während der das jeweilige Batteriemodul während der Halbperiode elektrisch verbunden werden soll, hängt zumindest von einer Position des jeweiligen Batteriemoduls in einer Batteriemodulliste ab.

In einer möglichen Ausführungsform umfasst das Verfahren für jedes der Batteriemodule die Schritte Messung von einem Verlauf zumindest einer Spannung des jeweiligen Batteriemoduls und Verwendung des gemessenen Verlaufs zur Bestimmung eines Abnutzungszustands des jeweiligen Batteriemoduls. In der möglichen Ausführungsform umfasst das Verfahren weiterhin eine Verwendung der bestimmten Zustände zur Anordnung der Batteriemodule in der Batteriemodulliste, so dass die Batteriemodule in der Batteriemodulliste nach ansteigender Abnutzung angeordnet sind, wobei die jeweilige Zeitdauer desto länger ist je weniger abgenutzt das jeweilige Batteriemodul ist.

Dabei kann das Batteriemodul, das in einer der Halbperiode unmittelbar vorangehenden Halbperiode für eine längste Zeitdauer verbunden war, in der Halbperiode für eine kürzeste Zeitdauer verbunden werden.

Die jeweilige Zeitdauer kann aus durch mindestens eine Unterbrechung von einander getrennten Teilzeitdauern bestehen. Anzahl und Dauer der Unterbrechungen können dann von einer durch das jeweilige Batteriemodul zur Verfügung gestellten Spannung und einem gewünschten Spannungsverlauf der Wechsellspannung zwischen einem Anfangszeitpunkt einer zeitlich ersten der Teilzeitdauern und einem Endzeitpunkt einer zeitlich letzten der Teilzeitdauern abhängig gewählt werden, so dass durch Pulsweitenmodulation der gewünschte Spannungsverlauf besser angenähert wird.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Batteriemodul mit Kopplungseinheit nach dem Stand der Technik,

Figur 2 eine Batterie mit n Batteriemodulsträngen nach dem Stand der Technik,

Figur 3 ein Antriebssystem mit einer Batterie mit drei Batteriemodulsträngen nach dem Stand der Technik,

Figur 4 einen zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung eines Batteriemodulstrangs,

Figur 5 einen beispielhaften zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung eines Batteriemodulstrangs nach einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 6 einen beispielhaften zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung eines Batteriemodulstrangs nach einer Variante der ersten Ausführungsform der Erfindung,

Figur 7 einen beispielhaften zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung eines Batteriemodulstrangs nach einer zweiten Ausführungsform der Erfindung, und

Figur 8 einen beispielhaften zeitlichen Verlauf einer Ausgangsspannung eines Batteriemodulstrangs nach einer Variante der zweiten Ausführungsform der Erfindung.

5 Ausführungsformen der Erfindung

In einer ersten beispielhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein Balancierungsverfahren zwischen Modulen eines Mehrphasenbatteriesystems, also eines Batteriesystems mit BDI, beschrieben. Das Balancierungsverfahren
10 umfasst eine Priorisierung der Batteriemodule für die Erzeugung des sinusförmigen Spannungsverlaufs. Dabei erhält ein Modul eine desto höhere Priorität für die Nutzung in der Erzeugung, je höher seine Leistungsfähigkeit ist. Diese kann etwa anhand des Ladungszustands bestimmt werden. Alternativ oder zusätzlich kann der Abnutzungszustand des Moduls berücksichtigt werden,
15 wobei eine desto höhere Priorität für die Nutzung in der Erzeugung vergeben wird, je niedriger der Abnutzungszustand ist.

Der Abnutzungszustand eines Moduls kann geschätzt werden, etwa anhand der Gesamtzeitdauer, die das Modul verwendet wurde. Zusätzlich oder alternativ
20 kann sich die Bestimmung des Abnutzungszustands auf eine oder mehrere Messungen an dem Modul, etwa eine Impedanzmessung und/oder eine Kapazitätsmessung, gestützt sein.

Die Priorisierung begrenzt die Nutzung der leistungsschwächeren Module, die aufgrund von Abnutzung oder aktuellem Ladungszustand schwächer sind als andere, und bewirkt stattdessen vermehrte Nutzung der leistungsstärkeren
25 Module. Weitere Schwächung und/oder Alterung der schwächeren Module wird so begrenzt. Diese bewirkt eine Verlängerung der Nutzbarkeit dieser Module und damit längere und bessere Nutzbarkeit des Gesamtsystems.

30 In Batteriemodulsystemen mit Direkt Konverter (BDI) können Module individuell zu- und abgeschaltet werden. Dabei kann zusätzlich zwischen positiver und negativer Zuschaltung gewählt werden. Dadurch lassen sich mit einem Batteriemodulsystem mit Direkt Konverter annähernd sinusförmige
35 Wechselspannungsprofile oder -verläufe erzeugen.

In einer ersten Ausführungsform der Erfindung, beispielhaft skizziert in Figur 5, wird zur Erzeugung einer ersten Halbperiode ein stärkstes Modul 11-1 von n Modulen im Hinblick auf SOC und/oder SOH und/oder Nutzungsdauer ausgewählt und zur Erzeugung einer Spannung V_1 für eine Dauer $t_1 \leq T/2$ positive zugeschaltet, wobei T die Periodendauer ist. Wenn die vom stärksten Modul 11-1 zur Verfügung stehende Spannung betragsmäßig größer als $|V_1|$ ist, kann anstelle permanenter Zuschaltung für die Dauer t_1 Pulsweitenmodulation mittels Schnellschalten (Fast Switching) während der Dauer t_1 verwendet werden, um im Mittel eine Spannung V_1 zur Verfügung zu stellen.

Ein nächstschwächeres oder zweitstärkstes Modul 11-2 von den n Modulen wird während der Zeitdauer t_1 für eine Zeitdauer $t_2 \leq t_1$ positiv zugeschaltet. Während der Zeitdauer t_2 stellt das zweitstärkste Modul 11-2 eine Spannung V_2 mit $|V_2| \leq |V_1|$ zur Verfügung. Wieder kann anstelle permanenter Zuschaltung fast-switching-basierte Pulsweitenmodulation verwendet werden, um im Mittel die Spannung V_2 zur Verfügung zu stellen. Die Module werden positiv in Reihe geschaltet, so dass während der Zeitdauer t_2 mindestens eine Spannung mit einem Betrag größer oder gleich $|V_1| + |V_2|$ zur Verfügung steht.

Ein i -stärkstes Modul 11- i , $1 < i < n$, wird während der Zeitdauer $t_{(i-1)}$ für eine Zeitdauer $t_i \leq t_{(i-1)}$ zugeschaltet. Während der Zeitdauer t_i stellt das i -stärkste Modul 11- i eine Spannung V_i mit $|V_i| \leq |V_{(i-1)}|$ zur Verfügung. Wieder kann Pulsweitenmodulation verwendet werden, um im Mittel die Spannung V_i zur Verfügung zu stellen. Die Module werden positiv in Reihe geschaltet, so dass während der Zeitdauer t_i mindestens eine Spannung mit einem Betrag größer oder gleich $|V_1| + |V_2| + \dots + |V_{(i-1)}| + |V_i|$ zur Verfügung steht.

Ein schwächstes Modul 11- n wird während der Zeitdauer $t_{(n-1)}$ für eine Zeitdauer $t_n \leq t_{(n-1)}$ zugeschaltet. Während der Zeitdauer t_n stellt das schwächste Modul 11- n eine Spannung V_n mit $|V_n| \leq |V_{(n-1)}|$ zur Verfügung. Die Module werden positiv in Reihe geschaltet, so dass während der Zeitdauer t_n mindestens eine Spannung zur Verfügung steht, deren Betrag $|V_1| + |V_2| + \dots + |V_{(n-1)}| + |V_n| = V_{\max}$ ist. V_{\max} ist dann die Amplitude der Wechselspannung. Wieder kann Pulsweitenmodulation verwendet werden, um im Mittel die Spannung V_n zur Verfügung zu stellen. Diese Variante der ersten Ausführungsform ist beispielhaft in Figur 6 dargestellt.

Für die Erzeugung der ersten Halbperiode eines einer Sinuskurve angenäherten Spannungsprofils werden die Intervalle t_1, t_2, \dots, t_n um den Zeitpunkt $t_0 + T/4$ zentriert, wobei die Halbperiode bei t_0 beginnt.

In dieser ersten Ausführungsform wird die Zuordnung von Intervall zu Modul in der zweiten Halbperiode beibehalten. Das heißt, in der zweiten Halbperiode wird das stärkste Modul schwächstes Modul 11-1 wieder für eine Zeitdauer t_1 zugeschaltet, das i -stärkste Modul 11- i , $1 < i < n$, wird wieder für eine Zeitdauer $t_i \leq t_j$, für alle $1 \leq j < i$, zugeschaltet und das schwächste Modul 11- n wird wieder für eine Zeitdauer $t_n \leq t_j$, für alle $1 \leq j < n$, zugeschaltet. In der zweiten Halbperiode ist die Zuschaltung jedoch negativ. Die Beträge der erzeugten Spannungen sind dieselben wie in der ersten Halbperiode. Wieder sind die Intervalle t_1, t_2, \dots, t_n zentriert, in der zweiten Halbperiode jedoch um den Zeitpunkt $t_0 + 3 \cdot T/4$.

Die Hierarchisierung der Module nach Stärke kann unter Verwendung von berechneten und/oder gemessenen Größen erfolgen. So kann beispielsweise die Gesamtnutzdauer der Module im BMS unter Verwendung der Zuschaltdauern nachgehalten und zur Hierarchisierung nach Stärke verwendet werden. Zusätzlich oder alternativ kann anhand von gemessenen Werten wie Spannung, Strom und/oder Kapazität, ein aktueller Ladungszustand der Module bestimmt und die Hierarchisierung der Module nach Ladungszustand erfolgen.

Dabei ist es vorteilhaft, die Hierarchisierung nach jeder Periode zu aktualisieren, so dass tatsächliche Ladungs-, Abnutzungs- und/oder Alterungszustände zur Hierarchisierung verwendet werden.

In einer zweiten Ausführungsform, beispielhaft in Figur 7 skizziert, ist festgelegt, dass die Zuordnung von Zeitdauer zu Modul in der zweiten Halbperiode invertiert wird. Das heißt, in der zweiten Halbperiode wird das Modul 11- n , das in der ersten Halbperiode für die Dauer $t_n \leq t_j$, für alle $1 \leq j < n$, zugeschaltet war, in der zweiten Halbperiode für eine Zeitdauer t_1 zugeschaltet. Das Modul 11-1, das in der ersten Halbperiode für die Dauer t_1 zugeschaltet war, wird in der zweiten Halbperiode für eine Zeitdauer $t_n \leq t_j$, für alle $1 \leq j < n$, zugeschaltet. Und das Modul 11- i , das in der ersten Halbperiode für die Dauer t_i , $1 \leq i < n$ zugeschaltet war, wird in der zweiten Halbperiode für eine Zeitdauer $t(n-i)$, zugeschaltet. Figur 8 zeigt

eine Variante des dritten Beispiels aus Figur 7, bei dem zusätzlich fast switching der je Halbperiode am kürzesten zugeschalteten Module verwendet wird, um die Amplitude anzupassen.

5 In der zweiten Ausführungsform ist die Belastung der Module innerhalb einer Periode gleich oder annähernd gleich. Insbesondere ist die Belastung der Module, die in einer Halbperiode am längsten und in der anderen Halbperiode am kürzesten zugeschaltet sind, gleich.

10 Sofern Dauer t_i und Spannung V_i aber so gewählt sind, dass sich für verschiedene i verschiedene Gesamtbelastungen pro Periode ergeben, ist es möglich, die verschiedenen i nach den Gesamtbelastungen pro Periode zu hierarchisieren. Das schwächste Modul kann dann für die Dauer t_i in der ersten Halbperiode zugeschaltet werden, für die die Gesamtbelastung in beiden
15 Halbperioden am niedrigsten ist. Entsprechend können stärkere Module größeren Belastungen und das stärkste Modul der größten Belastung ausgesetzt werden.

In einer dritten Ausführungsform erfolgt die Zuschaltung nicht nach Stärke,
20 sondern nach zur Verfügung gestellter Spannung. Zur Erhöhung des Spannungsbetrags um einen Betrag $|V_i|$ wird dann das Modul zugeschaltet, dessen zur Verfügung gestellte Spannung im Betrag größer gleich $|V_i|$ ist und deren Betrag die geringste Abweichung von $|V_i|$ hat. So kann eine besonders gute Annäherung an einen sinusförmigen Verlauf erreicht werden.

25

5 Ansprüche

1. Batteriemanagementsystem für einen Batteriemodulstrang (70-1, ..., 70-m)
mit individuell oder seriell elektrisch mit Polen des Batteriemodulstrangs
(70-1, ..., 70-m) positiv oder negativ verbindbaren und individuell elektrisch
abtrennbaren Batteriemodulen (11-1, 11-2, ... 11-n), wobei der
Batteriemanagementsystem ausgelegt ist, jedem Batteriemodul abhängig
von seiner Position in einer Batteriemodulliste eine jeweilige Zeitdauer
zuzuordnen, während der das Batteriemodul innerhalb einer Halbperiode der
Wechselspannung elektrisch verbunden ist.
2. Batteriemanagementsystem nach Anspruch 1, weiterhin umfassend eine
Vorrichtung zum Empfang übermittelter Spannungsverläufe der
Batteriemodule; Mittel zur Verwendung des gemessenen Verlaufs zur
Bestimmung eines Abnutzungszustands des jeweiligen Batteriemoduls;
wobei das Batteriemanagementsystem ausgelegt ist, die bestimmten
Zustände zur Anordnung der Batteriemodule in der Batteriemodulliste zu
verwenden, so dass die Batteriemodule in der Batteriemodulliste nach
ansteigender Abnutzung angeordnet sind, wobei das
Batteriemanagementsystem ausgelegt ist, einem weniger abgenutzten
Batteriemodul eine Zeitdauer zuzuordnen, die länger als eine einem
vergleichsweise stärker abgenutzten Batteriemodul zugeordnete Zeitdauer
ist.
3. Batteriemanagementsystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei das
Batteriemanagementsystem ausgelegt ist, Anzahl und Dauer von
Unterbrechungen zur Teilung der jeweiligen Zeitdauer in voneinander
getrennte Teilzeitdauern zu bestimmen, wobei Anzahl und Dauer der

Unterbrechungen abhängig von einer durch das jeweilige Batteriemodul zur Verfügung gestellten Spannung und einem gewünschten Spannungsverlauf der Wechsellspannung zwischen einem Anfangszeitpunkt und einem Endzeitpunkt der jeweiligen Zeitdauer sind.

4. Batteriesystem (140) zur Erzeugung von mindestens einer Wechsellspannung, umfassend mindestens einen Batteriemodulstrang (70-1, ..., 70-m) mit individuell oder seriell elektrisch mit Polen des Batteriemodulstrangs (70-1, ..., 70-m) verbindbaren und individuell elektrisch abtrennbaren Batteriemodulen (11-1, 11-2, ..., 11-n) und ein Batteriemanagementsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3.
5. Kraftfahrzeug mit einer zumindest zeit- oder teilweise elektrisch betreibbaren Antriebseinheit (150) und mit einem Mehrphasenbatteriesystem (140) nach Anspruch 4.
6. Verfahren zur Erzeugung einer periodischen Wechsellspannung an Polen eines Batteriemodules (11-1, 11-2, ..., 11-n) umfassenden Batteriesystems (70-1, ..., 70-m), wobei das Batteriesystem (70-1, ..., 70-m) erlaubt, jedes der Batteriemodule (11-1, 11-2, ..., 11-n) individuell mit den Polen elektrisch zu verbinden oder von den Polen elektrisch zu trennen, und wobei die Wechsellspannung durch Änderung elektrischer Verbindungszustände der Batteriemodule mit den Polen erzeugt wird und wobei in einer Halbperiode jedes Batteriemodul unterschiedlich lange elektrisch verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine jeweilige Zeitdauer, während der ein jeweiliges Batteriemodul während der Halbperiode elektrisch verbunden ist, zumindest einer Position des jeweiligen Batteriemoduls in einer Batteriemodulliste zugeordnet ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Verfahren für jedes der Batteriemodule die Schritte umfasst:
Messung von einem Verlauf zumindest einer Spannung des jeweiligen Batteriemoduls;
Verwendung des gemessenen Verlaufs zur Bestimmung eines Abnutzungszustands des jeweiligen Batteriemoduls;
wobei das Verfahren weiterhin den Schritt umfasst:

Verwendung der bestimmten Zustände zur Anordnung der Batteriemodule in der Batteriemodulliste, so dass die Batteriemodule in der Batteriemodulliste nach ansteigender Abnutzung angeordnet sind, wobei die jeweilige Zeitdauer desto länger ist je weniger abgenutzt das jeweilige Batteriemodul ist.

5

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Batteriemodul, das in einer der Halbperiode unmittelbar vorangehenden Halbperiode für eine längste Zeitdauer verbunden war, in der Halbperiode für eine kürzeste Zeitdauer verbunden wird.

10

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei die jeweilige Zeitdauer aus durch mindestens eine Unterbrechung voneinander getrennten Teilzeitdauern besteht, und wobei Anzahl und Dauer der Unterbrechungen von einer durch das jeweilige Batteriemodul zur Verfügung gestellten Spannung und einem gewünschten Spannungsverlauf der Wechsellspannung zwischen einem Anfangszeitpunkt einer zeitlich ersten der Teilzeitdauern und einem Endzeitpunkt einer zeitlich letzten der Teilzeitdauern abhängt.

15

20

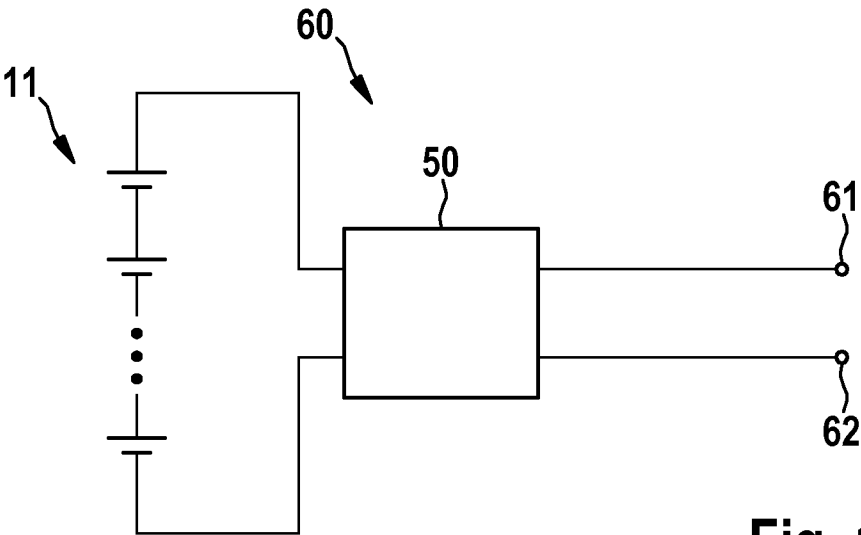


Fig. 1
(Stand der Technik)

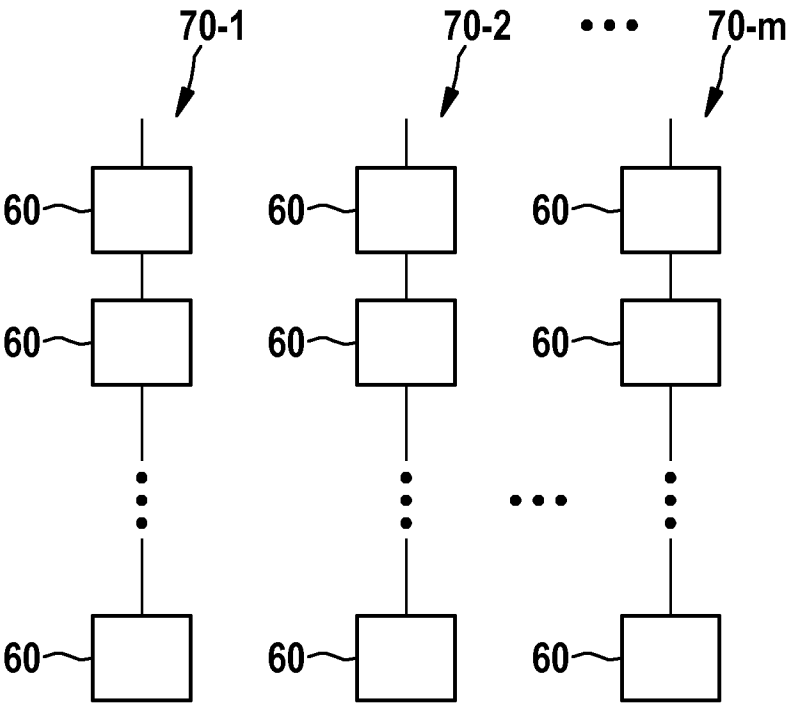


Fig. 2
(Stand der Technik)

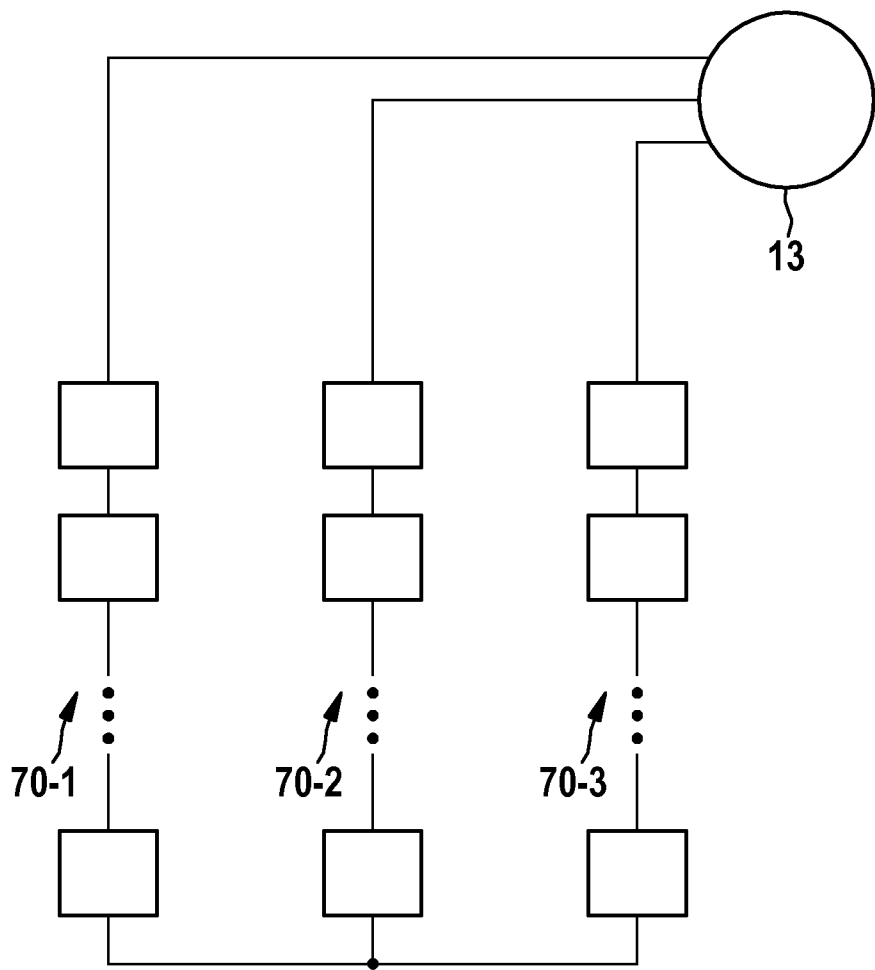
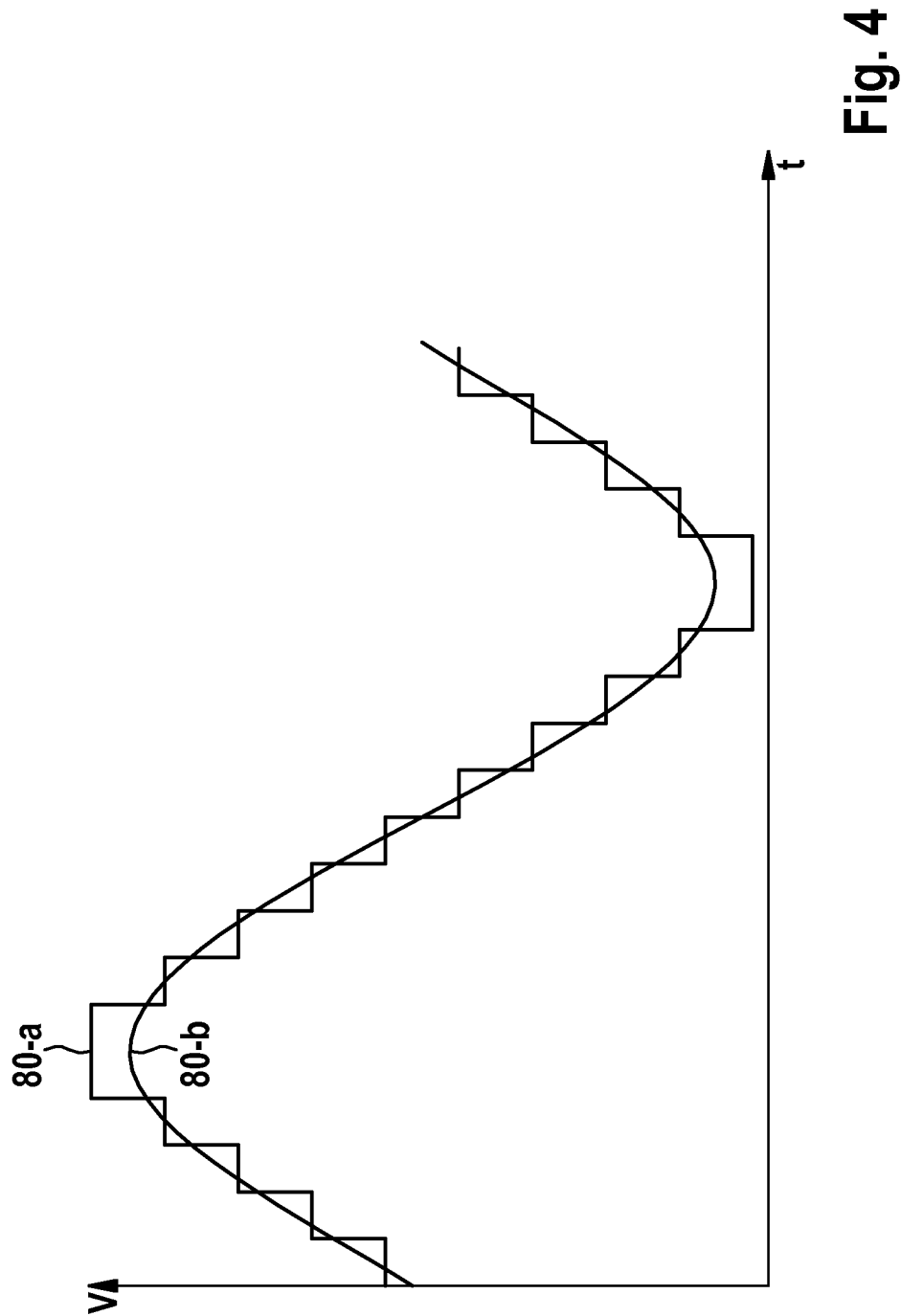


Fig. 3
(Stand der Technik)



4 / 5

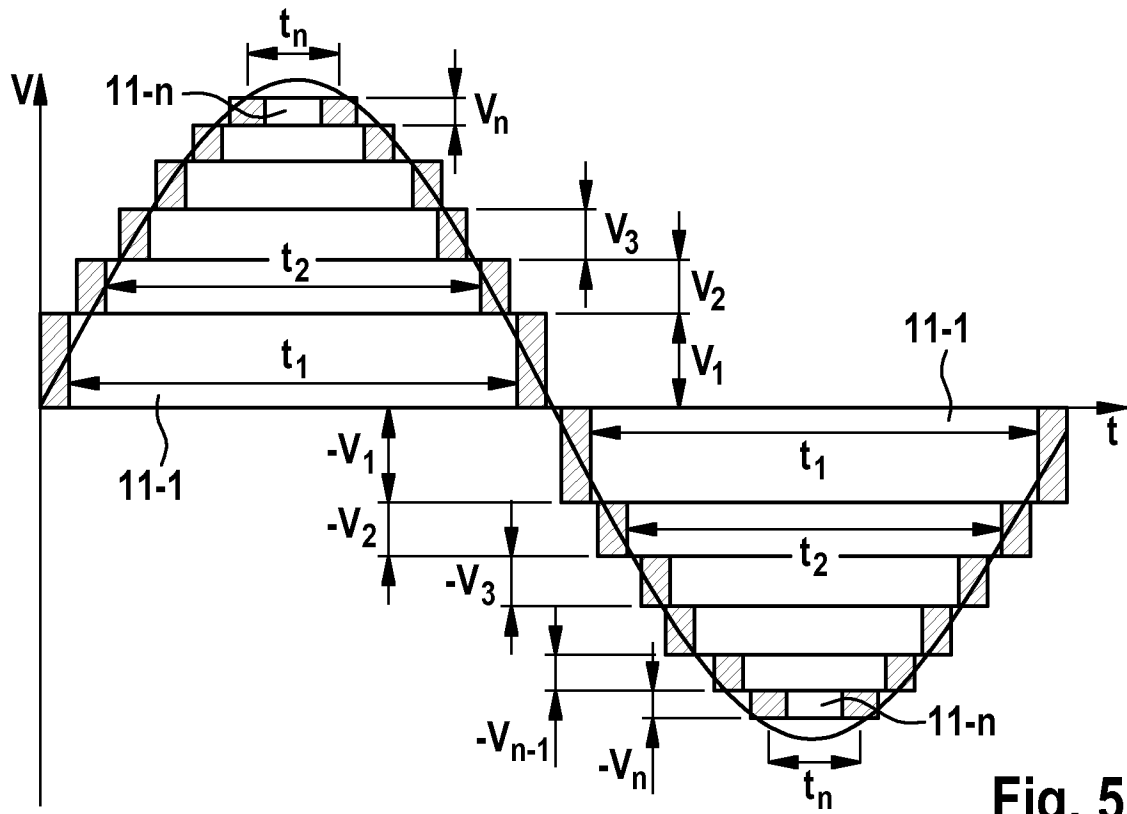


Fig. 5

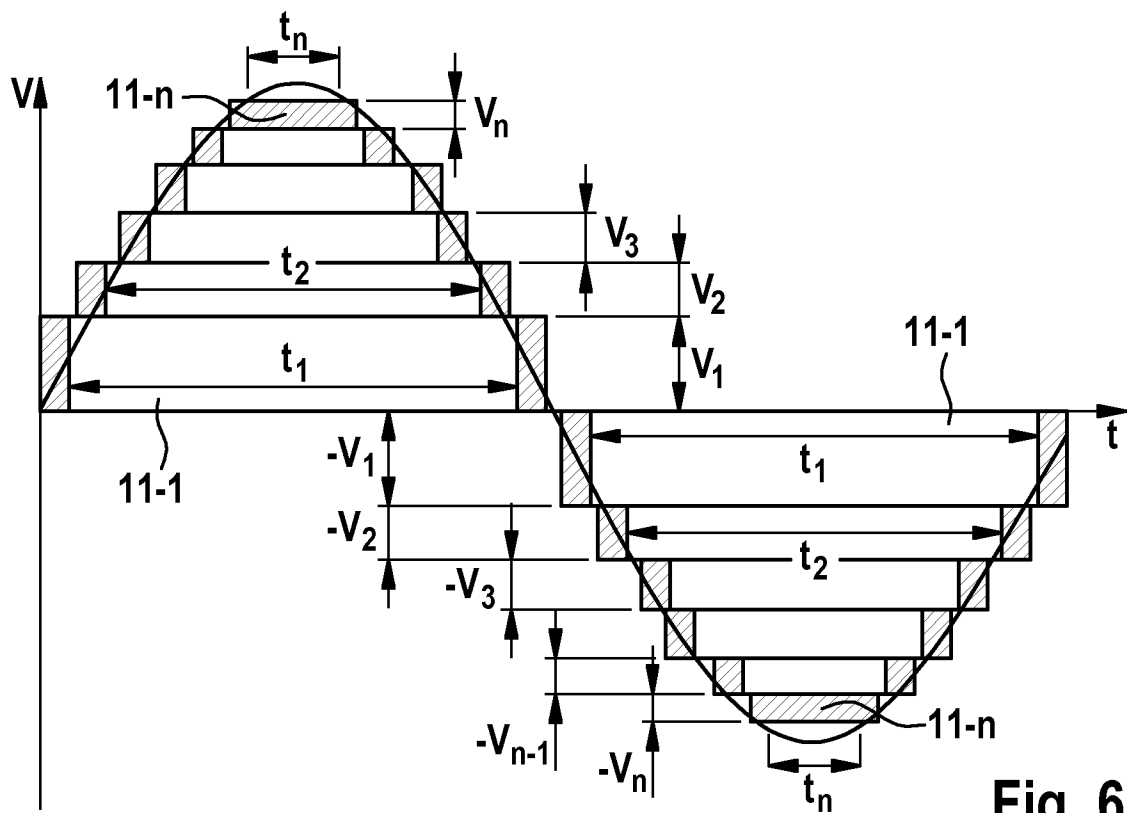


Fig. 6

5 / 5

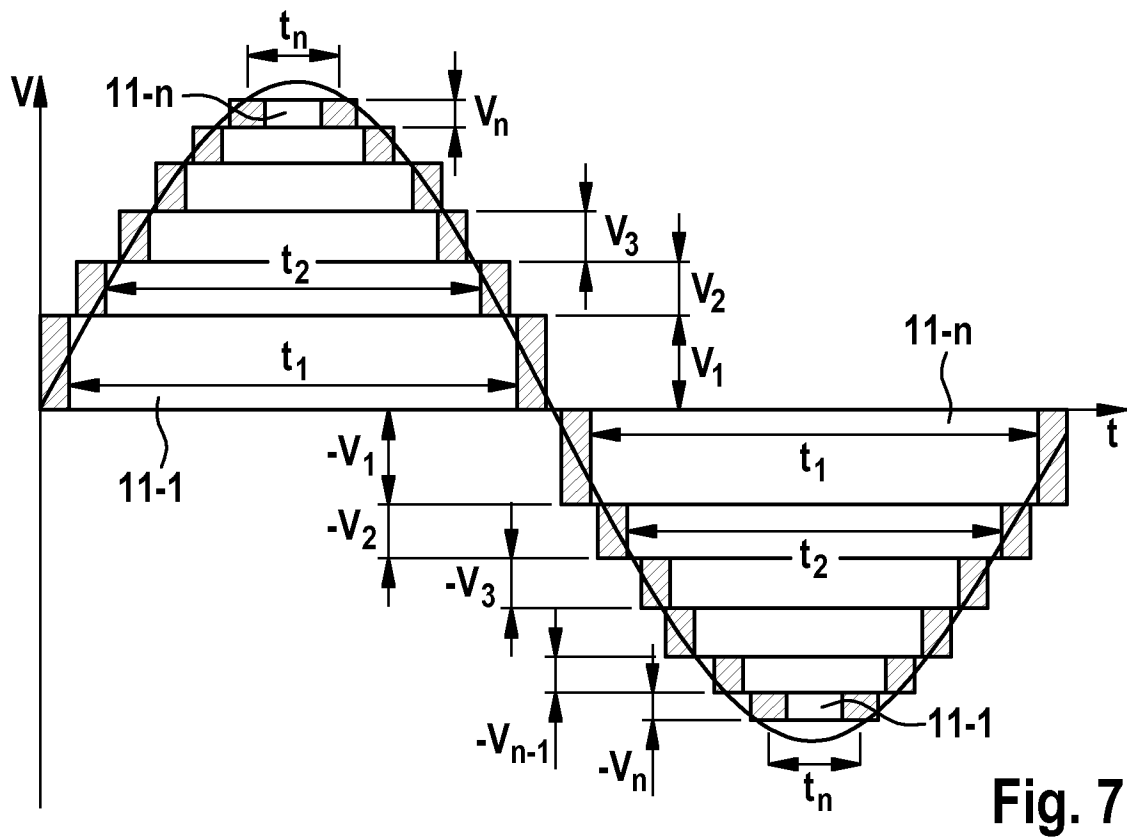


Fig. 7

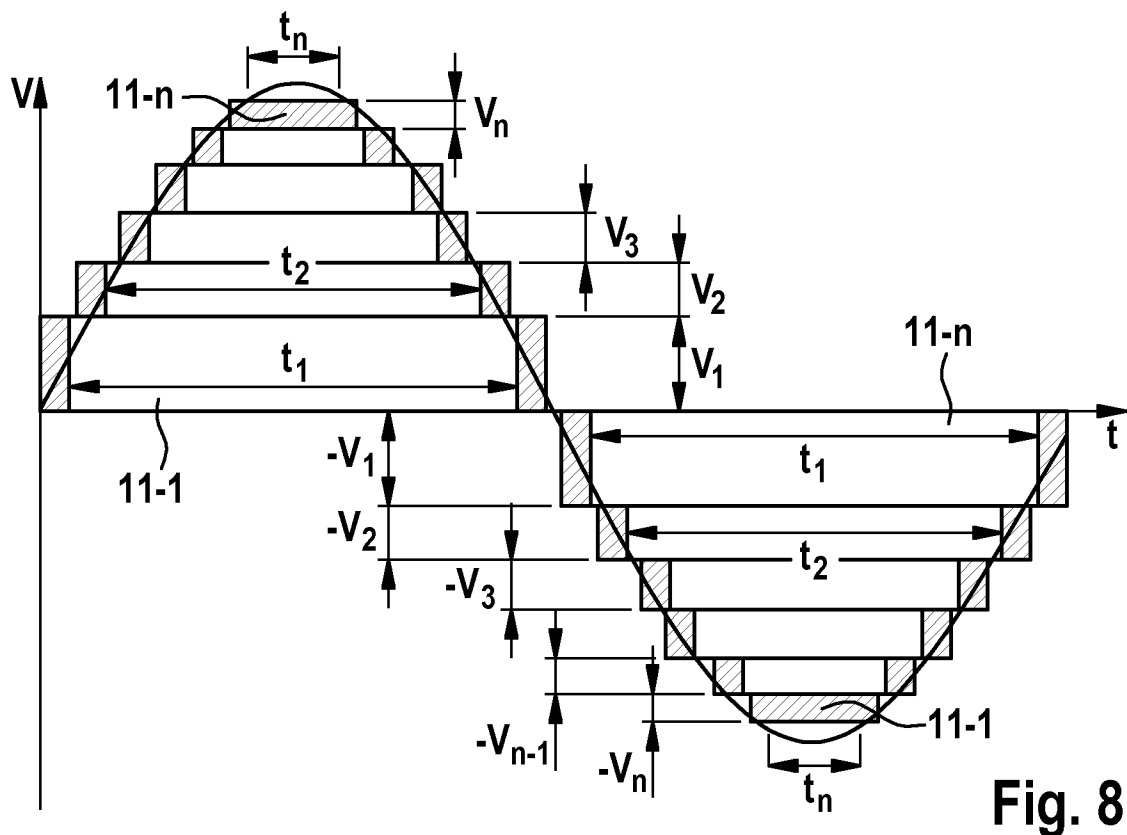


Fig. 8