

(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
13. September 2018 (13.09.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/162122 A1

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

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/050466

(22) Internationales Anmeldedatum:
09. Januar 2018 (09.01.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17160379.8 10. März 2017 (10.03.2017) EP

(71) Anmelder: VARTA MICROBATTERY GMBH
[DE/DE]; Daimlerstr. 1, 73479 Ellwangen Jagst (DE).

(72) Erfinder: KLOOS, Dieter; Talblick 7, 74579 Fichtenau
(DE). HIRNET, Alexander; Walther-Bauersfeld-Str. 18,

73447 Oberkochen (DE). ELMER, Martin; Rübelsahlweg
25, 73479 Ellwangen (DE).

(74) Anwalt: PATENTANWALTSKANZLEI CARTA-
GENA PARTNERSCHAFTSGESELLSCHAFT KLE-
MENT, EBERLE MBB; Urbanstraße 53, 70182 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, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A MODULAR BATTERY STORAGE SYSTEM, MODULAR BATTERY STORAGE SYSTEM, AND BATTERY MANAGEMENT SYSTEM THEREFOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES MODULAREN BATTERIESPEICHERSYSTEMS, MODULARES BATTERIESPEICHERSYSTEM UND BATTERIEMANAGEMENTSYSTEM HIERFÜR

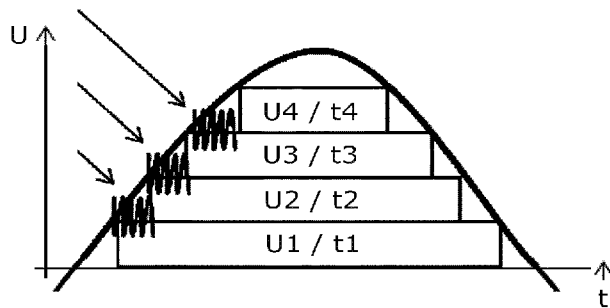


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a modular battery storage system comprising a group of n energy storage modules. A switch is associated with each of the n energy storage modules, by means of which the respective energy storage module can be activated and deactivated. The n energy storage modules can be interconnected by means of the switch in such a way that the individual voltages $U_{individual}$ of activated energy storage modules add up to form a total voltage U_{total} . According to a method for operating the battery storage system, at least one power value is determined for each of the n energy storage modules, which characterises the power of the respective module. A temporally variable total voltage $U_{tot}(t)$ is produced by activating at least two energy storage modules from the group such that they temporally overlap but over activation time intervals of different durations. According to the determined at least one power value, each of the at least two energy storage modules is associated with one of the activation time intervals of different durations. In order to carry out the method, the battery storage system comprises a battery management system specifically designed for this purpose.

(57) Zusammenfassung: Ein modulares Batteriespeichersystem umfasst eine Gruppe aus n Energiespeichermodule. Jedem einzelnen der n Energiespeichermodule ist ein Schalter zugeordnet, über den das jeweilige Energiespeichermodule aktiviert und deaktiviert werden kann. Dabei sind die n Energiespeichermodule über die Schalter derart miteinander verschaltbar, dass sich die Einzelspannungen U



WO 2018/162122 A1

SA, 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, ST, 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).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Einzel aktivierter Energiespeichermodule zu einer Gesamtspannung U_{Gesamt} addieren. Bei einem Verfahren zum Betreiben des Batteriespeichersystems wird für jedes der n Energiespeichermodule mindestens ein Leistungswert ermittelt, der charakteristisch für seine Leistungsfähigkeit ist. Indem mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe zeitlich überlappend aber über unterschiedlich lange Aktivierungszeiträume aktiviert werden, wird eine sich zeitlich ändernde Gesamtspannung $U_{Ges}(t)$ erzeugt. In Abhängigkeit des ermittelten mindestens einen Leistungswerts wird jedem der mindestens zwei Energiespeichermodule einer der unterschiedlich langen Aktivierungszeiträume zugeordnet. Zur Durchführung des Verfahrens umfasst das Batteriespeichersystem ein speziell hierfür ausgebildetes Batteriemanagementsystem.

Verfahren zum Betreiben eines modularen Batteriespeichersystems, modulares Batteriespeichersystem und Batteriemanagementsystem hierfür

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines modularen Batteriespeichersystems sowie ein Batteriespeichersystem und ein Batteriemanagementsystem hierfür.

Ein modulares Batteriespeichersystem umfasst eine Gruppe aus n Energiespeichermodulen, wobei n mindestens 2 ist. Die Energiespeichermodule sind wiederaufladbar ausgebildet. Innerhalb eines Batteriespeichersystems sind die Energiespeichermodule in aller Regel durch parallele und/oder serielle Verschaltung miteinander verbunden. Bei den Energiespeichermodulen kann es sich um einzelne elektrochemische Zellen handeln oder aber auch um Verbände aus zwei oder mehr solcher Zellen. Innerhalb eines solchen Verbunds können einzelne elektrochemische Zellen wiederum durch parallele und/oder serielle Verschaltung miteinander verbunden sein.

Bei einem Batteriespeichersystem handelt es sich bekanntlich um eine Gleichstromquelle. Mit Hilfe eines Multilevel-Umrichters können Batteriespeichersysteme aber auch an ein Wechselstromnetz angeschlossen werden. Bei solchen Umrichtern werden die Spannungen einzelner Energiespeichermodule zeitversetzt für unterschiedlich lange Zeiträume addiert. Wenn die Spannungen der einzelnen Energiespeichermodule im Verhältnis zur addierten Gesamtspannung ausreichend klein sind, lassen sich z.B. sinusförmige Spannungsverläufe in guter Näherung erzeugen.

Bekanntlich werden für den sicheren Betrieb eines Batteriespeichersystems Information über die aktuelle Restkapazität (State-of-Charge, kurz: SOC) und die maximal verfügbare Kapazität (State-of-Health, kurz: SOH) der von dem Batteriespeichersystem umfassten Energiespeichermodule benötigt. Potentiell problematisch ist hierbei, dass SOC und SOH einzelner Energiespeichermodule in einem Batteriespeichersystem sehr stark divergieren können, beispielsweise in Folge von unterschiedlich schneller Alterung. In aller Regel bestimmen die Energiespeichermodule mit den schlechtesten Leistungswerten die Gesamtpformance eines Batteriespeichersystems.

Um eine optimale Funktion des Multilevel-Umrichters zu gewährleisten, sollte sichergestellt sein, dass alle mittels des Umrichters schaltbaren Energiespeichermodule möglichst wenig in ihren Leistungswerten differieren. Dies ist mit Hilfe sogenannter Balancing-Systeme, die einen Ladungs- und/oder Spannungsausgleich zwischen Energiespeichermodulen mit ungleichem Ladungs- und/oder Span-

nungszustand herbeiführen, möglich. Allerdings sind solche Balancing-Systeme nicht kostengünstig umzusetzen, da der damit verbundene Hard- und Softwareaufwand erheblich ist.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, eine technische Lösung bereitzustellen, die es erlaubt, unter Vermeidung oder Verringerung der genannten Probleme Batteriespeichersysteme an ein Wechselstromnetz anzuschließen.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren mit den im Folgenden beschriebenen Merkmalen vor. Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist Gegenstand von Anspruch 1.

Der Zweck eines erfindungsgemäßen Verfahrens liegt im Betreiben eines modularen Batteriespeichersystems, das eine Gruppe aus n wieder aufladbaren Energiespeichermodulen umfasst. Hierbei gilt, dass

- jedem einzelnen der n Energiespeichermodule ein Schalter zugeordnet ist, über den das jeweilige Energiespeichermodul aktiviert und deaktiviert werden kann, und
- die n Energiespeichermodule derart miteinander verschaltet sind, dass sich die Einzelspannungen U_{Einzel} aktivierter Energiespeichermodule zu einer Gesamtspannung U_{Gesamt} addieren können.

Mögliche Konfigurationen von Energiespeichermodulen modularer Batteriespeichersysteme sind eingangs beschrieben. Die beschriebenen Konfigurationen sind auch im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens bevorzugt.

Besonders bevorzugt umfassen erfindungsgemäß einsetzbare Energiespeichermodule elektrochemische Zellen, insbesondere auf Basis von Lithium-Ionen-Technologie oder auf Basis von Nickel-Metallhydrid-Technologie. In besonderen Fällen (siehe unten) kann es aber auch zum Einsatz von Kondensatoren kommen.

Die von dem Batteriespeichersystem umfassten Energiespeichermodule können alle die gleichen Einzelspannungen U_{Einzel} aufweisen. Dies muss aber keineswegs immer so sein. Im Gegenteil, es kann sogar bevorzugt sein, Energiespeichermodule mit unterschiedlichen Einzelspannungen U_{Einzel} innerhalb des gleichen Systems zu verbauen. Dies erhöht nämlich die darstellbaren Varianten der Gesamtspannung U_{Gesamt} .

Die Schalter sind bevorzugt derart ausgebildet, dass die jeweils zugeordneten Energiespeichermodule auch mit umgekehrter Polarität aktiviert werden können. Auch hierdurch werden die darstellbaren Varianten der Gesamtspannung U_{Gesamt} erhöht, insbesondere wenn gleichzeitig Energiespeichermodule mit unterschiedlichen Einzelspannungen U_{Einzel} innerhalb des gleichen Systems verbaut werden. Die Einzelspannung U_{Einzel} eines in umgekehrter Polarität aktivierten Energiespeichermoduls leistet nämlich einen negativen Beitrag zur Gesamtspannung U_{Gesamt} .

Wenn eines der n Energiespeichermodule deaktiviert ist, so leistet es keinen Beitrag zu der Gesamtspannung U_{Gesamt} . In besonders bevorzugten Ausführungsformen sind die Schalter dazu ausgebildet, das jeweils zu ihnen gehörige Energiespeichermodul bei Bedarf überbrücken zu können. Überbrückte deaktivierte Energiespeichermodule sind nicht mehr elektrisch mit den weiteren Energiespeichermodulen der Gruppe verbunden.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Es wird für jedes der n Energiespeichermodule mindestens ein Leistungswert ermittelt.
- Es wird eine sich zeitlich ändernde Gesamtspannung $U_{Ges}(t)$ erzeugt, indem mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe zeitlich überlappend aber über unterschiedlich lange Aktivierungszeiträume aktiviert werden.
- In Abhängigkeit des ermittelten mindestens einen Leistungsparameters wird jedem der mindestens zwei Energiespeichermodule einer der unterschiedlich langen Aktivierungszeiträume zugeordnet.

Mit anderen Worten, in Abhängigkeit des mindestens einen Leistungsparameters wird also eine Zuordnung vorgenommen, welche der Energiespeichermodule nur für eine kurze Zeitdauer (einen kurzen Aktivierungszeitraum) und welche der Energiespeichermodule für eine längere Zeitdauer (einen längeren Aktivierungszeitraum) aktiviert werden.

Bei dem Leistungswert handelt es sich um einen Zustandswert, der charakteristisch für die Leistungsfähigkeit eines Energiespeichermoduls ist. Insbesondere kann es sich dabei um den aktuellen SOC oder den aktuellen SOH des jeweiligen Energiespeichermoduls zum Zeitpunkt der Ermittlung han-

deln. Es kann sich bei dem mindestens einen Leistungswert aber auch um einen Wert handeln, der mit dem aktuellen SOC und/oder dem aktuellen SOH des jeweiligen Energiespeichermoduls korreliert.

Zur Bestimmung des SOC existieren mehrere bekannte Vorgehensweisen. Beispielsweise kann bei Messung einer Entladespannung mit Hilfe bekannter Entladekurven auf den aktuellen SOC-Wert geschlossen werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist die gewählte Methode zur SOC-Bestimmung jedoch sekundär. Wichtig ist lediglich, dass die ermittelten Leistungswerte miteinander vergleichbar sind, also auf vergleichbare Weise gewonnen werden, so dass anhand der Werte die Leistungsfähigkeit der Energiespeichermodule verglichen werden kann.

Auch zur Bestimmung des SOH existieren mehrere bekannte Vorgehensweisen. Charakteristisch für den SOH eines Energiespeichermoduls ist beispielsweise sein Innenwiderstand. Beispielsweise lässt sich bei Inbetriebnahme eines Energiespeichermoduls bei definierten Bedingungen (Temperatur, Ladezustand, Entladestrom, Entladedauer etc.) ein Referenzwert für den Innenwiderstand bestimmen. Anhand der Änderung des Innenwiderstands (gemessen unter den gleichen definierten Bedingungen) lässt sich auf den SOH schließen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist allerdings auch die gegebenenfalls gewählte Methode zur SOC-Bestimmung sekundär. Wichtig ist auch hier lediglich, dass die ermittelten Leistungswerte für die Energiespeichermodule des Energiespeichermoduls miteinander vergleichbar sind, also auf vergleichbare Weise gewonnen werden, so dass die Leistungsfähigkeit der Energiespeichermodule anhand der gewonnenen Werte untereinander verglichen werden kann.

In aller Regel ändert sich der SOH eines Energiespeichermoduls –abgesehen von Formierungszyklen bei Inbetriebnahme – zwischen unmittelbar aufeinanderfolgenden Lade- und Entladezyklen nicht signifikant. Wenn es sich bei dem mindestens einen Leistungswert um den aktuellen SOH handelt oder aber um einen Wert, der mit dem aktuellen SOH korreliert, so ist es daher in der Regel ausreichend, den Leistungswert nur in Intervallen, beispielsweise in Abständen von 10 Lade- und Entladezyklen, zu bestimmen. Der bestimmte Wert kann dann gespeichert werden und bis zu seiner Aktualisierung bei der Zuordnung der mindestens zwei Energiespeichermodule zu den unterschiedlich langen Aktivierungszeiträumen herangezogen werden.

Hingegen ist es in der Regel zweckmäßig, den aktuellen SOC oder aber um einen Wert, der mit dem aktuellen SOH korreliert, unmittelbar vor der Zuordnung zu bestimmen, da sich der SOC ja sehr kurzfristig in signifikantem Ausmaß ändern kann.

Die zeitlich sich ändernde Gesamtspannung $U_{Ges}(t)$ kann mit grundsätzlich beliebigen Spannungsverläufen erzeugt werden. So lässt sich eine Sägezahnspannung in ebenso guter Näherung erzeugen wie eine Dreieckspannung.

Besonders bevorzugt handelt es sich bei $U_{Ges}(t)$ insbesondere um eine Spannung mit sinusförmigem Spannungsverlauf, wie sie eingangs bereits Erwähnung fand. Das erfindungsgemäße Verfahren kann also in bevorzugten Ausführungsformen ein Entladeverfahren sein, bei dem Strom aus einer Gleichspannungsquelle unter Umwandlung von Gleichspannung in Wechselspannung in ein Wechselstromnetz eingespeist wird.

Ein modulares Batteriespeichersystem kann eine sehr große Anzahl an Energiespeichermodule umfassen. In der Regel ist die Variable n ein Wert im Bereich von 2 bis 100000, bevorzugt im Bereich von 2 bis 10000, besonders bevorzugt 2 bis 1000. Innerhalb dieser Bereiche gilt weiter bevorzugt dass die Variable n ein Wert im Bereich von 5 bis 100, besonders bevorzugt von 5 bis 20, insbesondere von 7 bis 10, ist.

In bevorzugten Ausführungsformen weist das erfindungsgemäße Verfahren mindestens einen der folgenden zusätzlichen Schritte, besonders bevorzugt alle drei folgenden zusätzlichen Schritte, auf:

- In einem Datenspeicher werden die ermittelten Leistungswerte für jedes der n Energiespeichermodule abgelegt, so dass eine Sortierung der n Energiespeichermodule nach ihrer Leistungsfähigkeit möglich ist.
- Die Zuordnung der Energiespeichermodule zu den unterschiedlich langen Aktivierungszeiträumen erfolgt anhand der in dem Datenspeicher abgelegten Leistungswerte.
- Energiespeichermodule mit vergleichsweise hoher Leistungsfähigkeit werden längere Aktivierungszeiträume zugeordnet als Energiespeichermodule mit vergleichsweise geringer Leistungsfähigkeit.

In der Regel korrelieren die Aktivierungszeiträume zu den ermittelten Leistungsfähigkeiten der einzelnen Module. Wenn es sich beispielsweise bei dem mindestens einen Leistungswert um den aktuellen SOH handelt, so lassen sich die Energiespeichermodule nach steigendem SOH sortieren. Der größte SOH-Wert kennzeichnet dann die größte Leistungsfähigkeit, der kleinste SOH-Wert die geringste Leis-

tungsfähigkeit. Erfindungsgemäß ist es bevorzugt, dass dem Energiespeichermodul mit dem größten SOH der längste Aktivierungszeitraum zugeordnet wird, dem Energiespeichermodul mit dem kleinsten SOH hingegen der kürzeste Aktivierungszeitraum.

Dies hat zur Konsequenz, dass leistungsfähigere Energiespeichermodule im Betrieb stärker belastet werden als weniger leistungsfähige. Durch die unterschiedlichen Belastungen werden die Leistungsfähigkeiten der Energiespeichermodule langfristig wieder aneinander angeglichen, da stärker belastete Module im Mittel schneller altern als schwächer belastete. Das erfindungsgemäße Verfahren sorgt damit indirekt für eine Symmetrisierung der Energiespeichermodule und hat damit einen ähnlichen Effekt wie die eingangs erwähnten Balancing-Systeme.

Die größte Kapazitätsvarianz weisen gealterte Energiespeichermodule aus der Elektromobilität auf. Auch solche gealterten Energiespeichermodule können gemäß dem vorliegend beschriebenen Verfahren problemlos gemeinsam in einem Batteriespeichersystem betrieben werden, ohne dass sie vorselektiert werden müssten. Wenn ein Energiespeichermodul sein Lebensende erreicht hat, so kann es durch ein Ersatzmodul ohne weiteres ersetzt werden, ohne dass es dabei einer aufwändigen vorbereitender Maßnahmen (Matching usw.) bedarf. Auch neuwertige Energiespeichermodule können ungeachtet ihrer Initialkapazität und einer eventuellen Produktionsstreuung ohne vorbereitende Maßnahmen verschaltet und betrieben werden.

Insgesamt verlängert sich die Nutzungsdauer der in einem erfindungsgemäß betriebenen Batteriespeichersystem eingesetzten Energiespeichermodule, was sowohl einen ökologischen als auch ökonomischen Vorteil mit sich bringt.

In besonders bevorzugten Ausführungsformen weist das erfindungsgemäße Verfahren mindestens einen der folgenden zusätzlichen Schritte, besonders bevorzugt alle fünf der im Folgenden erläuterten zusätzlichen Schritte, auf:

- Es wird ermittelt, welche Anzahl m an Energiespeichermodulen zur Erzeugung einer Scheitelspannung von $U_{Ges}(t)$ benötigt wird.
- Die m Energiespeichermodule werden aus den zur Verfügung stehenden n Energiespeichermodulen ausgewählt.

- Um einen gewünschten Spannungsverlauf von $U_{Ges}(t)$ zu erzeugen, wird festgelegt, in welchen zeitlichen Abständen und über welchen Aktivierungszeitraum die m Energiespeichermodule zu aktivieren sind.
- Die ausgewählten m Energiespeichermodule werden unter Berücksichtigung der Sortierkriterien „Leistungsfähigkeit“ und „Länge der ihnen zugeordneten Aktivierungszeiträume“ in eine Reihenfolge überführt, in der die beiden Sortierkriterien in gleicher Richtung entweder beide ansteigen oder beide abfallen.

Die m Energiespeichermodule sind nach ihrer Leistungsfähigkeit sortierbar, die Aktivierungszeiträume nach ihrer Länge. Die Aktivierungszeiträume werden den m Energiespeichermodulen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt dabei derart, dass nach der Zuordnung eine Sortierung der Energiespeichermodule nach ihrer Leistungsfähigkeit und nach der Länge der ihnen zugeordneten Aktivierungszeiträume zum gleichen Ergebnis führt. Bei einer Sortierung nach steigender Leistungsfähigkeit ergibt sich also eine Reihenfolge, in der dem leistungsfähigsten Modul der längste Aktivierungszeitraum zugeordnet ist, dem zweitleistungsfähigsten der zweitlängste Aktivierungszeitraum, dem drittleistungsfähigsten der drittlängste Aktivierungszeitraum etc..

- Die m Energiespeichermodule werden in dieser Reihenfolge und in den festgelegten zeitlichen Abständen aktiviert.

Bei der Scheitelspannung handelt es sich um den größten Betrag des Augenblickswerts einer sich periodisch ändernden Spannung. Bei sinusförmigem Spannungsverlauf entspricht die Scheitelspannung der Amplitude der Sinusschwingung.

Die Ermittlung von m erfolgt im einfachsten Fall (wenn alle Energiespeichermodule des modularen Batteriespeichersystems die gleiche Einzelspannung U_{Einzel} aufweisen), indem der Wert der Scheitelspannung durch den Wert der Einzelspannung U_{Einzel} , die ein einzelnes Energiespeichermodul liefert, dividiert wird.

In besonders bevorzugten Ausführungsformen umfasst das modulare Batteriespeichersystem mehr Energiespeichermodule als zur Erzeugung der Scheitelspannung benötigt werden. In Kurzfassung, es gilt bevorzugt $n > m$. Die Auswahl der m Energiespeichermodule kann beispielsweise anhand der ver-

fügbaren Daten zur Leistungsfähigkeit der Module erfolgen. Es können beispielsweise immer die m leistungsfähigsten Module ausgewählt werden.

Mit besonderem Vorteil kann es auch vorgesehen sein, dass defekte Energiespeichermodule bei der Auswahl nicht berücksichtigt werden. Hierzu kann beispielsweise für jedes der n Energiespeichermodule ein Leistungsschwellwert definiert werden, bei dessen Unterschreiten ein Energiespeichermodul deaktiviert wird.

Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass die Deaktivierung in Folge des Unterschreitens ein Signal oder eine Mitteilung auslöst, das auf die Deaktivierung und/oder auf die Notwendigkeit eines Austauschs hinweist. Das defekte Energiespeichermodul kann grundsätzlich im laufenden Betrieb getauscht werden. Das erfindungsgemäße Verfahren muss hierfür nicht gestoppt werden. Zu diesem Zweck weisen die den Energiespeichermodulen zugeordneten Schalter die oben erwähnte Möglichkeit zur Überbrückung auf, bei der die Energiespeichermodule nicht mehr elektrisch mit weiteren Energiespeichermodulen verbunden sind.

In weiteren besonders bevorzugten Ausführungsformen weist das erfindungsgemäße Verfahren mindestens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale und/oder einen der folgenden zusätzlichen Schritte auf:

- Der gewünschte Spannungsverlauf ist sinusförmig.
- Das Energiespeichermodul mit der höchsten Leistungsfähigkeit wird zuerst aktiviert und das mit der geringsten Leistungsfähigkeit zuletzt.
- Das Energiespeichermodul mit der höchsten Leistungsfähigkeit wird über den längsten Aktivierungszeitraum aktiviert und das Energiespeichermodul mit der geringsten Leistungsfähigkeit über den kürzesten Aktivierungszeitraum.

Zur Erzeugung einer Sinus-Halbwellenform muss das Energiespeichermodul, dem der längste Aktivierungszeitraum zugeordnet wurde, als erstes aktiviert und als letztes deaktiviert werden. Hingegen muss das Energiespeichermodul, dem der kürzeste Aktivierungszeitraum zugeordnet wurde, als letztes aktiviert und als erstes deaktiviert werden. Erfindungsgemäß weist das Energiespeichermodul, dem der längste Aktivierungszeitraum zugeordnet wurde, eine vergleichsweise hohe Leistungsfähigkeit auf. Das

Energiespeichermodul, dem der kürzeste Aktivierungszeitraum zugeordnet wurde, kann hingegen eine vergleichsweise niedrige Leistungsfähigkeit aufweisen.

In weiteren besonders bevorzugten Ausführungsformen weist das erfindungsgemäße Verfahren mindestens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale auf:

- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst ausschließlich Energiespeichermodule vom Lithium-Ionen-Typ.
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst ausschließlich Energiespeichermodule vom Typ Nickel-Metallhydrid.
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst verschiedene Typen von Energiespeichermodulen.
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LFP (Lithium-Eisenphosphat).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NMC (Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LTO (Lithium-Titanat).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NCA (Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.

Gemäß dem beschriebenen Verfahren können ohne weiteres auch Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs in einem Batteriespeichersystem miteinander verschaltet werden. Hierbei können die Stärken einzelner Typen gezielt genutzt werden. Unterschiedliche Energiespeichermodule können je nach Anforderung angesteuert werden. Beispielsweise eignen sich Energiespeichermodule mit einer Kathode auf Basis von LTO zum Auffangen hoher Lastspitzen.

Grundsätzlich ist es gemäß dem beschriebenen Verfahren sogar möglich, Energiespeichermodule vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodule vom Lithium-Ionen-Typ in einem Batteriespeichersystem miteinander zu verschalten.

Energiespeichermodule vom Typ Pb/PbO₂ finden mit einem Schwefelsäure-Elektrolyten klassisch als Einzelzellen eines Bleiakkumulators Verwendung. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung kann es besonders bevorzugt sein, das mindestens eine Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂ mit Energiespeichermodulen vom Lithium-Ionen-Typ in einem Batteriespeichersystem miteinander zu verschalten. Energiespeichermodule vom Typ Pb/PbO₂ eignen sich besonders gut zur Verwendung in Scheitelspitzen.

In Übereinstimmung mit diesen Ausführungen weist das erfindungsgemäße Verfahren mindestens eines der folgenden Merkmale auf:

- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs weisen bevorzugt unterschiedliche Einzelspannungen U_{Einzel} auf.

Die Gruppe aus n Energiespeichermodulen kann also beispielsweise Energiespeichermodule mit einer Nennspannung von 1,2 V (wie sie z.B. ein Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid aufweist) kombiniert mit Energiespeichermodulen mit einer Nennspannung von 2V (z.B. ein Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂) oder mit einem Kondensator, beispielsweise mit einer Nennspannung von 4 V, umfassen.

- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule mit unterschiedlichen Nennspannungen, bei denen es sich jeweils um einen Kondensator handelt.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule, die elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichern und die sich in ihrer Nennspannung voneinander unterscheiden.

- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt, und mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, wobei der mindestens eine Kondensator und das mindestens eine Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, unterschiedliche Nennspannungen aufweisen.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.

Die Gruppe aus n Energiespeichermodulen umfasst also beispielsweise mindestens ein Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid mit einer Nennspannung von 1,2 V kombiniert mit mindestens einem Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂ mit einer Nennspannung von 2V oder kombiniert mit mindestens einem Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ. Alternativ kann die Gruppe aus n Energiespeichermodulen auch mindestens ein Energiespeichermodul von jedem der drei genannten Typen aufweisen oder aber mindestens ein Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂ kombiniert mit mindestens einem Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ.

- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen mindestens ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LFP, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NMC, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LTO und Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NCA.

In weiteren besonders bevorzugten Ausführungsformen weist das erfindungsgemäße Verfahren mindestens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale und/oder einen der folgenden zusätzlichen Schritte auf:

- Mindestens einer der den n Energiespeichermodulen zugeordneten Schalter ist dazu ausgebildet, eine Pulswellenmodulation (PWM) erzeugen zu können.

- Bei dem Energiespeichermodul, dem dieser Schalter zugeordnet ist, handelt es sich um einen Kondensator oder um eine Zelle vom Lithium-Ionen-Typ.
- Beim Aktivieren und/oder Deaktivieren von Energiespeichermodulen wird mittels des zur PWM-Erzeugung ausgebildeten Schalters eine PWM erzeugt, um den Übergang zwischen einzelnen Spannungsstufen abzufedern.

Für Batteriespeichersysteme in dieser Ausführungsform ist eine elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) einfacher zu realisieren.

Erfindungsgemäß können zwei oder mehr der den n Energiespeichermodulen zugeordneten Schalter dazu ausgebildet sein, eine Pulswellenmodulation (PWM) erzeugen zu können. Zur Realisierung der beschriebenen Ausführungsform benötigt es aber grundsätzlich lediglich eines zur PWM-Erzeugung ausgebildeten Schalters. Dies ist insoweit vorteilhaft, als alle weiteren Schalter langsamer und kostengünstiger ausgelegt sein können. Es ist dann möglich, den zur PWM-Erzeugung ausgebildeten Schalter über ein vergleichsweise schnelles Bussystem separat anzusteuern während zur Ansteuerung der übrigen Schalter ein vergleichsweise langsames, gemeinsames Bussystem genutzt wird. Die Ansteuerung und der Aufbau des Batteriespeichersystems können somit sehr einfach gehalten werden.

Von der Erfindung sind auch ein Batteriemanagementsystem mit den im Folgenden beschriebenen Merkmalen sowie ein modulares Batteriespeichersystem mit den im Folgenden beschriebenen Merkmalen umfasst. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Batteriemanagementsystem die Merkmale des Anspruchs 7 auf. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das modulare Batteriespeichersystem die Merkmale des Anspruchs 11 auf.

Das erfindungsgemäße Batteriemanagementsystem ist für ein modulares Batteriespeichersystem vorgesehen, das eine Gruppe aus n wieder aufladbaren Energiespeichermodulen umfasst. Besonders bevorzugt ist es Teil eines Batteriespeichersystems, wie es im Rahmen der obigen Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben wird. Das Batteriemanagementsystem zeichnet sich durch die folgenden Merkmale aus:

- Das Batteriemanagementsystem umfasst für jedes einzelne der n Energiespeichermodule einen Schalter, über den das jeweilige Energiespeichermodul aktiviert und deaktiviert werden kann.

- Die Schalter sind derart ausgebildet und miteinander verbunden, dass sich die Einzelspannungen U_{Einzel} aktivierter Energiespeichermodule zu einer Gesamtspannung U_{Gesamt} addieren können.
- Das Batteriemanagementsystem umfasst eine Prüfeinrichtung, mittels der sich für jedes der n Energiespeichermodule mindestens ein Leistungswert ermitteln lässt, der charakteristisch für seine Leistungsfähigkeit ist.
- Das Batteriemanagementsystem umfasst eine Steuereinrichtung, mittels der sich mindestens zwei der Energiespeichermodule aus der Gruppe aus den n wieder aufladbaren Energiespeichermodule über die jeweils zugeordneten Schalter zeitlich überlappend aber über unterschiedlich lange Aktivierungszeiträume aktivieren lassen, um eine sich zeitlich ändernde Gesamtspannung $U_{\text{Ges}}(t)$ zu erzeugen.
- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, jedem der mindestens zwei Energiespeichermodule in Abhängigkeit des ermittelten mindestens einen Leistungswerts einer der unterschiedlich langen Aktivierungszeiträume zuzuordnen.

In Übereinstimmung mit den obigen Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren weist das erfindungsgemäße Batteriemanagementsystem bevorzugt mindestens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale auf:

- Es umfasst einen Datenspeicher, in dem die ermittelten Leistungswerte für jedes der n Energiespeichermodule abgelegt werden können, so dass eine Sortierung der n Energiespeichermodule nach ihrer Leistungsfähigkeit möglich ist.
- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, die Zuordnung der Energiespeichermodule zu den unterschiedlich langen Aktivierungszeiträumen anhand der in dem Datenspeicher abgelegten Leistungswerte vorzunehmen.

Ebenfalls in Übereinstimmung mit den obigen Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren weist das erfindungsgemäße Batteriemanagementsystem besonders bevorzugt mindestens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale auf:

- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, automatisiert zu ermitteln, welche Anzahl m an Energiespeichermodulen zur Erzeugung einer Scheitelspannung von $U_{Ges}(t)$ benötigt wird.
- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, automatisiert die m Energiespeichermodule aus den zur Verfügung stehenden n Energiespeichermodulen auszuwählen.
- Das Batteriemanagementsystem umfasst einen Datenspeicher, in dem abgelegt werden kann, in welchen zeitlichen Abständen und über welchen Aktivierungszeitraum die m Energiespeichermodule zu aktivieren sind.
- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, automatisiert die ausgewählten m Energiespeichermodule unter Berücksichtigung der Sortierkriterien „Leistungsfähigkeit“ und „Länge der ihnen zugeordneten Aktivierungszeiträume“ in eine Reihenfolge zu überführen, in der die beiden Sortierkriterien in gleicher Richtung entweder beide ansteigen oder beide abfallen.
- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, die m Energiespeichermodule in dieser Reihenfolge und in den festgelegten zeitlichen Abständen zu aktivieren.

Besonders bevorzugt zeichnet sich das Batteriemanagementsystem zusätzlich durch mindestens eines der folgenden Merkmale aus:

- Mindestens einer der den n Energiespeichermodulen zugeordneten Schalter ist dazu ausgebildet, eine Pulswellenmodulation (PWM) erzeugen zu können.
- Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, beim Aktivieren und/oder Deaktivieren von Energiespeichermodulen mittels des zur PWM-Erzeugung ausgebildeten Schalters eine PWM zu erzeugen, um den Übergang zwischen einzelnen Spannungsstufen abzufedern.

Weitere mögliche bevorzugte Ausführungsformen des Batteriemanagementsystems lassen sich den obigen Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren entnehmen.

Das erfindungsgemäße modulare Batteriespeichersystem umfasst stets die folgenden Komponenten:

- Eine Gruppe aus n wieder aufladbaren Energiespeichermodulen.

- Ein Batteriemanagementsystem.

Bei den Energiespeichermodulen handelt es sich bevorzugt um solche, die bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben wurden. Bei dem Batteriemanagementsystem handelt es sich um das unmittelbar zuvor beschriebene System.

- Das Batteriespeichersystem ist bevorzugt dazu ausgebildet, gemäß dem oben beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren betrieben zu werden.
- Besonders bevorzugt weist das erfindungsgemäße Batteriespeichersystem mindestens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale auf:
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst ausschließlich Energiespeichermodule vom Lithium-Ionen-Typ.
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst ausschließlich Energiespeichermodule vom Typ Nickel-Metallhydrid.
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst verschiedene Typen von Energiespeichermodulen.
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LFP (Lithium-Eisenphosphat).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NMC (Lithium-Nickel-Mangan-Kobalt-Oxid).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LTO (Lithium-Titanat).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NCA (Lithium-Nickel-Kobalt-Aluminium-Oxid).
- Die Gruppe aus den n Energiespeichermodulen umfasst mindestens ein Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.

In Übereinstimmung mit diesen Ausführungen weist das erfindungsgemäße modulare Batteriespeichersystem besonders bevorzugt mindestens eines der folgenden Merkmale auf:

- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs weisen bevorzugt unterschiedliche Einzelspannungen U_{Einzel} auf.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule mit unterschiedlichen Nennspannungen, bei denen es sich jeweils um einen Kondensator handelt.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule, die elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichern und die sich in ihrer Nennspannung voneinander unterscheiden.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt, und mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, wobei der mindesten eine Kondensator und das mindestens eine Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, unterschiedliche Nennspannungen aufweisen.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
- Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen mindestens ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LFP, Energie-

speichermodul mit einer Kathode auf Basis von NMC, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LTO und Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NCA.

Weitere mögliche bevorzugte Ausführungsformen des Batteriespeichersystems lassen sich den obigen Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren und zum erfindungsgemäßen Batteriemanagementsystem entnehmen.

Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorzüge der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der Zusammenfassung, deren beider Wortlaut durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht wird, der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung sowie anhand der Zeichnungen. Hierbei zeigen:

Figur 1 zur Veranschaulichung eine Schaltungskonfiguration umfassend n jeweils mit einem Schalter verbundene Energiespeichermodule (schematische Darstellung);

Figur 2 eine durch überlappende Aktivierung von gemäß Fig. 1 verschalteten Energiespeichermodulen erzeugte sinusförmige Halbwelle (schematische Darstellung);

Figur 3 den Einsatz einer Pulsweitenmodulation in Zusammenhang mit der Erfindung.

Figur 1 zeigt ein vereinfachtes Beispiel eines Batteriespeichersystems gemäß der Erfindung umfassend n wieder aufladbare Energiespeichermodule B1 bis B $_n$ und n Schalter S1 bis S $_n$. Jeder der Schalter ist genau einem der Energiespeichermodule zugeordnet und umgekehrt (S1 zu B1, S2 zu B2, S3 zu B3, S4 zu B4 und S $_n$ zu B $_n$). Mittels der Schalter können die jeweiligen Energiespeichermodule aktiviert und deaktiviert werden. Jeder der Schalter kann mehrere Schaltstellungen aufweisen. In einer ersten Schaltstellung ist das dem Schalter zugeordnete Energiespeichermodul aktiviert und seine Einzelspannung U_{Einzel} steht zur Verfügung. In einer zweiten Schaltstellung ist das dem Schalter zugeordnete Energiespeichermodul deaktiviert und seine Einzelspannung U_{Einzel} steht nicht zur Verfügung. In einer dritten Schaltstellung ist das dem Schalter zugeordnete Energiespeichermodul mit umgekehrter Polarität aktiviert. Alle Schalter sind dazu ausgebildet, die jeweils zu ihnen gehörigen Energiespeichermodule im Deaktivierungsfall (in der zweiten Schaltstellung) überbrücken zu können. Deaktivierete Energiespeichermodule können somit im laufenden Betrieb ausgetauscht werden.

Die Schalter sind ihrerseits in Serie geschaltet. Über die Schalter können die n Energiespeichermodule derart miteinander verschaltet werden, dass sich die Einzelspannungen U_{Einzel} aktivierter Energiespeichermodule zu einer Gesamtspannung U_{Gesamt} addieren. Befindet sich einer der Schalter in der zweiten Schaltstellung, so überbrückt er das ihm zugeordnete deaktivierte Energiespeichermodul. Befindet sich einer der Schalter in der dritten Schaltstellung, so leistet die Einzelspannung U_{Einzel} des ihm zugeordneten Energiespeichermoduls einen negativen Beitrag zur Gesamtspannung U_{Gesamt} .

Durch sukzessive serielle Verschaltung der n Energiespeichermodule kann die Gesamtspannung U_{Gesamt} stufenweise erhöht werden. Die folgende Tabelle zeigt Möglichkeiten, mit Hilfe von vier Energiespeichermodulen mit unterschiedlichen Einzelspannungen U_{Einzel} und den dazugehörigen Schaltern 1 bis 4 eine Reihe von Gesamtspannungen U_{Gesamt} zu erzeugen. Der Zustand des Überbrückens eines Energiespeichermoduls ist in der Tabelle mit der Ziffer 0 angegeben, ein mit regulärer Polarität aktiviertes Energiespeichermodul mit der Ziffer 1:

Schalter-Nr. / Einzelspannung	S1 / 50 V	S2 / 40V	S3 / 48V	S4 / 54V	U_{Gesamt}
	0	0	0	0	0 V
	1	0	0	0	50 V
	1	1	0	0	90 V
	1	0	1	0	98 V
	1	0	0	1	104 V
	0	1	1	0	88 V

Anhand von Figur 2 wird die Funktionsweise des von der Erfindung vorgeschlagenen Verfahrens erläutert. Dargestellt ist eine durch überlappende Aktivierung von gemäß Fig. 1 verschalteten Energiespeichermodulen erzeugte näherungsweise sinusförmige Halbwelle. Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass jedes der Energiespeichermodule die gleiche Einzelspannung U_{Einzel} liefert, wobei dies, wie oben klargestellt ist, keineswegs zwingend so sein muss. Zur Erzeugung der Halbwelle werden 9 Energiespeichermodule B1 bis B9 seriell miteinander verschaltet, wobei

- B1 die Einzelspannung U_1 über den Aktivierungszeitraum t_1 liefert,
- B2 die Einzelspannung U_2 über den Aktivierungszeitraum t_2 liefert,
- B3 die Einzelspannung U_3 über den Aktivierungszeitraum t_3 liefert,
- B4 die Einzelspannung U_4 über den Aktivierungszeitraum t_4 liefert,
- B5 die Einzelspannung U_5 über den Aktivierungszeitraum t_5 liefert,

- B6 die Einzelspannung U_6 über den Aktivierungszeitraum t_6 liefert,
- B7 die Einzelspannung U_7 über den Aktivierungszeitraum t_7 liefert,
- B8 die Einzelspannung U_8 über den Aktivierungszeitraum t_8 liefert,
- B9 die Einzelspannung U_9 über den Aktivierungszeitraum t_9 liefert, und

$U_1 = U_2 = U_3 = U_4 = U_5 = U_6 = U_7 = U_8 = U_9$ und

$t_1 > t_2$ und $t_2 > t_3$ und $t_3 > t_4$ und $t_4 > t_5$ und $t_5 > t_6$ und $t_6 > t_7$ und $t_7 > t_8$ und $t_8 > t_9$.

Die Energiespeichermodule B1 bis B9 werden zeitversetzt in der Reihe ihrer Nummerierung aktiviert und in umgekehrter Reihenfolge zeitversetzt deaktiviert. Beim Aktivieren erhöht sich die Gesamtspannung U_{Gesamt} stufenweise bis der gewünschte Scheitelwert erreicht ist, danach wird die Gesamtspannung stufenweise abgesenkt. Die Form der Sinuskurve ergibt sich – abgesehen vom Scheitelwert - aus den zeitlichen Abständen, in denen die Energiespeichermodule aktiviert und deaktiviert werden und aus den jeweiligen Aktivierungszeiträumen (die Zeiträume zwischen Aktivierung und Deaktivierung eines Energiespeichermoduls). Um eine gewünschte Sinusform zu erzeugen, wird also festgelegt, in welchen zeitlichen Abständen und über welchen Aktivierungszeitraum die m Energiespeichermodule zu aktivieren sind.

Gemäß bevorzugten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird für jedes der 9 Energiespeichermodule ein Leistungswert bestimmt, der charakteristisch für sein Leistungsfähigkeit ist, beispielsweise ein Innenwiderstand, aus dem sich auf den SOH des jeweiligen Energiespeichermoduls rückschließen lässt. Die 9 Energiespeichermodule sind dann nach ihrer Leistungsfähigkeit sortierbar, die festgelegten Aktivierungszeiträume nach ihrer Länge. Die Aktivierungszeiträume werden dann den 9 Energiespeichermodulen zugeordnet. Die Zuordnung erfolgt dabei derart, dass nach der Zuordnung eine Sortierung der Energiespeichermodule nach ihrer Leistungsfähigkeit und nach der Länge der ihnen zugeordneten Aktivierungszeiträume zum gleichen Ergebnis führt. Bei einer Sortierung nach steigender Leistungsfähigkeit ergibt sich also eine Reihenfolge, in der dem leistungsfähigsten Modul der längste Aktivierungszeitraum zugeordnet ist, dem zweitleistungsfähigsten der zweitlängste Aktivierungszeitraum, dem drittleistungsfähigsten der drittlängste Aktivierungszeitraum etc..

Vorliegend bedeutet das, dass das Energiespeichermodul B1 als das mit der höchsten Leistungsfähigkeit identifiziert worden war und daher den längsten Aktivierungszeitraum zugeordnet bekam. B9 wurde als das Energiespeichermodul mit der geringsten Leistungsfähigkeit identifiziert und bekam den kürzesten Aktivierungszeitraum zugeordnet.

Bei der Erzeugung von Spannungskurven gemäß der Erfindung kann bei Übergang zwischen den Spannungsebenen, die durch Zu- oder Abschalten von Energiespeichermodulen erzeugt werden, eine Pulsweitensteuerung verwendet werden, um die Übergänge weicher zu gestalten. dies ist in Figur 4 erläutert, siehe die Pfeile an der linken Seite, die auf die Pulsweitenvorgänge hinweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines modularen Batteriespeichersystems, das eine Gruppe aus n wieder aufladbaren Energiespeichermodulen umfasst, wobei
 - jedem einzelnen der n Energiespeichermodule ein Schalter zugeordnet ist, über den das jeweilige Energiespeichermodul aktiviert und deaktiviert werden kann, und
 - die n Energiespeichermodule über die Schalter derart miteinander verschaltbar sind, dass sich die Einzelspannungen U_{Einzel} aktivierter Energiespeichermodule zu einer Gesamtspannung U_{Gesamt} addieren können, und
 - die Gruppe aus n Energiespeichermodulen Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfasst

und das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- a. Es wird für jedes der n Energiespeichermodule mindestens ein Leistungswert ermittelt,
 - b. Es wird eine sich zeitlich ändernde Gesamtspannung $U_{\text{Ges}}(t)$ erzeugt, indem mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe zeitlich überlappend aber über unterschiedlich lange Aktivierungszeiträume aktiviert werden, und
 - c. In Abhängigkeit des ermittelten mindestens einen Leistungswerts wird jedem der mindestens zwei Energiespeichermodule einer der unterschiedlich langen Aktivierungszeiträume zugeordnet.
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit den folgenden zusätzlichen Schritten:
 - a. In einem Datenspeicher werden die ermittelten Leistungswerte für jedes der n Energiespeichermodule abgelegt, so dass eine Sortierung der n Energiespeichermodule nach ihrer Leistungsfähigkeit möglich ist.
 - b. Die Zuordnung der Energiespeichermodule zu den unterschiedlich langen Aktivierungszeiträumen erfolgt anhand der in dem Datenspeicher abgelegten Leistungswerte.
 - c. Energiespeichermodulen mit vergleichsweise hoher Leistungsfähigkeit werden längere Aktivierungszeiträume zugeordnet als Energiespeichermodulen mit vergleichsweise geringer Leistungsfähigkeit.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2 mit den folgenden zusätzlichen Schritten:

- a. Es wird ermittelt, welche Anzahl m an Energiespeichermodule zur Erzeugung einer Scheitelspannung von $U_{Ges}(t)$ benötigt wird.
 - b. Die m Energiespeichermodule werden aus den zur Verfügung stehenden n Energiespeichermodule ausgewählt.
 - c. Um einen gewünschten Spannungsverlauf von $U_{Ges}(t)$ zu erzeugen, wird festgelegt, in welchen zeitlichen Abständen und über welchen Aktivierungszeitraum die m Energiespeichermodule zu aktivieren sind.
 - d. Die ausgewählten m Energiespeichermodule werden unter Berücksichtigung der Sortierkriterien „Leistungsfähigkeit“ und „Länge der ihnen zugeordneten Aktivierungszeiträume“ in eine Reihenfolge überführt, in der die beiden Sortierkriterien in gleicher Richtung entweder beide ansteigen oder beide abfallen.
 - e. Die m Energiespeichermodule werden in dieser Reihenfolge und in den festgelegten zeitlichen Abständen aktiviert.
4. Verfahren nach Anspruch 3 mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale und/oder zusätzlichen Schritte:
- a. Der gewünschte Spannungsverlauf ist sinusförmig.
 - b. Das Energiespeichermodule mit der höchsten Leistungsfähigkeit wird zuerst aktiviert und das mit der geringsten Leistungsfähigkeit zuletzt.
 - c. Das Energiespeichermodule mit der höchsten Leistungsfähigkeit wird über den längsten Aktivierungszeitraum aktiviert und das Energiespeichermodule mit der geringsten Leistungsfähigkeit über den kürzesten Aktivierungszeitraum.
5. Verfahren nach Anspruch 4 mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale:
- a. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs weisen bevorzugt unterschiedliche Einzelspannungen U_{Einzel} auf.
 - b. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodule, bei dem es sich um einen Kondensator handelt.
 - c. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule mit unterschiedlichen Nennspannungen, bei denen es sich jeweils um einen Kondensator handelt.
 - d. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodule, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert.

- e. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule, die elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichern und die sich in ihrer Nennspannung voneinander unterscheiden.
 - f. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt, und mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, wobei der mindesten eine Kondensator und das mindestens eine Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, unterschiedliche Nennspannungen aufweisen.
 - g. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
 - h. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
 - i. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen mindestens ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LFP, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NMC, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LTO und Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NCA.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale und/oder zusätzlichen Schritte:
- a. Einer der den n Energiespeichermodulen zugeordneten Schalter ist dazu ausgebildet, eine Pulswellenmodulation (PWM) erzeugen zu können.
 - b. Bei dem Energiespeichermodul, dem dieser Schalter zugeordnet ist, handelt es sich um einen Kondensator.
 - c. Beim Aktivieren und/oder Deaktivieren von Energiespeichermodulen wird mittels des zur PWM-Erzeugung ausgebildeten Schalters eine PWM erzeugt, um den Übergang zwischen einzelnen Spannungsstufen abzufedern.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale und/oder zusätzlichen Schritte:

- a. Es wird für jedes der n Energiespeichermodule ein Leistungsschwellwert definiert, bei dessen Unterschreiten ein Energiespeichermodul deaktiviert wird.
 - b. Bei Unterschreiten des Leistungsschwellwerts wird ein Signal oder eine Mitteilung ausgelöst, das oder die auf die Deaktivierung hinweist.
 - c. Das deaktivierte Energiespeichermodul wird überbrückt, so dass es nicht mehr mit weiteren Energiespeichermodulen elektrisch verbunden ist.
 - d. Das deaktivierte Energiespeichermodul wird ausgetauscht.
8. Batteriemanagementsystem für ein modulares Batteriespeichersystem, das eine Gruppe aus n wieder aufladbaren Energiespeichermodulen umfasst, mit den folgenden Merkmalen:
- a. Das Batteriemanagementsystem umfasst für jedes einzelne der n Energiespeichermodule einen Schalter, über den das jeweilige Energiespeichermodul aktiviert und deaktiviert werden kann,
 - b. die Schalter sind derart ausgebildet und miteinander verbunden, dass sich die Einzelspannungen U_{Einzel} aktivierter Energiespeichermodule zu einer Gesamtspannung U_{Gesamt} addieren können,
 - c. das Batteriemanagementsystem umfasst eine Prüfeinrichtung, mittels der sich für jedes der n Energiespeichermodule mindestens ein Leistungswert ermitteln lässt, der charakteristisch für seine Leistungsfähigkeit ist,
 - d. das Batteriemanagementsystem umfasst eine Steuereinrichtung, mittels der sich mindestens zwei der Energiespeichermodule aus der Gruppe über die jeweils zugeordneten Schalter zeitlich überlappend aber über unterschiedlich lange Aktivierungszeiträume aktivieren lassen, um eine sich zeitlich ändernde Gesamtspannung $U_{Ges}(t)$ zu erzeugen, und
 - e. die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, jedem der mindestens zwei Energiespeichermodule in Abhängigkeit des ermittelten mindestens einen Leistungswerts einer der unterschiedlich langen Aktivierungszeiträume zuzuordnen.
9. Batteriemanagementsystem nach Anspruch 8 mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale:
- a. Es umfasst einen Datenspeicher, in dem die ermittelten Leistungswerte für jedes der n Energiespeichermodule abgelegt werden können, so dass eine Sortierung der n Energiespeichermodule nach ihrer Leistungsfähigkeit möglich ist.
 - b. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, die Zuordnung der Energiespeichermodule zu den unterschiedlich langen Aktivierungszeiträumen anhand der in dem Datenspeicher abgelegten Leistungswerte vorzunehmen.

10. Batteriemanagementsystem nach Anspruch 8 oder Anspruch 9 mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Schritte:
 - a. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, automatisiert zu ermitteln, welche Anzahl m an Energiespeichermodulen zur Erzeugung einer Scheitelspannung von $U_{Ges}(t)$ benötigt wird.
 - b. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, automatisiert die m Energiespeichermodule aus den zur Verfügung stehenden n Energiespeichermodulen auszuwählen.
 - c. Das Batteriemanagementsystem umfasst einen Datenspeicher, in dem abgelegt werden kann, in welchen zeitlichen Abständen und über welchen Aktivierungszeitraum die m Energiespeichermodule zu aktivieren sind.
 - d. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, automatisiert die ausgewählten m Energiespeichermodule durch Sortierung nach den Sortierkriterien „Leistungsfähigkeit“ und „Länge der ihnen zugeordneten Aktivierungszeiträume“ in eine Reihenfolge zu überführen, in der die beiden Sortierkriterien in gleicher Richtung entweder beide ansteigen oder beide abfallen.
 - e. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, die m Energiespeichermodule in dieser Reihenfolge und in den festgelegten zeitlichen Abständen zu aktivieren.

11. Batteriemanagementsystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10 mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale und/oder zusätzlichen Schritte:
 - a. Einer der den n Energiespeichermodulen zugeordneten Schalter ist dazu ausgebildet, eine Pulswellenmodulation (PWM) erzeugen zu können.
 - b. Bei dem Energiespeichermodul, dem dieser Schalter zugeordnet ist, handelt es sich um einen Kondensator.
 - c. Die Steuereinrichtung ist dazu ausgebildet, beim Aktivieren und/oder Deaktivieren von Energiespeichermodulen mittels des zur PWM-Erzeugung ausgebildeten Schalters eine PWM zu erzeugen, um den Übergang zwischen einzelnen Spannungsstufen abzufedern.

12. Modulares Batteriespeichersystem, das eine Gruppe aus n wieder aufladbaren Energiespeichermodulen umfasst, mit mindestens einem der folgenden Merkmale:
 - a. die Gruppe aus n Energiespeichermodulen umfasst Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs.
 - b. Das Batteriespeichersystem umfasst ein Batteriemanagementsystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11.

- c. Das Batteriespeichersystem ist dazu ausgebildet, gemäß einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 betrieben zu werden.
13. Batteriespeichersystem nach Anspruch 12 mit mindestens einem der folgenden zusätzlichen Merkmale:
- a. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs weisen bevorzugt unterschiedliche Einzelspannungen U_{Einzel} auf.
 - b. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt.
 - c. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule mit unterschiedlichen Nennspannungen, bei denen es sich jeweils um einen Kondensator handelt.
 - d. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert.
 - e. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule, die elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichern und die sich in ihrer Nennspannung voneinander unterscheiden.
 - f. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens ein Energiespeichermodul, bei dem es sich um einen Kondensator handelt, und mindestens ein Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, wobei der mindesten eine Kondensator und das mindestens eine Energiespeichermodul, das elektrische Energie auf elektrochemischer Basis speichert, unterschiedliche Nennspannungen aufweisen.
 - g. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
 - h. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen bevorzugt mindestens zwei Energiespeichermodule aus der Gruppe mit Energiespeichermodul vom Lithium-Ionen-Typ, Energiespeichermodul vom Typ Nickel-Metallhydrid und Energiespeichermodul vom Typ Pb /PbO₂.
 - i. Die Energiespeichermodule unterschiedlichen Typs umfassen mindestens ein Energiespeichermodul aus der Gruppe mit Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LFP, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NMC, Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von LTO und Energiespeichermodul mit einer Kathode auf Basis von NCA.
-

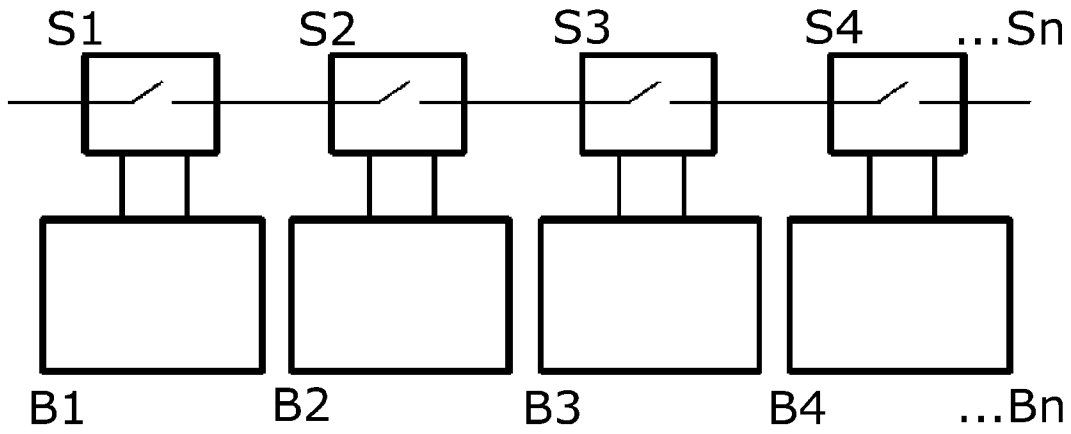


Fig. 1

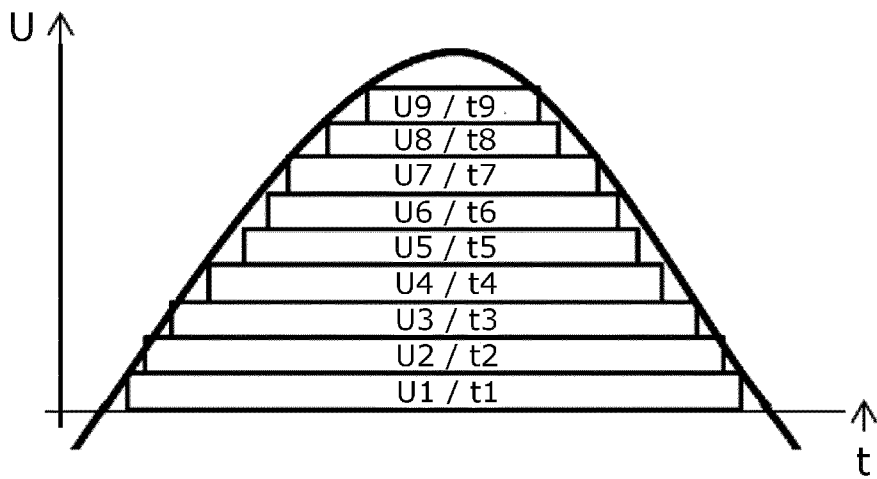


Fig. 2

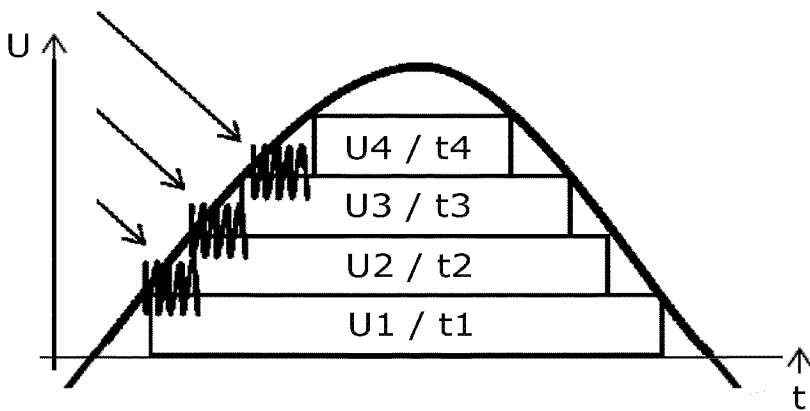


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/050466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02J7/00
ADD.
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02J
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/198936 A1 (GRAOVAC DUSAN [DE] ET AL) 18 August 2011 (2011-08-18)	8-13
A	abstract paragraphs [0047], [0048], [0053], [0064] - [0069]; figures 1-8	1-7
A	DE 10 2015 205267 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29 September 2016 (2016-09-29) abstract paragraphs [0019], [0055]; figures 1,7 ----- -/--	1,12,13

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 14 March 2018	Date of mailing of the international search report 22/03/2018
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Jäschke, Holger

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2018/050466

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	LEON M TOLBERT ET AL: "Multilevel Converters for Large Electric Drives", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 35, no. 1, 1 February 1999 (1999-02-01), XP011022532, ISSN: 0093-9994 pages 37,38; figures 1-4 -----	1-5,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2018/050466

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2011198936 A1	18-08-2011	CN 102263524 A	30-11-2011
		DE 102011004248 A1	18-08-2011
		US 2011198936 A1	18-08-2011
		US 2013127251 A1	23-05-2013

DE 102015205267 A1	29-09-2016	CN 107408898 A	28-11-2017
		DE 102015205267 A1	29-09-2016
		EP 3245727 A1	22-11-2017
		US 2018062536 A1	01-03-2018
		WO 2016150633 A1	29-09-2016

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02J7/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02J		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2011/198936 A1 (GRAOVAC DUSAN [DE] ET AL) 18. August 2011 (2011-08-18)	8-13
A	Zusammenfassung Absätze [0047], [0048], [0053], [0064] - [0069]; Abbildungen 1-8	1-7
A	----- DE 10 2015 205267 A1 (SIEMENS AG [DE]) 29. September 2016 (2016-09-29) Zusammenfassung Absätze [0019], [0055]; Abbildungen 1,7 ----- -/--	1,12,13
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts	
14. März 2018	22/03/2018	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Jäschke, Holger	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	LEON M TOLBERT ET AL: "Multilevel Converters for Large Electric Drives", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 35, Nr. 1, 1. Februar 1999 (1999-02-01), XP011022532, ISSN: 0093-9994 Seiten 37,38; Abbildungen 1-4 -----	1-5,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/050466

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2011198936 A1	18-08-2011	CN 102263524 A	30-11-2011
		DE 102011004248 A1	18-08-2011
		US 2011198936 A1	18-08-2011
		US 2013127251 A1	23-05-2013

DE 102015205267 A1	29-09-2016	CN 107408898 A	28-11-2017
		DE 102015205267 A1	29-09-2016
		EP 3245727 A1	22-11-2017
		US 2018062536 A1	01-03-2018
		WO 2016150633 A1	29-09-2016
