



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 204 861.8**

(22) Anmeldetag: **27.03.2012**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2013**

(51) Int Cl.: **H02J 15/00 (2012.01)**

H02J 7/00 (2012.01)

B60L 11/18 (2012.01)

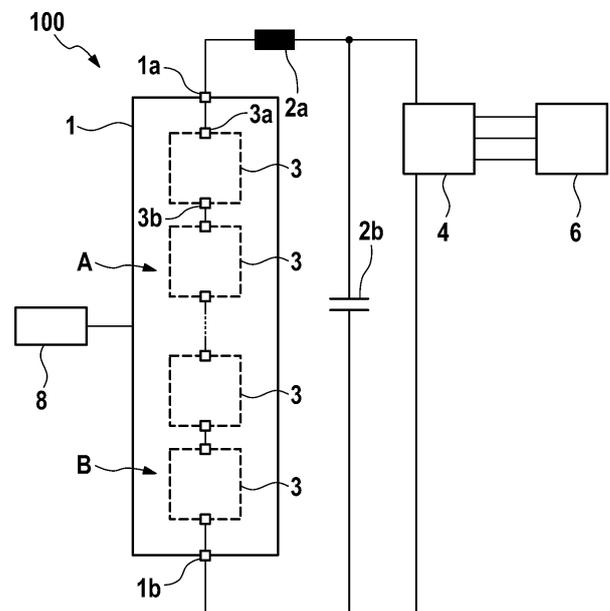
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Feuerstack, Peter, 71634, Ludwigsburg, DE;
Weissenborn, Erik, 70374, Stuttgart, DE; Kessler,
Martin, 73527, Schwäbisch Gmünd, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Umladen von Energiespeicherzellen einer Energiespeichereinrichtung und Energiespeichereinrichtung mit umladbaren Energiespeicherzellen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufheizen von Energiespeicherzellen einer Energiespeichereinrichtung mit einer Vielzahl von in mindestens einem Energieversorgungsstrang in Serie geschalteten Energiespeichermodulen, welche jeweils ein Energiespeicherzellenmodul, welches mindestens eine Energiespeicherzelle aufweist, und eine Koppereinrichtung mit Koppелеlementen umfassen, welche dazu ausgelegt sind, das Energiespeicherzellenmodul selektiv in den jeweiligen Energieversorgungsstrang zu schalten oder zu überbrücken. Das Verfahren umfasst dabei die Schritte des Übertragens von elektrischer Energie aus dem Energiespeicherzellenmodul mindestens eines ersten Energiespeichermoduls in einen mit der Energiespeichereinrichtung gekoppelten Gleichspannungszwischenkreis durch Ansteuern der Koppereinrichtung des ersten Energiespeichermoduls zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls des ersten Energiespeichermoduls mit dem Gleichspannungszwischenkreis für eine erste vorbestimmte Zeitspanne, und des Übertragens der in dem Gleichspannungszwischenkreis übertragenen elektrischen Energie in das Energiespeicherzellenmodul mindestens eines zweiten Energiespeichermoduls durch Ansteuern der Koppereinrichtung des zweiten Energiespeichermoduls zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls des zweiten Energiespeichermoduls mit dem Gleichspannungszwischenkreis für eine zweite vorbestimmte Zeitspanne, nachdem die erste vorbestimmte Zeitspanne verstrichen ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umladen von Energiespeicherzellen einer Energiespeichereinrichtung und eine Energiespeichereinrichtung mit umladbaren Energiespeicherzellen, insbesondere eine Energiespeichereinrichtung mit modularem Batteriesystem für ein elektrisch betriebenes Fahrzeug.

Stand der Technik

[0002] Es zeichnet sich ab, dass in Zukunft sowohl bei stationären Anwendungen, wie z.B. Windkraftanlagen oder Solaranlagen, wie auch in Fahrzeugen, wie Hybrid- oder Elektrofahrzeugen, vermehrt elektronische Systeme zum Einsatz kommen, die neue Energiespeichertechnologien mit elektrischer Antriebstechnik kombinieren.

[0003] Die Einspeisung von mehrphasigem Strom in eine elektrische Maschine wird üblicherweise durch einen Umrichter in Form eines Pulswechselrichters bewerkstelligt. Dazu kann eine von einem Gleichspannungszwischenkreis bereitgestellte Gleichspannung in eine mehrphasige Wechselspannung, beispielsweise eine dreiphasige Wechselspannung umgerichtet werden. Der Gleichspannungszwischenkreis wird dabei von einem Strang aus seriell verschalteten Batteriemodulen gespeist. Um die für eine jeweilige Anwendung gegebenen Anforderungen an Leistung und Energie erfüllen zu können, werden häufig mehrere Batteriemodule in einer Traktionsbatterie in Serie geschaltet.

[0004] Die Druckschriften DE 10 2010 027 857 A1 und DE 10 2010 027 861 A1 offenbaren modular verschaltete Batteriezellen in Energiespeichereinrichtungen, die über eine geeignete Ansteuerung von Koppereinheiten selektiv in den Strang aus seriell verschalteten Batteriezellen zu- oder abgekoppelt werden können. Systeme dieser Art sind unter dem Namen Battery Direct Converter (Batteriedirektwandler, BDC) bekannt. Solche Systeme umfassen Gleichstromquellen in einem Energiespeichermodulstrang, welche an einen Gleichspannungszwischenkreis zur elektrischen Energieversorgung einer elektrischen Maschine oder eines elektrischen Netzes über einen Pulswechselrichter anschließbar sind.

[0005] Der Energiespeichermodulstrang weist dabei eine Mehrzahl von in Serie geschalteten Energiespeichermodulen auf, wobei jedes Energiespeichermodul mindestens eine Batteriezelle und eine zugeordnete steuerbare Koppereinheit aufweist, welche es erlaubt, in Abhängigkeit von Steuersignalen die jeweils zugeordnete mindestens eine Batteriezelle zu überbrücken oder die jeweils zugeordnete mindestens eine Batteriezelle in den jeweiligen Energiespeichermodulstrang zu schalten. Optional kann die Koppel-

einheit derart gestaltet sein, dass sie es zusätzlich erlaubt, die jeweils zugeordnete mindestens eine Batteriezelle auch mit inverser Polarität in den jeweiligen Energiespeichermodulstrang zu schalten oder auch den jeweiligen Energiespeichermodulstrang zu unterbrechen.

[0006] BDCs weisen üblicherweise einen höheren Wirkungsgrad und eine höhere Ausfallsicherheit gegenüber herkömmlichen Systemen auf. Die Ausfallsicherheit wird unter anderem dadurch gewährleistet, dass defekte, ausgefallene oder nicht voll leistungsfähige Batteriezellen durch geeignete Überbrückungsansteuerung der Koppereinheiten aus dem Energieversorgungsstrang herausgeschaltet werden können. Die Gesamtausgangsspannung des Energiespeichermodulstrangs kann durch entsprechendes Ansteuern der Koppereinheiten variiert und insbesondere stufig eingestellt werden. Die Stufung der Ausgangsspannung ergibt sich dabei aus der Spannung eines einzelnen Energiespeichermoduls, wobei die maximal mögliche Gesamtausgangsspannung durch die Summe der Spannungen aller Energiespeichermodule des Energiespeichermodulstrangs bestimmt wird.

[0007] Zur Einstellung einer Ausgangsspannung eines Energiespeichermoduls kann eine pulsbreitenmodulierte (PWM) Ansteuerung der Koppereinheiten erfolgen. Dadurch ist es möglich, durch gezielte Variation der Ein- bzw. Ausschaltzeiten einen gewünschten Mittelwert als Energiespeichermodulspannung auszugeben.

[0008] Die in derartigen BDCs eingesetzten Batteriezellen sind aufgrund von fertigungs- und alterungsbedingten Schwankungen unterschiedlichen Zeitverläufen der Ladezustände bei der Entladung der Batteriezellen ausgesetzt. Durch die abweichenden Ladezustände kann es zu unterschiedlichen Beanspruchungen der Batteriezellen während des Betriebs des BDCs kommen, was die Lebensdauer und Leistungsfähigkeit des BDCs beeinträchtigen kann, insbesondere da sich geringfügige Unterschiede während der Betriebsdauer des BDC potenzieren können.

[0009] Es besteht daher ein Bedarf nach einer Methode, die Ladezustände von Batteriezellen eines BDC untereinander ausgleichen zu können, ohne dass Energie verloren geht bzw. Abwärme produziert wird.

Offenbarung der Erfindung

[0010] Die vorliegende Erfindung schafft gemäß einem Aspekt ein Verfahren zum Umladen von Energiespeicherzellen einer Energiespeichereinrichtung mit einer Vielzahl von in mindestens einem Energieversorgungsstrang in Serie geschalteten Energiespeichermodulen, welche jeweils ein Energiespei-

cherzellenmodul, welches mindestens eine Energiespeicherzelle aufweist, und eine Koppereinrichtung mit Koppелеlementen umfassen, welche dazu ausgelegt sind, das Energiespeicherzellenmodul selektiv in den jeweiligen Energieversorgungsstrang zu schalten oder zu überbrücken. Das Verfahren umfasst dabei die Schritte des Übertragens von elektrischer Energie aus dem Energiespeicherzellenmodul mindestens eines ersten Energiespeichermoduls in einen mit der Energiespeichereinrichtung gekoppelten Gleichspannungszwischenkreis durch Ansteuern der Koppereinrichtung des ersten Energiespeichermoduls zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls des ersten Energiespeichermoduls mit dem Gleichspannungszwischenkreis für eine erste vorbestimmte Zeitspanne, und des Übertragens der in dem Gleichspannungszwischenkreis übertragenen elektrischen Energie in das Energiespeicherzellenmodul mindestens eines zweiten Energiespeichermoduls durch Ansteuern der Koppereinrichtung des zweiten Energiespeichermoduls zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls des zweiten Energiespeichermoduls mit dem Gleichspannungszwischenkreis für eine zweite vorbestimmte Zeitspanne, nachdem die erste vorbestimmte Zeitspanne verstrichen ist.

[0011] Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein System, mit einer Energiespeichereinrichtung mit einer Vielzahl von in mindestens einem Energieversorgungsstrang in Serie geschalteten Energiespeichermodulen, welche jeweils ein Energiespeicherzellenmodul, welches mindestens eine Energiespeicherzelle aufweist, und eine Koppereinrichtung mit Koppелеlementen umfassen, welche dazu ausgelegt sind, das Energiespeicherzellenmodul selektiv in den jeweiligen Energieversorgungsstrang zu schalten oder zu überbrücken. Das System weist weiterhin einen Gleichspannungszwischenkreis, welcher mit Ausgangsanschlüssen der Energiespeichereinrichtung gekoppelt ist, und eine Steuereinrichtung auf, welche mit den Koppereinrichtungen gekoppelt ist, und welche dazu ausgelegt ist, die Koppereinrichtungen der Energiespeichereinrichtung zum Bereitstellen einer Gesamtausgangsspannung der Energiespeichereinrichtung selektiv anzusteuern und ein erfindungsgemäßes Verfahren durchzuführen.

Vorteile der Erfindung

[0012] Es ist Idee der vorliegenden Erfindung, eine modular aufgebaute Energiespeichereinrichtung mit in mindestens einem Energieversorgungsstrang seriell verschalteten Batteriezellen durch Nutzung eines an die Energiespeichereinrichtung gekoppelten Gleichspannungszwischenkreises als temporären Energiespeicher in einem aktiven Ausgleichsbetriebsmodus zu betreiben, bei dem elektrische Energie aus einem Energiespeichermodul entnommen,

temporär in dem Gleichspannungszwischenkreis gespeichert und in ein anderes Energiespeichermodul umgeladen werden kann.

[0013] Dies hat einerseits den Vorteil, dass Unterschiede in den Ladezuständen der Energiespeicherzellen verschiedener Energiespeichermodule während des Betriebs der Energiespeichereinrichtung aktiv und dynamisch ausgeglichen werden können, was die Lebensdauer und Leistungsfähigkeit der Energiespeichereinrichtung dauerhaft verbessern kann. Ein Vorteil besteht darin, dass das Verfahren zum Umladen der Energiespeicherzellen auch dann genutzt werden kann, wenn die Energiespeichereinrichtung gerade nicht in einem aktiven Betriebsmodus, beispielsweise im Fahrbetrieb eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs genutzt wird.

[0014] Andererseits wird das Umladen der Energiespeicherzellen ohne oder zumindest mit sehr wenigen Verlusten an elektrischer Energie in Form von Abwärme ermöglicht. Dadurch wird der Gesamtwirkungsgrad der Energiespeichereinrichtung und damit eines elektrischen Antriebssystems eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs erhöht.

[0015] Zudem sind keine zusätzlichen Systemkomponenten für die Implementierung des aktiven Umladeverfahrens notwendig, da die verwendeten Bauteile ohnehin in dem Antriebssystem vorhanden sind. Besonders vorteilhaft ist dabei, dass auch den vorhandenen Komponenten inhärenten elektrischen Eigenschaften, wie beispielsweise parasitäre Ausgangsinduktivitäten in das Umladeverfahren miteinbezogen werden können, wodurch die Effizienz des Verfahrens optimiert werden kann.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Dauer der ersten vorbestimmten Zeitspanne von einem Betrag der Spannung in dem Gleichspannungszwischenkreis abhängig sein.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Verfahren weiterhin den Schritt des Kurzschließens des Gleichspannungszwischenkreises über den Energieversorgungsstrang durch Ansteuern der Koppereinrichtungen zum Überbrücken aller Energiespeichermodule in einem der Energieversorgungsstränge für eine dritte vorbestimmte Zeitspanne zwischen der ersten vorbestimmten Zeitspanne und der zweiten vorbestimmten Zeitspanne umfassen. Dabei kann das Kurzschließen des Gleichspannungszwischenkreises über mindestens eine Koppelinduktivität erfolgen, welche zwischen die Energiespeichereinrichtung und den Gleichspannungszwischenkreis gekoppelt ist.

[0018] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Kurzschließen des Gleichspannungszwischenkreises für eine dritte vorbestimmte Zeitspanne erfolgen, wenn die Spannung des Gleichspannungszwischenkreises geringer als die Spannung des mindestens einen zweiten Energiespeichermoduls ist. Dies bietet den Vorteil, dass der Gleichspannungszwischenkreis mit einer Koppelinduktivität und/oder mit parasitären Induktivitäten der Energiespeicherzellen als Hochsetzsteller zusammenwirken kann, um die Ladespannung hochzusetzen.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Ansteuern der Koppelinrichtung des ersten Energiespeichermoduls derart getaktet erfolgen, dass der Strom aus dem Energiespeicherzellenmodul des ersten Energiespeichermoduls einen ersten vorbestimmten Stromgrenzwert nicht überschreitet.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Ansteuern der Koppelinrichtung des zweiten Energiespeichermoduls derart getaktet erfolgen, dass der Strom in das Energiespeicherzellenmodul des zweiten Energiespeichermoduls einen zweiten vorbestimmten Stromgrenzwert nicht überschreitet.

[0021] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann das Kurzschließen des Gleichspannungszwischenkreises über eine Koppelinduktivität erfolgen. Die Koppelinduktivität kann dabei vorteilhafterweise eine Hochsetzstellerfunktionalität gewährleisten.

[0022] Gemäß einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems können die Koppelinrichtungen Koppелеlemente in Vollbrückenschaltung umfassen. Alternativ können die Koppelinrichtungen Koppелеlemente in Halbbrückenschaltung umfassen.

[0023] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems kann das System weiterhin eine Koppelinduktivität umfassen, welche zwischen einen Ausgangsanschluss der Energiespeichereinrichtung und den Gleichspannungszwischenkreis gekoppelt ist.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems kann das System weiterhin einen Pulswechselrichter, welcher mit dem Gleichspannungszwischenkreis gekoppelt ist, und welcher aus dem Gleichspannungszwischenkreis mit einer Eingangsspannung gespeist wird umfassen.

[0025] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Systems kann das System weiterhin eine elektrische Maschine umfassen, welche mit dem Pulswechselrichter gekoppelt ist, und welche

von dem Pulswechselrichter mit einer Phasenspannung versorgt wird.

[0026] Weitere Merkmale und Vorteile von Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0027] Es zeigen:

[0028] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung eines Systems mit einer Energiespeichereinrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0029] [Fig. 2](#) eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Energiespeichermoduls einer Energiespeichereinrichtung nach [Fig. 1](#);

[0030] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines Energiespeichermoduls einer Energiespeichereinrichtung nach [Fig. 1](#); und

[0031] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Umladen von Energiespeicherzellen einer Energiespeichereinrichtung gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0032] [Fig. 1](#) zeigt ein System **100** zur Spannungswandlung von durch Energiespeichermodule **3** bereitgestellter Gleichspannung in eine n-phasige Wechselspannung. Das System **100** umfasst eine Energiespeichereinrichtung **1** mit Energiespeichermodulen **3**, welche in einem Energieversorgungsstrang in Serie geschaltet sind. Der Energieversorgungsstrang ist zwischen zwei Ausgangsanschlüssen **1a** und **1b** der Energiespeichereinrichtung **1** gekoppelt, die jeweils an einen Gleichspannungszwischenkreis **2b** gekoppelt sind. Beispielhaft dient das System **100** in [Fig. 1](#) zur Speisung einer dreiphasigen elektrischen Maschine **6**. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Energiespeichereinrichtung **1** zur Erzeugung von elektrischem Strom für ein Energieversorgungsnetz **6** verwendet wird. Es ist weiterhin möglich, dass die Energiespeichereinrichtung **1** über mehrere parallel geschaltete Energieversorgungsstränge verfügt, die ebenfalls eine dem in [Fig. 1](#) gezeigten Energieversorgungsstrang entsprechende Topologie aufweisen. Die parallel geschalteten Energieversorgungsstränge können alle mit den zwei Ausgangsanschlüssen **1a** und **1b** der Energiespeichereinrichtung **1** gekoppelt sein, und zur Erzeugung der Gesamtausgangsspannung der Energiespeichereinrichtung **1** herangezogen werden.

[0033] Dazu ist die Energiespeichereinrichtung **1** über eine Koppelinduktivität **2a** mit dem Gleichspan-

nungszwischenkreis **2b** gekoppelt. Die Koppelinduktivität **2a** kann beispielsweise eine gezielt zwischen den Gleichspannungszwischenkreis **2b** und den Ausgangsanschluss **1a** der Energiespeichereinrichtung **1** geschaltete induktive Drossel sein. Alternativ kann es auch möglich sein, dass die Koppelinduktivität **2a** durch ohnehin vorhandene parasitäre Induktivitäten in der Verschaltung zwischen Energiespeichereinrichtung **1** und Gleichspannungszwischenkreis **2b** gebildet wird.

[0034] Der Gleichspannungszwischenkreis **2b** kann einen Pulswechselrichter **4** speisen, welcher aus der Gleichspannung des Gleichspannungszwischenkreises **2b** eine dreiphasige Wechselspannung bereitstellt. Diese dreiphasige Wechselspannung kann für die elektrische Maschine **6** bereitgestellt werden. Der Pulswechselrichter **4** kann beispielsweise in raumzeigermodulierter Pulsbreitenmodulation (SVPWM, „space vector pulse width modulation“) betrieben werden. Die Anzahl der Phasen der elektrischen Maschine **6** ist dabei nicht beschränkt, es kann jede andere Anzahl von Phasen ebenso möglich sein. Die elektrische Maschine **6** kann dabei eine Drehstrommaschine, eine Reluktanzmaschinen, eine elektrisch erregte oder permanent erregte Synchronmaschine, eine Asynchronmaschinen, oder einen bürstenlosen Gleichstrommotor (BLDC, „brushless DC motor“) umfassen.

[0035] Das System **100** kann weiterhin eine Steuereinrichtung **8** umfassen, welche mit der Energiespeichereinrichtung **1** verbunden ist, und mithilfe derer die Energiespeichereinrichtung **1** gesteuert werden kann, um die gewünschte Gesamtausgangsspannung der Energiespeichereinrichtung **1** an den jeweiligen Ausgangsanschlüssen **1a**, **1b** bereitzustellen. Zudem kann die Steuereinrichtung **8** dazu ausgelegt sein, bei einem Umladen der Energiespeicherzellen der Energiespeichereinrichtung **1** die jeweiligen Koppellemente bzw. aktiven Schaltelemente der Energiespeichereinrichtung **1** anzusteuern.

[0036] Der Energieversorgungsstrang der Energiespeichereinrichtung **1** weist mindestens zwei in Reihe geschaltete Energiespeichermodule **3** auf. Beispielfhaft beträgt die Anzahl der Energiespeichermodule **3** in **Fig. 1** vier, wobei jedoch jede andere Anzahl von Energiespeichermodulen **3** ebenso möglich ist. Die Energiespeichermodule **3** weisen jeweils zwei Ausgangsanschlüsse **3a** und **3b** auf, über welche eine Modulausgangsspannung der Energiespeichermodule **3** bereitgestellt werden kann. Da die Energiespeichermodule **3** primär in Reihe geschaltet sind, summieren sich die Modulausgangsspannungen der Energiespeichermodule **3** zu der Gesamtausgangsspannung, welche an den Ausgangsanschlüssen **1a**, **1b** der Energiespeichereinrichtung **1** bereitgestellt wird.

[0037] Zwei beispielhafte Aufbauformen der Energiespeichermodule **3** sind in den **Fig. 2** und **Fig. 3** in größerem Detail gezeigt. Die Energiespeichermodule **3** umfassen dabei jeweils eine Koppelinrichtung **7** mit mehreren Koppellementen **7a**, **7c** sowie **7b** und **7d**. Die Energiespeichermodule **3** umfassen weiterhin jeweils ein Energiespeicherzellenmodul **5** mit einem oder mehreren in Reihe geschalteten Energiespeicherzellen **5a** bis **5k**.

[0038] Das Energiespeicherzellenmodul **5** kann dabei beispielsweise in Reihe geschaltete Zellen **5a** bis **5k**, beispielsweise Lithium-Ionen-Zellen oder -Akkumulatoren aufweisen. Dabei beträgt die Anzahl der Energiespeicherzellen **5a** bis **5k** in den in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigten Energiespeichermodulen **3** beispielhaft zwei, wobei jedoch jede andere Zahl von Energiespeicherzellen **5a** bis **5k** ebenso möglich ist. Die Energiespeicherzellenmodule **5** weisen eine Klemmenspannung von U_M auf und sind über Verbindungsleitungen mit Eingangsanschlüssen der zugehörigen Koppelinrichtung **7** verbunden. An den Eingangsklemmen der zugehörigen Koppelinrichtung **7** liegt also die Spannung U_M an.

[0039] In **Fig. 2** bilden die in Reihe geschalteten Koppellemente **7a** und **7c**, deren Mittelabgriff mit der Ausgangsklemmen **3a** verbunden ist, den so genannten linken Zweig der Vollbrücke und es bilden die in Reihe geschalteten Koppellemente **7b** und **7d**, deren Mittelabgriff mit der Ausgangsklemme **3b** verbunden ist, den so genannten rechten Zweig der Vollbrücke. Die Koppelinrichtung **7** ist in **Fig. 2** als Vollbrückenschaltung mit je zwei Koppellementen **7a**, **7c** und zwei Koppellementen **7b**, **7d** ausgebildet. Die Koppellemente **7a**, **7b**, **7c**, **7d** können dabei jeweils ein aktives Schaltelement, beispielsweise einen Halbleiterschalter, und eine dazu parallel geschaltete Freilaufdiode aufweisen. Die Koppelinrichtungen **7a**, **7b**, **7c**, **7d** können beispielsweise Feldeffekttransistoren (FETs), Bipolartransistoren mit isoliertem Gate (IGBTs) oder andere geeignete Transistortypen bzw. thyristor-basierte Komponenten aufweisen. Bei geeigneter Wahl der Leistungstransistorschalter können die Freilaufdioden zum Beispiel auch in den Leistungstransistorschalter integriert sein.

[0040] Die Koppellemente **7a**, **7b**, **7c**, **7d** können derart angesteuert werden, beispielsweise mit Hilfe der in **Fig. 1** dargestellten Steuereinrichtung **9**, dass das jeweilige Energiespeicherzellenmodul **5** selektiv zwischen die Ausgangsanschlüsse **3a** und **3b** geschaltet wird oder dass das Energiespeicherzellenmodul **5** überbrückt wird. Mit Bezug auf **Fig. 2** kann das Energiespeicherzellenmodul **5** beispielsweise in Vorwärtsrichtung zwischen die Ausgangsanschlüsse **3a** und **3b** geschaltet werden, indem das aktive Schaltelement des Koppellements **7d** und das aktive Schaltelement des Koppellements **7a** in einen geschlossenen Zustand versetzt werden,

während die beiden übrigen aktiven Schaltelemente der Koppellemente **7b** und **7c** in einen offenen Zustand versetzt werden. In diesem Fall liegt zwischen den Ausgangsklemmen **3a** und **3b** der Koppelinrichtung **7** die Spannung U_M an. Ein Überbrückungszustand kann beispielsweise dadurch eingestellt werden, dass die beiden aktiven Schaltelemente der Koppellemente **7a** und **7b** in geschlossenen Zustand versetzt werden, während die beiden aktiven Schaltelemente der Koppellemente **7c** und **7d** in offenem Zustand gehalten werden. Ein zweiter Überbrückungszustand kann beispielsweise dadurch eingestellt werden, dass die beiden aktiven Schalter der Koppellemente **7c** und **7d** in geschlossenen Zustand versetzt werden, während die aktiven Schaltelemente der Koppellemente **7a** und **7b** in offenem Zustand gehalten werden. In beiden Überbrückungszuständen liegt zwischen den beiden Ausgangsklemmen **3a** und **3b** der Koppelinrichtung **7** die Spannung 0 an. Ebenso kann das Energiespeicherzellenmodul **5** in Rückwärtsrichtung zwischen die Ausgangsanschlüsse **3a** und **3b** der Koppelinrichtung **7** geschaltet werden, indem die aktiven Schaltelemente der Koppellemente **7b** und **7c** in geschlossenen Zustand versetzt werden, während die aktiven Schaltelemente der Koppellemente **7a** und **7d** in offenem Zustand versetzt werden. In diesem Fall liegt zwischen den beiden Ausgangsklemmen **3a** und **3b** der Koppelinrichtung **7** die Spannung $-U_M$ an.

[0041] Durch geeignetes Ansteuern der Koppelinrichtungen **7** können daher einzelne Energiespeicherzellenmodule **5** der Energiespeichermodule **3** gezielt in die Reihenschaltung des Energieversorgungsstrangs integriert werden. Dadurch kann durch eine gezielte Ansteuerung der Koppelinrichtungen **7** zum selektiven Schalten der Energiespeicherzellenmodule **5** der Energiespeichermodule **3** in den Energieversorgungsstrang eine Gesamtausgangsspannung bereitgestellt werden, die von den einzelnen Ausgangsspannungen der Energiespeicherzellenmodule **5** der Energiespeichermodule **3** abhängig ist. Die Gesamtausgangsspannung kann dabei jeweils in Stufen eingestellt werden, wobei die Anzahl der Stufen mit der Anzahl der Energiespeichermodule **3** skaliert. Bei einer Anzahl von n Energiespeichermodulen **3** kann die Gesamt-Ausgangsspannung des Energieversorgungsstrangs in $2n + 1$ Stufen zwischen $-n \cdot U_M$, ..., 0 , ..., $+n \cdot U_M$ eingestellt werden.

[0042] **Fig. 3** zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren beispielhaften Ausgestaltungsform für ein Energiespeichermodul **3**. Dabei umfasst die Koppelinrichtung **7** nur die Koppellemente **7a** und **7c**, die als Halbbrückenschaltung das Energiespeicherzellenmodul **5** entweder in einen Überbrückungszustand oder einen Schaltzustand in Vorwärtsrichtung in den Energieversorgungsstrang geschaltet werden können. Im Übrigen gelten ähnliche Ansteuerregeln

wie im Zusammenhang mit **Fig. 3** für das dort gezeigte Energiespeichermodul **3** in Vollbrückenschaltung erläutert.

[0043] **Fig. 4** zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens **10** zum Umladen von Energiespeicherzellen einer Energiespeichereinrichtung, beispielsweise von Energiespeicherzellen **5a** bis **5k** der Energiespeichereinrichtung **1** in **Fig. 1**. Beispielfhaft wird zur Erläuterung des Verfahrens **10** auf die mit A bzw. B gekennzeichneten Energiespeichermodule **3** der Energiespeichereinrichtung **1** in **Fig. 1** Bezug genommen, wobei das Verfahren **10** prinzipiell für das Umladen von elektrischer Energie zwischen beliebigen der Energiespeichermodule **3** der Energiespeichereinrichtung **1** in **Fig. 1** geeignet ist. Das Verfahren **10** eignet sich insbesondere für den Einsatz in elektrisch betriebenen Fahrzeugen, welche einen Elektromotor als elektrische Maschine **6** aufweisen.

[0044] Das Verfahren **10** kann als ersten Schritt **11** ein Übertragen von elektrischer Energie aus dem Energiespeicherzellenmodul **5** mindestens eines ersten Energiespeichermoduls **3** in einen mit der Energiespeichereinrichtung **1** gekoppelten Gleichspannungszwischenkreis **2b** durch Ansteuern der Koppelinrichtung **7** des ersten Energiespeichermoduls **3** zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls **5** des ersten Energiespeichermoduls **3** mit dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** für eine erste vorbestimmte Zeitspanne. Beispielsweise kann das Energiespeichermodul A für eine bestimmte Zeitdauer in den Energieversorgungsstrang geschaltet werden, wenn aus dem Energiespeichermodul A Ladung entnommen werden soll. Die Anzahl der Energiespeichermodule **3**, aus denen gleichzeitig Ladung entnommen werden kann, ist dabei prinzipiell unbegrenzt. Die Dauer der ersten vorbestimmten Zeitspanne kann von einem Betrag der Spannung in dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** abhängig sein. Wenn der Gleichspannungszwischenkreis **2b** auf einen vorbestimmten Ladungswert aufgeladen ist, kann beispielsweise der Schritt **11** beendet werden.

[0045] Nach dem Übertragen der elektrischen Energie aus dem Energiespeichermodul A kann in einem optionalen Schritt **12** für kurze Zeit ein Öffnen aller Koppelinrichtungen **7** erfolgen, um ungewollte Kurzschlüsse zu vermeiden, und um einen in die Koppelinduktivität **2a** eingepprägten Strom abzubauen.

[0046] Das Verfahren **10** kann als dritten Schritt dann ein Übertragen der in dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** übertragenen elektrischen Energie in das Energiespeicherzellenmodul **5** mindestens eines zweiten Energiespeichermoduls **3** durch Ansteuern der Koppelinrichtung **7** des zweiten Energiespeichermoduls **3** zum Koppeln des Energiespeicherzel-

lenmoduls **5** des zweiten Energiespeichermoduls **3** mit dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** für eine zweite vorbestimmte Zeitspanne erfolgen, nachdem die erste vorbestimmte Zeitspanne verstrichen ist. Beispielsweise kann das Energiespeichermodul **B** für eine bestimmte Zeitdauer in den Energieversorgungsstrang geschaltet werden, wenn in das Energiespeichermodul **B** Ladung eingespeist werden soll. Die Anzahl der Energiespeichermodule **3**, in die gleichzeitig Ladung eingespeist werden kann, ist dabei prinzipiell unbegrenzt.

[0047] Wenn die Energiespeichereinrichtung **1** über mehrere Energieversorgungsstränge verfügt, kann auch strangübergreifend elektrische Energie zwischen Energiespeichermodulen **3** verschiedener Energieversorgungsstränge umgeladen werden.

[0048] Wenn die Spannung im Gleichspannungszwischenkreis **2b** höher als die Spannung der zu ladenden Energiespeichermodule **3** ist, kann in einem Schritt **14** die Ladung von dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** direkt in die zweiten Energiespeichermodule **3** eingespeist werden. Die zweite vorbestimmte Zeitspanne kann dabei beendet werden, wenn die Spannung am Gleichspannungszwischenkreis **2b** auf das Niveau der zu ladenden zweiten Energiespeichermodule **3** abgefallen ist. Danach kann in einem erneuten Schritt **11** das Verfahren **10** iteriert werden, um einen weiteren Umladevorgang zu beginnen.

[0049] Wenn die Spannung im Gleichspannungszwischenkreis **2b** niedriger als die Spannung der zu ladenden Energiespeichermodule **3** ist, können zunächst in einem Zwischenschritt **13a** die Koppelinduktivität **2a** und die Kapazität des Gleichspannungszwischenkreises **2b** als Hochsetzsteller zusammenwirken, so dass die Spannung, die den zweiten Energiespeichermodulen **3** in dem Energieversorgungsstrang bereitgestellt werden kann, durch Hochsetzen der in dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** vorhandenen Spannung in der Koppelinduktivität **2a** erhöht werden kann. Dazu wird zunächst ein Kurzschließen des Gleichspannungszwischenkreises **2b** über den Energieversorgungsstrang durch Ansteuern der Koppereinrichtungen **7** zum Überbrücken aller Energiespeichermodule **3** in dem Energieversorgungsstrang für eine dritte vorbestimmte Zeitspanne durchgeführt. Danach kann in einem Schritt **13b** die Ladung von dem Gleichspannungszwischenkreis **2b** in die zweiten Energiespeichermodule **3** eingespeist werden, bis der Strom in der Koppelinduktivität **2a** wieder auf Null abgefallen ist. Danach kann in einem erneuten Schritt **11** das Verfahren **10** iteriert werden, um einen weiteren Umladevorgang zu beginnen.

[0050] Für den Schritt **13a** können beispielsweise auch die parasitären Induktivitäten der Energiespeicherzellen **5a** bis **5k** bzw. der Energiespeicherzellen-

module **5** miteinbezogen werden, um die Hochsetzstellerfunktionalität zu gewährleisten.

[0051] Das Ansteuern der Koppereinrichtungen **7** der Energiespeichermodule **3** zum Laden oder Entladen des Gleichspannungszwischenkreises kann derart getaktet erfolgen, dass der Strom aus den bzw. in die Energiespeicherzellenmodule **5** der Energiespeichermodule **3** vorbestimmte Stromgrenzwert nicht überschreitet, das heißt, die Energiespeichermodule **3** können intermittierend in den Energieversorgungsstrang geschaltet werden, um die Stromgrenzwerte für die Energiespeicherzellenmodule **5** nicht zu überschreiten.

[0052] Das Verfahren **10** kann in einem Ruhebetriebszustand der Energiespeichereinrichtung **1** durchgeführt werden, das heißt, in einem Betriebsmodus, in dem die Energiespeichereinrichtung **1** keine Versorgungsspannung für den Pulswechselrichter **4** bereitstellen muss. Alternativ kann das Verfahren **10** auch in einem Zustand geringer Leistungsaufnahme des Pulswechselrichters **4** erfolgen, so dass ein Teil der im Gleichspannungszwischenkreis **2b** zur Verfügung stehenden Ladung in bestimmte Energiespeicherzellenmodule **5** umgeladen werden kann.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102010027857 A1 [\[0004\]](#)
- DE 102010027861 A1 [\[0004\]](#)

Patentansprüche

1. Verfahren (10) zum Umladen von Energiespeicherzellen (5a, 5k) einer Energiespeichereinrichtung (1) mit einer Vielzahl von in mindestens einem Energieversorgungsstrang in Serie geschalteten Energiespeichermodulen (3), welche jeweils umfassen: ein Energiespeicherzellenmodul (5), welches mindestens eine Energiespeicherzelle (5a, 5k) aufweist, und eine Koppereinrichtung (7) mit Koppелеlementen (7a, 7b; 7c, 7d), welche dazu ausgelegt sind, das Energiespeicherzellenmodul (5) selektiv in den jeweiligen Energieversorgungsstrang zu schalten oder zu überbrücken,

wobei das Verfahren (10) die Schritte aufweist: Übertragen (11) von elektrischer Energie aus dem Energiespeicherzellenmodul (5) mindestens eines ersten Energiespeichermoduls (3) in einen mit der Energiespeichereinrichtung (1) gekoppelten Gleichspannungszwischenkreis (2b) durch Ansteuern der Koppereinrichtung (7) des ersten Energiespeichermoduls (3) zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls (5) des ersten Energiespeichermoduls (3) mit dem Gleichspannungszwischenkreis (2b) für eine erste vorbestimmte Zeitspanne; Übertragen (13b; 14) der in dem Gleichspannungszwischenkreis (2b) übertragenen elektrischen Energie in das Energiespeicherzellenmodul (5) mindestens eines zweiten Energiespeichermoduls (3) durch Ansteuern der Koppereinrichtung (7) des zweiten Energiespeichermoduls (3) zum Koppeln des Energiespeicherzellenmoduls (5) des zweiten Energiespeichermoduls (3) mit dem Gleichspannungszwischenkreis (2b) für eine zweite vorbestimmte Zeitspanne, nachdem die erste vorbestimmte Zeitspanne verstrichen ist.

2. Verfahren (10) nach Anspruch 1, wobei die Dauer der ersten vorbestimmten Zeitspanne von einem Betrag der Spannung in dem Gleichspannungszwischenkreis (2b) abhängig ist.

3. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 und 2, weiterhin mit dem Schritt: Kurzschließen (13a) des Gleichspannungszwischenkreises (2b) über einen der der Energieversorgungsstränge durch Ansteuern der Koppereinrichtungen (7) zum Überbrücken aller Energiespeichermodule (3) in dem Energieversorgungsstrang für eine dritte vorbestimmte Zeitspanne zwischen der ersten vorbestimmten Zeitspanne und der zweiten vorbestimmten Zeitspanne.

4. Verfahren (10) nach Anspruch 3, wobei das Kurzschließen (13a) des Gleichspannungszwischenkreises (2b) über eine Koppelinduktivität (2a) erfolgt.

5. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 3 und 4, wobei das Kurzschließen (13a) des Gleichspannungszwischenkreises (2b) für eine dritte vorbe-

stimmte Zeitspanne erfolgt, wenn die Spannung des Gleichspannungszwischenkreises (2b) geringer als die Spannung des mindestens einen zweiten Energiespeichermoduls (3) ist.

6. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Ansteuern der Koppereinrichtung (7) des ersten Energiespeichermoduls (3) derart getaktet erfolgt, dass der Strom aus dem Energiespeicherzellenmodul (5) des ersten Energiespeichermoduls (3) einen ersten vorbestimmten Stromgrenzwert nicht überschreitet.

7. Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Ansteuern der Koppereinrichtung (7) des zweiten Energiespeichermoduls (3) derart getaktet erfolgt, dass der Strom in das Energiespeicherzellenmodul (5) des zweiten Energiespeichermoduls (3) einen zweiten vorbestimmten Stromgrenzwert nicht überschreitet.

8. System (100), mit: einer Energiespeichereinrichtung (1) mit einer Vielzahl von in mindestens einem Energieversorgungsstrang in Serie geschalteten Energiespeichermodulen (3), welche jeweils umfassen: ein Energiespeicherzellenmodul (5), welches mindestens eine Energiespeicherzelle (5a, 5k) aufweist, und eine Koppereinrichtung (7) mit Koppелеlementen (7a, 7b; 7c, 7d), welche dazu ausgelegt sind, das Energiespeicherzellenmodul (5) selektiv in den jeweiligen Energieversorgungsstrang zu schalten oder zu überbrücken; einem Gleichspannungszwischenkreis (2b), welcher mit Ausgangsanschlüssen (1a, 1b) der Energiespeichereinrichtung (1) gekoppelt ist; und einer Steuereinrichtung (8), welche mit den Koppereinrichtungen (7) gekoppelt ist, und welche dazu ausgelegt ist, die Koppereinrichtungen (7) der Energiespeichereinrichtung (1) zum Bereitstellen einer Gesamtausgangsspannung der Energiespeichereinrichtung (1) selektiv anzusteuern und ein Verfahren (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.

9. System (100) nach Anspruch 8, wobei die Koppereinrichtungen (7) Koppелеlemente (7a; 7b; 7c; 7d) in Vollbrückenschaltung umfassen.

10. System (100) nach Anspruch 8, wobei die Koppereinrichtungen (7) Koppелеlemente (7a; 7c) in Halbbrückenschaltung umfassen.

11. System (100) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, weiterhin mit: mindestens einer Koppelinduktivität (2a), welche zwischen einen Ausgangsanschluss (1a) der Energiespeichereinrichtung (1) und den Gleichspannungszwischenkreis (2b) gekoppelt ist.

12. System (**100**) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, weiterhin mit:

einem Pulswechselrichter (**4**), welcher mit dem Gleichspannungszwischenkreis (**2b**) gekoppelt ist, und welcher aus dem Gleichspannungszwischenkreis (**2b**) mit einer Eingangsspannung gespeist wird.

13. System (**100**) nach Anspruch 12, weiterhin mit: einer elektrischen Maschine (**6**), welche mit dem Pulswechselrichter (**4**) gekoppelt ist, und welche von dem Pulswechselrichter (**4**) mit einer Phasenspannung versorgt wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

