



(10) **DE 11 2010 001 505 B4** 2021.10.28

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2010 001 505.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2010/029113**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/114806**
(86) PCT-Anmeldetag: **30.03.2010**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **07.10.2010**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **24.05.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **28.10.2021**

(51) Int Cl.: **H02J 7/00** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

61/166,590	03.04.2009	US
12/725,683	17.03.2010	US

(73) Patentinhaber:

Marvell Asia Pte, Ltd., Singapur, SG

(74) Vertreter:

**Grünecker Patent- und Rechtsanwälte PartG
mbB, 80802 München, DE**

(72) Erfinder:

Sutardja, Pantas, Los Gatos, Calif., US

(56) Ermittelter Stand der Technik:

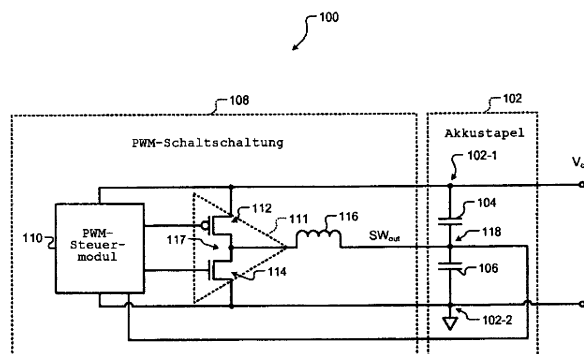
US	6 259 229	B1
WO	97/ 04 513	A1

**Nishijima, K.; Sakamoto, H.; Harada, K.: A
PWM controlled simple and high performance
battery balancing system. IEEE 31st Annual
Power Electronics Specialists Conference.
Conference Proceedings (Cat. No.00CH37018),
Galway, Ireland, 2000, S. 517-520 Vol.1. IEEE
Xplore [online]. DOI: 10.1109/PESC.2000.878916,
In: IEEE**

(54) Bezeichnung: **Leistungsverwaltungsschaltung für einen Akkustapel**

(57) Hauptanspruch: Ladeausgleichssystem, das umfasst:
N Schaltungen, die jeweils enthalten:
einen ersten und einen zweiten Schalter (112, 114), die in
Reihe verbunden sind; und
ein Induktionselement (116) mit einem ersten Ende, das
zwischen dem ersten und dem zweiten Schalter (112, 114)
verbunden ist;
ein Steuermodul (110), das Steuersignale zum Steuern des
ersten und des zweiten Schalters (112, 114) ausgibt, wobei
N eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist,
wobei ein zweites Ende des Induktionselements (116) einer
ersten der N Schaltungen zwischen zwei Zellen (104, 106)
eines ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen
eines Akkustapels (102) verbunden ist, und wobei der erste
und der zweite Schalter (112, 114) der ersten der N Schal-
tungen parallel mit dem ersten Paar von 2N in Reihe ver-
bundenen Zellen verbunden sind, und
wobei das Steuermodul (110) eine Ladung zwischen den
zwei Zellen (104, 106) des ersten Paares von 2N in Rei-
he verbundenen Zellen über das Induktionselement (116)
überträgt, bis die Differenz zwischen den entsprechenden
Ausgangsspannungen der zwei Zellen des ersten Paares
von 2N in Reihe verbundenen Zellen kleiner oder gleich ei-
nem vorbestimmten Schwellwert ist; und

einen Steuerschalter, der den Akkustapel (102) trennt,
wenn die Ausgangsspannung des Akkustapels auf weniger
als eine vorbestimmte Spannung fällt.



Beschreibung

Erfindungsfeld

[0001] Die Erfindung betrifft Akkus und insbesondere eine Leistungsverwaltungsschaltung für einen Akkustapel.

Hintergrund

[0002] Die folgenden Erläuterungen zum Hintergrund der Erfindung sollen den Kontext der vorliegenden Erfindung verdeutlichen. Dabei kann auch auf die Arbeit der Erfinder Bezug genommen werden oder können bestimmte Aspekte der weiter unten zu beschreibenden Erfindung vorweggenommen werden, ohne dass diese deshalb als Stand der Technik in Bezug auf die vorliegende Erfindung zu betrachten sind.

[0003] Akkus werden in vielen Anwendungen wie etwa in tragbaren elektronischen Geräten oder in Industrieausstattungen verwendet. Tragbare elektronische Geräte sind etwa Mobiltelefone, Kameras, PDAs, Laptop-Computer und Notebook-Computer. Industrieausstattungen sind etwa Gabelstapler, Hybrid- oder Elektrofahrzeuge, medizinische Ausstattungen und unterbrechungsfreie Stromversorgungen.

[0004] Akkus enthalten gewöhnlich Zellen, die verschiedene chemische Techniken verwenden können und verschiedene Ausgangsspannungen erzeugen können. Zum Beispiel erzeugen Nickel-Cadmium (NiCd)- und Nickel-Metallhydrid (NiMH)-Zellen eine Ausgangsspannung von 1,2 V. Lithium-Ionen-Zellen dagegen erzeugen Ausgangsspannungen zwischen 3,6 V und 3,9 V.

[0005] Viele Anwendungen verwenden Spannungen, die größer sein können als die durch eine einzelne Zelle erzeugte Ausgangsspannung.

[0006] Deshalb kann ein Akkustapel mit mehreren Zellen verwendet werden, um Ausgangsspannungen zu erzeugen, die größer als die durch eine einzelne Zelle erzeugte Spannung sind. Zum Beispiel kann ein Akkustapel mit zwei Zellen eine Ausgangsspannung erzeugen, mit der tragbare elektronische Geräte betrieben werden können. Ein Akkustapel mit hunderten von Zellen kann eine Ausgangsspannung erzeugen, mit der Elektrofahrzeuge betrieben werden können.

[0007] Allgemein weist eine Zelle eines Akkus eine Kapazität zum Speichern einer vorbestimmten Ladungsmenge auf. Die Kapazität kann als Nennkapazität der Zelle bezeichnet werden. Die zu einem bestimmten Zeitpunkt in der Zelle verbleibende Ladungsmenge kann als Ladezustand der Zelle bezeichnet werden. Eine Zelle befindet sich in einem vollständig geladenen Zustand, wenn sie auf die ma-

ximale Kapazität (d.h. auf die Nennkapazität) geladen ist. Umgekehrt befindet sich eine Zelle in einem vollständig entladenen Zustand, wenn sie zu einer minimalen Kapazität entladen ist. Die Ausgangsspannung der Zelle ist von dem Ladezustand der Zelle abhängig.

[0008] Unter Umständen kann eine Zelle nicht in der Lage sein, eine der Nennkapazität entsprechende Ladungsmenge zu speichern. Stattdessen kann die Zelle nur eine unter der Nennkapazität liegende Ladungsmenge speichern. Je nach ihrer Fähigkeit zum Speichern einer Ladung mit Bezug auf die Nennkapazität kann eine Zelle deshalb als schwache oder starke Zelle bezeichnet werden.

[0009] Zum Beispiel kann eine starke Zelle im vollständig geladenen Zustand eine beinahe der Nennkapazität entsprechende Ladung speichern. Umgekehrt kann eine schwache Zelle im vollständig geladenen Zustand keine beinahe der Nennkapazität entsprechende Ladung speichern. Stattdessen speichert die schwache Zelle im vollständig geladenen Zustand eine wesentlich unter der Nennkapazität liegende Ladung.

[0010] Wenn Zellen in Reihe zu einem Akkustapel verbunden werden, fließt dieselbe Strommenge während des Ladens und Entladens durch die Zellen. Während des Ladens wird eine schwache Zelle schneller geladen als eine starke Zelle und ist vor der starken Zelle vollständig geladen. Die Ausgangsspannung der schwachen Zelle erreicht ihren maximalen Nennwert vor der starken Zelle. Die schwache Zelle wird überladen, wenn das Laden fortgesetzt wird, um die starke Zelle vollständig zu laden. Die Ausgangsspannung der schwachen Zelle überschreitet ihren maximalen Nennwert, wenn die schwache Zelle überladen ist.

[0011] Während des Entladens entlädt sich die schwache Zelle schneller als die starke Zelle und ist vor der starken Zelle vollständig entladen. Die Ausgangsspannung der schwachen Zelle fällt schneller von dem maximalen Nennwert als die starke Zelle. Die starke Zelle kann die schwache Zelle umgekehrt laden, wenn das Entladen fortgesetzt wird, bis die starke Zelle vollständig entladen ist.

[0012] Durch ein häufiges Überladen und Umkehrladen kann die Anzahl der nutzbaren Lade-/Entladezyklen der Zellen reduziert werden. Die meisten Zellen weisen eine begrenzte Anzahl von nutzbaren Lade-/Entladezyklen auf. Zum Beispiel weisen Bleisäurezellen 200-250 nutzbare Lade-/Entladezyklen auf. Nickel-Cadmium (NiCd)-Zellen weisen 500-1200 nutzbare Lade-/Entladezyklen auf. Lithium-Ionen-Zellen weisen 300-500 nutzbare Lade-/Entladezyklen auf. Die Anzahl der nutzbaren Lade-/Entladezyklen wird beträchtlich vermindert, wenn die Zel-

len schwächer werden und für eine längere Zeitdauer überladen werden. Außerdem können die Zellen beschädigt werden, wenn die schwachen Zellen vollständig entladen und umgekehrt geladen werden.

[0013] Um ein Überladen und ein Überentladen der schwachen Zellen zu verhindern, kann der Akkustapel mit weniger als der Nennkapazität betrieben werden. Zum Beispiel kann ein Ladezyklus des Akkustapels beendet werden, wenn die schwache Zelle vollständig geladen ist. Durch das Beenden des Ladezyklus bei einer vollständigen Ladung der schwachen Zelle kann verhindert werden, dass andere Zellen in dem Akkustapel vollständig geladen werden. Daraus resultiert, dass der Akkustapel eine unter der Nennkapazität liegende Leistung zuführt.

[0014] Umgekehrt kann der Entladezyklus des Akkustapels beendet werden, wenn die schwache Zelle vollständig entladen ist. Indem der Entladezyklus beendet wird, wenn die schwache Zelle vollständig entladen ist, kann verhindert werden, dass andere Zellen in dem Akkustapel vollständig entladen werden.

[0015] Ein Betrieb des Akkustapels unter der Nennkapazität kann zu einer Verschwendung von ungenutzter Kapazität des Akkustapels führen. Außerdem kann durch einen Betrieb des Akkustapels unter der Nennkapazität die Anzahl der Lade-/Entladezyklen erhöht werden.

[0016] Stattdessen kann jede Zelle des Akkustapels individuell überwacht werden. Das Laden und Entladen jeder Zelle kann gesteuert werden, um eine Beschädigung der schwachen Zellen zu verhindern. Zum Beispiel können steuerbare dissipative Bypasseinrichtungen in Verbindung mit jeder Zelle verwendet werden. Eine Steuereinrichtung zum Steuern des Ladens und Entladens kann erfassen, wann eine schwache Zelle vollständig geladen ist. Die Steuereinrichtung kann eine mit der schwachen Zelle assoziierte dissipative Bypasseinrichtung einschalten, wenn die schwache Zelle vollständig geladen ist. Die dissipative Bypasseinrichtung nimmt die schwache Zelle von einem weiteren Laden aus, während das Laden der anderen Zellen fortgesetzt wird, bis deren Nennkapazitäten erreicht sind. Auf diese Weise verhindert die dissipative Bypasseinrichtung ein Überladen der schwachen Zelle.

[0017] Außerdem kann die Steuereinrichtung erfassen, wann die schwache Zelle beinahe vollständig entladen ist. Die Steuereinrichtung kann ein weiteres Entladen des Akkustapels unterbinden, wenn die schwache Zelle beinahe vollständig entladen ist. Auf diese Weise kann die Steuereinrichtung ein Überentladen der schwachen Zelle verhindern.

[0018] Dieser Ansatz schützt die schwachen Zellen vor einem Überladen und einem Überentladen. Die

nutzbare Kapazität der starken Zellen ist dabei jedoch nicht vollständig verfügbar. Weiterhin reduziert die Verwendung der dissipativen Bypasseinrichtungen die Round-Trip-Lade-/Entladeeffizienz während des Ladens.

[0019] In Nishijima, K.; Sakamoto, H.; Harada, K.: „A PWM controlled simple and high performance battery balancing system“, IEEE 31st Annual Power Electronics Specialists Conference, Conference Proceedings (Cat. No.00CH37018), Galway, Ireland, 2000, S. 517-520 Vol.1 wird zum Ausgleichen von Batteriezellen, die in einem Serienstrang verbunden sind, ein Batterieausgleichssystem vorgeschlagen, bei dem ein DC/DC-Wandler mit PWM-Steuerung zum vollständigen Ausgleich aller Zellspannungen verwendet wird. Der Schaltimpuls und Rauschen werden durch sanftes Schalten mit Induktorkommutierung klein gehalten.

[0020] Aus der US 6 259 229 B1 ist eine Vorrichtung zum Ausgleichen des Energiepotentials innerhalb der Zellen einer Energiespeichervorrichtung bekannt. Die Vorrichtung umfasst mindestens eine erste Speicherzelle und eine zweite Speicherzelle, die in der Energiespeichervorrichtung enthalten sind, einen ersten Schaltkreis, der über die erste Speicherzelle geschaltet ist, einen zweiten Schaltkreis, der über die zweite Speicherzelle geschaltet ist, und einen Induktor, der zwischen dem ersten und dem zweiten Schaltkreis angeschlossen ist. Der erste und der zweite Schaltkreis werden abwechselnd zwischen einem stromleitenden Zustand und einem nichtleitenden Zustand geschaltet, um Energie zwischen der ersten Speicherzelle, dem Induktor und der zweiten Speicherzelle zu übertragen, wobei der erste und der zweite Schaltkreis abwechselnd geschaltet werden, bis eine zwischen der ersten Speicherzelle und der zweiten Speicherzelle übertragene Nettoenergie gegen Null geht. Die Vorrichtung umfasst zudem eine Frequenzmodulationsschaltung zum abwechselnden Schalten des ersten und des zweiten Schaltkreises zwischen einem leitenden Zustand und einem nichtleitenden Zustand.

[0021] Die WO 97/ 04 513 A1 zeigt eine Vorrichtung zum Ladungsausgleich zwischen zwei in Reihe geschalteten und einen Gesamtenergiespeicher bildenden Energiespeichern oder Energiewandlern, bei der ein induktives Element mit Hilfe von von einem Taktgeber ansteuerbaren Schaltern parallel zu den Energiespeichern oder Energiewandlern zuschaltbar ist. Das induktive Element ist mit seinem einen Anschluss zwischen den beiden Energiespeichern oder Energiewandlern angeschlossen und an seinem anderen Anschluss über zwei jeweils einem Energiespeicher oder Energiewandler zugeordnete Schalter parallel zu dem jeweiligen Energiespeicher oder Energiewandler schaltbar. Eine Komparatorschaltung ist vorgesehen, mit der die Spannungen der beiden En-

ergiespeicher oder Energiewandler miteinander oder mit einem Sollwert vergleichbar sind. Die Komparatorschaltung ist über Steuerleitungen mit den Taktgebern verbunden. In einer von der Komparatorschaltung vorgebbaren Einschaltphase ist nur der eine Schalter von dem Taktgeber schließbar, dessen zugeordneter Energiespeicher oder Energiewandler den größeren Spannungswert aufweist, so dass in einer von der Komparatorschaltung vorgebbaren Ausschaltphase die in dem induktiven Element gespeicherte Energie über den in der Ausschaltphase geschlossenen anderen Schalter oder über jeweils parallel zu den Schaltern geschaltete Dioden in den spannungsschwächeren Energiespeicher oder Energiewandler abgebar ist.

[0022] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Ladeausgleichssystem zur Verfügung zu stellen.

[0023] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Hauptanspruchs gelöst.

[0024] Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Zusammenfassung

[0025] Ein Ladeausgleichssystem umfasst N Schaltungen und ein Steuermodul, wobei N eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist. Jede der N Schaltungen umfasst einen ersten und einen zweiten Schalter, die in Reihe verbunden sind, und ein Induktionselement mit einem ersten Ende, das zwischen dem ersten und dem zweiten Schalter verbunden ist. Das Steuermodul gibt Steuersignale zum Steuern des ersten und des zweiten Schalters aus. Ein zweites Ende des Induktionselements einer ersten der N Schaltungen ist zwischen zwei Zellen eines ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen eines Akkustapels verbunden. Der erste und der zweite Schalter der ersten der N Schaltungen sind parallel mit dem ersten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen verbunden. Das Steuermodul überträgt eine Ladung zwischen den zwei Zellen des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement, bis die Differenz zwischen den entsprechenden Ausgangsspannungen der zwei Zellen des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen kleiner oder gleich einem vorbestimmten Schwellwert ist. Ein Steuerschalter trennt den Akkustapel, wenn die Ausgangsspannung des Akkustapels auf weniger als eine vorbestimmte Spannung fällt.

[0026] Gemäß einem weiteren Merkmal überträgt das Steuermodul die Ladung auf der Basis des Einschaltverhältnisses der Steuersignale während eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels.

[0027] Wenn gemäß einem weiteren Merkmal eine erste Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen schneller geladen wird als eine zweite Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen, überträgt das Steuermodul eine erste Ladung von der ersten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen zu der zweiten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement auf der Basis des Einschaltverhältnisses der Steuersignale.

[0028] Gemäß einem weiteren Merkmal überträgt das Steuermodul die erste Ladung, wenn der Ladezustand der ersten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen um einen ersten vorbestimmten Schwellwert kleiner als ein vollständig geladener Zustand ist.

[0029] Gemäß einem weiteren Merkmal überträgt das Steuermodul eine zweite Ladung von der zweiten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen zu der ersten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen während eines Entladezyklus, wenn der Ladezustand um einen zweiten vorbestimmten Schwellwert größer als ein vollständig entladener Zustand ist.

[0030] Gemäß einem weiteren Merkmal überträgt das Steuermodul die zweite Ladung, bis eine erste Ausgangsspannung der ersten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen größer als eine zweite Ausgangsspannung der zweiten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen ist.

[0031] Gemäß einem weiteren Merkmal passt das Steuermodul das Einschaltverhältnis der Steuersignale auf der Basis der Ausgangsspannung des Akkustapels während eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels an.

[0032] Ein entsprechendes Verfahren umfasst das Verbinden des ersten und des zweiten Schalters jeder der N Schaltungen in Reihe, wobei N eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden eines ersten Endes eines Induktionselements zwischen dem ersten und dem zweiten Schalter, wobei jede der N Schaltungen ein Induktionselement enthält. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden eines zweiten Endes des Induktionselements einer ersten der N Schaltungen zwischen den zwei Zellen eines ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen eines Akkustapels. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des ersten und des zweiten Schalters der ersten von N Schaltungen parallel zu dem ersten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Ausgeben von Steuersignalen zum Steuern des ersten und des zweiten Schalters.

[0033] Das Verfahren kann weiterhin das Übertragen einer Ladung zwischen den zwei Zellen des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement auf der Basis des Einschaltverhältnisses der Steuersignale während wenigstens eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels umfassen.

[0034] Das Verfahren kann weiterhin das Übertragen der Ladung, bis die Differenz zwischen den entsprechenden Ausgangsspannungen der zwei Zellen des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen kleiner oder gleich einem vorbestimmten Schwellwert ist, umfassen.

[0035] Das Verfahren kann weiterhin das Übertragen einer ersten Ladung von einer ersten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen zu einer zweiten Zelle des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement auf der Basis des Einschaltverhältnisses der Steuersignale, wenn die erste Zelle schneller geladen wird als die zweite Zelle, umfassen.

[0036] Das Verfahren kann weiterhin das Übertragen der ersten Ladung, wenn der Ladezustand der ersten Zelle um einen ersten vorbestimmten Schwellwert kleiner als ein vollständig geladener Zustand ist, umfassen.

[0037] Das Verfahren kann weiterhin das Übertragen einer zweiten Ladung von der zweiten Zelle zu der ersten Zelle während eines Entladezyklus, wenn der Ladezustand um einen zweiten vorbestimmten Schwellwert größer als ein vollständig entladener Zustand ist, umfassen.

[0038] Das Verfahren kann weiterhin das Übertragen der zweiten Ladung, bis eine erste Ausgangsspannung der ersten Zelle größer als eine zweite Ausgangsspannung der zweiten Zelle ist, umfassen.

[0039] Das Verfahren kann weiterhin das Anpassen des Einschaltverhältnisses der Steuersignale auf der Basis der Ausgangsspannung des Akkustapels während wenigstens eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels umfassen.

[0040] Das Verfahren kann weiterhin das Erfassen einer ersten Spannung über das erste Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen, das Erfassen einer zweiten Spannung an dem zweiten Ende des Induktionselements und das Bestimmen von jeweiligen Ausgangsspannungen der zwei Zellen des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen auf der Basis der ersten und der zweiten Spannung umfassen.

[0041] Das Verfahren kann weiterhin das Anpassen des Einschaltverhältnisses der Steuersignale auf der Basis wenigstens einer der Ausgangsspannungen

während wenigstens eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels umfassen.

[0042] Das Verfahren kann weiterhin das Erzeugen der Steuersignale und das Modulieren der Pulsbreiten der Steuersignale auf der Basis des Einschaltverhältnisses umfassen.

[0043] Das Verfahren kann weiterhin das Trennen des Akkustapels, wenn die Ausgangsspannung des Akkustapels unter eine vorbestimmte Spannung vermindert wird, umfassen.

[0044] Das Verfahren kann weiterhin das Verbinden eines zweiten Endes eines Induktionselements einer zweiten der N Schaltungen zwischen zwei Zellen eines zweiten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen des Akkustapels, wenn N größer oder gleich 3 ist, umfassen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des ersten und des zweiten Schalters der zweiten der N Schaltungen parallel zu dem zweiten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des ersten und des zweiten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen in Reihe. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des zweiten Schalters der ersten von N Schaltungen mit dem ersten Schalter der zweiten der N Schaltungen.

[0045] Das Verfahren kann weiterhin das Verbinden eines zweiten Endes eines Induktionselements einer dritten der N Schaltungen zwischen jeweils dem zweiten und dem ersten Schalter der ersten und der zweiten der N Schaltungen umfassen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des ersten und des zweiten Schalters der dritten der N Schaltungen parallel zu dem ersten und dem zweiten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen.

[0046] Das Verfahren kann weiterhin das Verbinden eines zweiten Endes eines Induktionselements einer vierten der N Schaltungen zwischen den zwei Zellen eines dritten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen des Akkustapels, wenn N größer oder gleich 5 ist, umfassen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des ersten und des zweiten Schalters der vierten der N Schaltungen parallel zu dem dritten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des zweiten Schalters der vierten von N Schaltungen mit dem ersten Schalter der ersten von N Schaltungen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des dritten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen in Reihe mit dem ersten und dem zweiten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen.

[0047] Das Verfahren kann weiterhin das Verbinden eines zweiten Endes eines Induktionselements einer fünften der N Schaltungen zwischen dem zweiten und dem ersten Schalter jeweils der vierten und der ers-

ten der N Schaltungen umfassen. Das Verfahren umfasst weiterhin das Verbinden des ersten und des zweiten Schalters der fünften der N Schaltungen parallel zu dem dritten und dem ersten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen.

[0048] Die vorstehend genannten Systeme und Verfahren können durch ein Computerprogramm implementiert werden, das durch einen oder mehrere Prozessoren ausgeführt wird. Das Computerprogramm kann in einem physikalischen, einem computerlesbaren Medium wie etwa einem Arbeitsspeicher, einem nichtflüchtigen Datenspeicher und/oder anderen geeigneten physikalischen Speichermedien enthalten sein.

[0049] Weitere Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung werden durch die folgende Beschreibung, die Ansprüche und die Zeichnungen verdeutlicht. Die folgende ausführliche Beschreibung spezifischer Beispiele soll die Erfindung verdeutlichen, wobei die Erfindung nicht auf die hier beschriebenen Beispiele beschränkt ist.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine schematische Ansicht eines Leistungsverwaltungssystems zum Steuern eines Akkustapels.

Fig. 2 ist ein Funktionsblockdiagramm eines Pulsbreitenmodulations (PWM)-Steuermoduls des Leistungsverwaltungssystems von **Fig. 1**.

Fig. 3 ist eine schematische Ansicht eines Leistungsverwaltungssystems zum Steuern eines Akkustapels mit zwei Lithium-Ionen-Zellen.

Fig. 4 ist eine schematische Ansicht eines Leistungsverwaltungssystems zum Steuern eines Akkustapels mit vier Zellen.

Fig. 5 ist eine schematische Ansicht eines Leistungsverwaltungssystems zum Steuern eines Akkustapels mit sechs Zellen.

Fig. 6 ist ein Flussdiagramm zu einem Verfahren zum Laden eines Akkustapels.

Fig. 7 ist ein Flussdiagramm zu einem Verfahren zum Entladen eines Akkustapels.

Fig. 8 ist eine schematische Ansicht eines Leistungsverwaltungssystems zum Steuern eines Akkustapels mit einer gestaffelten Topologie.

Fig. 9 ist eine schematische Ansicht eines Leistungsverwaltungssystems zum Steuern eines Akkustapels mit einer parallelen Topologie für die Leistungszufuhr.

Beschreibung

[0050] Die folgende Beschreibung ist lediglich beispielhaft erläuternd aufzufassen und schränkt die Erfindung und ihre Anwendung in keiner Weise ein. Der Deutlichkeit halber werden in den Zeichnungen durchgehend gleiche Bezugszeichen verwendet, um jeweils ähnliche Elemente anzugeben. Wenn im Folgenden von A, B und/oder C gesprochen wird, ist dies logisch als (A oder B oder C) mit einem nicht-exklusiven logischen ODER aufzufassen. Außerdem ist zu beachten, dass die Verfahrensschritte auch in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden können, ohne dass deshalb der Erfindungsumfang verlassen wird.

[0051] Unter einem Modul ist im Folgenden eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), eine elektronische Schaltung, ein Prozessor (allgemein, dediziert oder Gruppe) und/oder ein Speicher (allgemein, dediziert oder Gruppe) zum Ausführen von einem oder mehreren Softwareprogrammen, eine Kombinationslogikschaltung und/oder eine andere geeignete Komponente oder ein Teil derselben zu verstehen, der bzw. die die beschriebene Funktion ausführen kann.

[0052] Die vorliegende Beschreibung nimmt auf die Nutzung eines induktiven Energiespeichers zum Bewegen von Ladung in und aus jeder Zelle in einem Akkustapel Bezug. Eine Pulsbreitenmodulation (PWM)-Steuerschaltung wird zum Steuern des Ladens und Entladens verwendet. Das Einschaltverhältnis der PWM-Schalterschaltung wird für das Liefern/Aufnehmen von Strom zu/von den Zellen über ein Induktionselement angepasst. Die Verwendung eines Induktionselements für die Energiespeicherung während des Lieferns/Aufnehmens von Strom zu/von den Zellen minimiert den Energieverlust.

[0053] Zum Beispiel liefert die PWM-Schalterschaltung einen positiven Nettostrom, indem sie während des Ladens eine schwache Zelle entlädt und eine starke Zelle lädt. Die PWM-Schalterschaltung liefert Strom, wenn die schwache Zelle vollständig geladen ist und die starke Zelle noch nicht vollständig geladen ist. Insbesondere überträgt die PWM-Schalterschaltung Ladung von der schwachen Zelle zu der starken Zelle, wenn die schwache Zelle vollständig geladen ist. Durch das Übertragen von Ladung von der schwachen Zelle zu der starken Zelle wird verhindert, dass die schwache Zelle überladen wird, während die starke Zelle zu ihrer vollständigen Kapazität geladen wird.

[0054] Außerdem nimmt die PWM-Schalterschaltung Strom auf, indem sie während des Entladens die starke Zelle entlädt und die schwache Zelle lädt. Die PWM-Schalterschaltung überträgt eine Ladung von der starken Zelle zu der schwachen Zelle, wenn sich die

schwache Zelle schneller entlädt als die starke Zelle. Durch das Übertragen von Ladung von der starken Zelle zu der schwachen Zelle wird ein Überentladen der schwachen Zelle verhindert.

[0055] Durch das Übertragen von Ladung von einer Zelle zu einer anderen Zelle werden die Ausgangsspannungen der Zellen während des Ladens und Entladens ausgeglichen. Der Prozess zum Ausgleichen der Ausgangsspannungen durch das Übertragen von Ladung von einer Zelle zu einer anderen Zelle wird als Zellenausgleich oder Spannungsausgleich bezeichnet.

[0056] Am Ende des Zellenausgleichs können die Ausgangsspannungen der Zellen beinahe gleich sein. Eine kleine Differenz kann zwischen den Ausgangsspannungen bestehen. Die Differenz kann kleiner oder gleich einem vorbestimmten Schwellwert sein. Der vorbestimmte Schwellwert kann beinahe gleich null sein. Der vorbestimmte Schwellwert kann von verschiedenen Faktoren abhängen. Zu den Faktoren können die Typen der Zellen und die Gesamtanzahl der Zellen in dem Akkustapel gehören. Weitere Faktoren können die Betriebsspannungen und das Alter der Zellen sein. Zum Beispiel kann der vorbestimmte Schwellwert gleich einem Bruchteil eines Volts sein (z.B. 0,05 V oder 0,2 V). Alternativ hierzu kann der vorbestimmte Schwellwert gleich einem kleinen Prozentsatz der Betriebsspannung sein (z.B. 0,5% oder 2%).

[0057] Die PWM-Schaltschaltung kann in einem Dauermodus oder in einem Wahlmodus betrieben werden. In dem Dauermodus ist die PWM-Schaltschaltung während des Ladens und Entladens eingeschaltet. Die PWM-Schaltschaltung gleicht die Ausgangsspannungen der Zellen unabhängig von dem Gesamtladezustand des Akkustapels aus. Dementsprechend zieht die PWM-Schaltschaltung in dem Dauermodus Leistung aus dem Akkustapel und leert somit den Akkustapel.

[0058] Alternativ hierzu kann die PWM-Schaltschaltung in dem Wahlmodus betrieben werden. In dem Wahlmodus wird die PWM-Schaltschaltung eingeschaltet, wenn die Ladepegel der Zellen innerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegen. Die PWM-Schaltschaltung wird eingeschaltet, wenn der Ladepegel einer Zelle außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt.

[0059] Der vorbestimmte Bereich weist einen oberen Schwellwert und einen unteren Schwellwert auf. Der obere Schwellwert ist etwas kleiner als die Nennkapazität der Zellen. Zum Beispiel kann der obere Schwellwert 95% der Nennkapazität betragen. Der untere Schwellwert kann etwas größer als null sein. Zum Beispiel kann der untere Schwellwert 5% der Nennkapazität betragen. Der obere Schwellwert gibt

also an, wann eine Zelle beinahe vollständig geladen ist. Der untere Schwellwert gibt an, wenn eine Zelle beinahe vollständig entladen ist.

[0060] Die PWM-Schaltschaltung kann während des Ladens eingeschaltet werden, wenn die Zelle auf 95% der Nennkapazität geladen ist. Außerdem kann die PWM-Schaltschaltung während des Entladens eingeschaltet werden, wenn eine Zelle auf 5% ihrer Nennkapazität entladen ist.

[0061] Die PWM-Schaltschaltung muss keinen Zellenausgleich durchführen, wenn eine Zelle (z.B. eine schwache Zelle) auf weniger oder gleich dem unteren Schwellwert entladen ist. Stattdessen kann die PWM-Schaltschaltung Ladung von der starken Zelle verwenden, um die schwache Zelle zu laden, bis die Ladepegel der schwachen und der starken Zellen beinahe ausgeglichen sind. Weil die schwache Zelle weniger Kapazität aufweist als die starke Zelle, wird die Ausgangsspannung der schwachen Zelle größer als die Ausgangsspannung der starken Zelle. Dadurch wird verhindert, dass die starke Zelle die schwache Zelle umgekehrt lädt.

[0062] In Fig. 1 ist ein Leistungsverwaltungssystem **100** zum Steuern eines Akkustapels **102** gezeigt. Zum Beispiel umfasst der Akkustapel **102** zwei Zellen: eine erste Zelle **104** und eine zweite Zelle **106**. Die erste Zelle **104** ist in Reihe mit der zweiten Zelle **106** verbunden.

[0063] Das Leistungsverwaltungssystem **100** umfasst eine PWM-Schaltschaltung **108**, die den Akkustapel **102** steuert. Die PWM-Schaltschaltung **108** ist wie gezeigt über zwei äußere Anschlüsse **102-1**, **102-2** des Akkustapels **102** verbunden. Der Akkustapel **102** kann von der PWM-Schaltschaltung **108** getrennt werden. Die PWM-Schaltschaltung **108** ist tragbar und kann über eine Steckverbindung mit dem Akkustapel **102** verbunden werden. In anderen Implementierungen kann die PWM-Schaltschaltung **108** in dem Akkustapel **102** integriert sein.

[0064] Die PWM-Schaltschaltung **108** umfasst ein PWM-Steuermodul **110**, eine Treiberschaltung **111** und ein Induktionselement **116**. Die Treiberschaltung **111** umfasst einen ersten Schalter **112** und einen zweiten Schalter **114**. Der erste und der zweite Schalter **112**, **114** und das Induktionselement **116** können gemeinsam als eine Basis-Zellenausgleichsschaltung bezeichnet werden. Der erste und der zweite Schalter **112**, **114** können durch Halbleiterschalt Elemente implementiert werden. Zum Beispiel können der erste und der zweite Schalter **112**, **114** durch MOSFETs (Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekt-Transistoren) implementiert werden.

[0065] Das PWM-Steuermodul **110** betreibt den ersten und den zweiten Schalter **112**, **114** mit einem an-

passbaren Einschaltverhältnis. Ein erster Anschluss des Induktionselements **116** ist mit dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** an einem Knoten **117** verbunden. Ein zweiter Anschluss des Induktionselements **116** ist mit einem Knoten **118** des Akkustapels **102** verbunden. Die erste Zelle **104** ist mit der zweiten Zelle **106** an dem Knoten **118** verbunden. Die PWM-Schaltschaltung **108** erzeugt eine Ausgangsspannung SW_{out} an dem Knoten **118**.

[0066] In einem stabilen Zustand ist SW_{out} proportional zu dem Einschaltverhältnis der PWM-Schaltschaltung **108**. Bei einem Einschaltverhältnis von 50% liegt SW_{out} bei der halben Eingangsspannung der PWM-Schaltschaltung **108**. Die Ausgangsspannung V_{out} des Akkustapels **102** ist die Eingangsspannung der PWM-Schaltschaltung **108**. Bei einem Einschaltverhältnis von 50% fließt kein Strom durch den Knoten **118**, wenn die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** gleich sind. Dementsprechend kann die PWM-Schaltschaltung **108** das Einschaltverhältnis auf der Basis von V_{out} anpassen, um einen Zellenausgleich durchzuführen. Alternativ hierzu kann die PWM-Schaltschaltung **108** das Einschaltverhältnis auf der Basis der Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** anpassen.

[0067] Die Ausgangsspannung SW_{out} kann größer oder kleiner als die Hälfte von V_{out} sein, wenn das Einschaltverhältnis nicht bei 50% liegt. Indem entsprechend das Einschaltverhältnis angepasst wird, kann die PWM-Schaltschaltung **108** Strom über den Knoten **118** liefern oder abnehmen. Wenn die PWM-Schaltschaltung **108** Strom liefert (positive Nettostromausgabe), kann sich die erste Zelle **104** entladen und kann die zweite Zelle **106** geladen werden. Und wenn die PWM-Schaltschaltung **108** Strom abnimmt, kann sich die zweite Zelle **106** entladen und kann die erste Zelle **104** geladen werden.

[0068] Während des Ladezyklus des Akkustapels **102** kann eine schwache Zelle (z.B. die erste Zelle **104**) vor einer starken Zelle (z.B. die zweite Zelle **106**) vollständig geladen werden. Wenn die schwache Zelle vollständig geladen ist, liefert die PWM-Schaltschaltung **108** Strom. Die PWM-Schaltschaltung **108** überträgt eine Ladung von der schwachen Zelle zu der starken Zelle. Dadurch wird ein Überladen der schwachen Zelle verhindert.

[0069] Während des Entladezyklus des Akkustapels **102** entlädt sich die schwache Zelle schneller als die starke Zelle. Die Ausgangsspannung der schwachen Zelle fällt unter die Ausgangsspannung der starken Zelle. Die PWM-Schaltschaltung **108** nimmt Strom ab und überträgt eine Ladung von der starken Zelle zu der schwachen Zelle. Die PWM-Schaltschaltung nimmt Strom ab, bis die Ladepegel der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** beinahe gleich sind. Dadurch

wird die Ausgangsspannung der ersten Zelle **104** auf einen größeren Wert als die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106** erhöht. Auf diese Weise werden ein Überladen oder ein Umkehladen der ersten Zelle **104** verhindert. Außerdem kann der Akkustapel **102** mehr Energie aus der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** extrahieren.

[0070] Die PWM-Schaltschaltung **108** kann in dem Dauermodus oder in dem Wahlmodus betrieben werden. In dem Dauermodus wird die PWM-Schaltschaltung **108** während des Ladens und Entladens eingeschaltet. Die PWM-Schaltschaltung **108** gleicht die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** aus. Zum Beispiel können sich die Kapazitäten der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** um ungefähr 10% unterscheiden. Die PWM-Schaltung **108** gleicht die Ausgangsspannungen durch das Liefern/Abnehmen von 5% (d.h. 10%/2) des Eingangs-/Ausgangsstroms des Akkustapels **102** aus.

[0071] In dem Dauermodus verbraucht die PWM-Schaltschaltung **108** eine kleine Strommenge. Die PWM-Schaltschaltung **108** zieht Strom aus dem Akkustapel **102** und leert somit den Akkustapel **102**. Die PWM-Schaltschaltung **108** leert den Akkustapel **102**, obwohl kein Netto-Ausgangs-/Eingangsstrom durch den Akkustapel **102** fließt. Zum Beispiel leert die PWM-Schaltschaltung **108** den Akkustapel **102**, wenn keine Last mit dem Akkustapel **102** verbunden ist.

[0072] Die PWM-Schaltschaltung **108** kann auch in dem Wahlmodus betrieben werden. In dem Wahlmodus wird die PWM-Schaltschaltung **108** ausgeschaltet, wenn die Ladepegel der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** innerhalb eines vorbestimmten Bereichs sind. Zum Beispiel kann der vorbestimmte Bereich zwischen 5% und 95% der Nennkapazität der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** umfassen. Die PWM-Schaltschaltung **108** wird eingeschaltet, wenn der Ladepegel der ersten oder der zweiten Zelle **104**, **106** außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegt.

[0073] Zum Beispiel kann die PWM-Schaltschaltung **108** während es Ladens eingeschaltet werden, wenn die erste Zelle **104** vor der zweiten Zelle **106** auf 95% ihrer Nennkapazität geladen wird. Außerdem kann die PWM-Schaltschaltung **108** eingeschaltet werden, wenn die erste Zelle **104** vor der zweiten Zelle **106** auf weniger oder gleich 5% der Nennkapazität entladen wird.

[0074] Weiterhin muss die PWM-Schaltschaltung **108** keinen Zellenausgleich durchführen, wenn der Ladepegel der ersten Zelle **104** kleiner oder gleich 5% ist. Die PWM-Schaltschaltung **108** muss die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** nicht ausgleichen. Stattdessen kann die PWM-Schaltschaltung **108** Ladung aus der zweiten

Zelle **106** verwenden, um die Ausgangsspannung der ersten Zelle **104** zu erhöhen.

[0075] Insbesondere kann die PWM-Schaltschaltung **108** Ladung von der zweiten Zelle **106** zu der ersten Zelle **104** übertragen, bis die Ladepegel der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** beinahe gleich sind. Folglich wird die Ausgangsspannung der ersten Zelle **104** größer als die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106**. Dadurch werden ein Überladen und ein Umkehrladen der ersten Zelle **104** verhindert.

[0076] Wie in **Fig. 2** gezeigt, umfasst das PWM-Steuermodul **110** ein Spannungserfassungsmodul **150**, ein Moduswahlmodul **152**, ein Schwellwerterzeugungsmodul **154**, ein Ladesteuermodul **158** und ein Signalerzeugungsmodul **162**. Das Spannungserfassungsmodul **150** erfasst die Ausgangsspannung Vout des Akkustapels **102**. Außerdem erfasst das Spannungserfassungsmodul **150** eine Spannung an dem Knoten **118**. Die Spannung an dem Knoten **118** ist die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106**. Dementsprechend kann das Spannungserfassungsmodul **150** die Ausgangsspannung der ersten Zelle **104** bestimmen.

[0077] Durch das Erfassen der Ausgangsspannungen während des Ladens/Entladens kann das Spannungserfassungsmodul **150** erfassen, welche Zelle schwach ist. Zum Beispiel ist die erste Zelle **104** schwach, wenn sie vor der zweiten Zelle **106** zu ihrer Nennausgangsspannung geladen wird. Alternativ hierzu ist die erste Zelle **104** schwach, wenn sie mit einer schnelleren Rate als die zweite Zelle **106** entladen wird.

[0078] Das Moduswahlmodul **152** wählt den Dauermodus oder den Wahlmodus. In dem Dauermodus erzeugt das PWM-Steuermodul **110** PWM-Signale während des Ladens/Entladens unabhängig von den Ladepegeln der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106**. In dem Wahlmodus erzeugt das PWM-Steuermodul **110** die PWM-Signale in Abhängigkeit von den Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106**. Das Moduswahlmodul **152** schaltet Teile der PWM-Schaltschaltung **108** aus, wenn die Ausgangsspannungen innerhalb eines vorbestimmten Bereichs liegen. Die Teile der PWM-Schaltschaltung **108** werden eingeschaltet, wenn die Ausgangsspannungen außerhalb des vorbestimmten Bereichs liegen.

[0079] Das Schwellwerterzeugungsmodul **154** erzeugt untere und obere Schwellwerte, die den vorbestimmten Bereich definieren. Zum Beispiel kann eine Nennausgangsspannung der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** bei 3,0 V liegen. Vout kann also 6,0 V betragen, wenn die erste und die zweite Zelle **104**, **106** vollständig geladen sind. Das Schwellwerterzeugungsmodul **154** kann 2,5 V und 2,95 V jeweils als un-

teren und oberen Schwellwert wählen. Dementsprechend kann der vorbestimmte Bereich zwischen 2,5 V und 2,95 V liegen.

[0080] Zum Beispiel kann das Schwellwerterzeugungsmodul **154** den unteren und den oberen Schwellwert wie folgt wählen. Die Ausgangsspannung der ersten oder der zweiten Zelle **104**, **106** kann bei einer vollständigen Entladung etwas kleiner als 2,5 V sein. Die Ausgangsspannung der ersten oder der zweiten Zelle **104**, **106** kann bei einer vollständigen Ladung etwas größer als 2,95 V sein.

[0081] Das Spannungserfassungsmodul **150** kann bestimmen, dass die erste Zelle **104** schwach ist, wenn sie vor der zweiten Zelle **106** auf 2,95 V geladen wird. Alternativ hierzu ist die erste Zelle **104** schwach, wenn beim Entladen ihre Ausgangsspannung schneller fällt als die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106**.

[0082] Das Moduswahlmodul **152** kann die Teile der PWM-Schaltschaltung **108** einschalten, wenn die erste Zelle **104** auf 2,95 V geladen ist. Außerdem kann das Moduswahlmodul **152** die Teile der PWM-Schaltschaltung **108** einschalten, wenn die erste Zelle **104** zu 2,5 V entladen ist. Die Teile der PWM-Schaltschaltung **108** werden ausgeschaltet, wenn die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** zwischen 2,5 V und 2,95 V liegen.

[0083] Während des Ladezyklus erfasst das Spannungserfassungsmodul **150**, wann die erste Zelle **104** vor der zweiten Zelle **106** zu 2,95 V geladen ist. Das Ladesteuermodul **158** leitet eine Ladungsübertragung von der ersten Zelle **104** zu der zweiten Zelle **106** ein. Das Ladesteuermodul **158** bestimmt das Einschaltverhältnis der PWM-Signale für das Betreiben des ersten und des zweiten Schalters **112**, **114**. Das Einschaltverhältnis kann auf einer Summe der Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** (d.h. Vout) beruhen. Alternativ hierzu kann das Einschaltverhältnis auf den Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle beruhen.

[0084] Das Einschaltverhältnis bestimmt die Ein-/Aus-Zeiten des ersten und des zweiten Schalters **112**, **114**. Das Signalerzeugungsmodul **162** erzeugt die PWM-Signale in Übereinstimmung mit dem Einschaltverhältnis. Das Signalerzeugungsmodul **162** moduliert die Pulsbreiten der PWM-Signale auf der Basis des Einschaltverhältnisses. Die zu dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** ausgegebenen PWM-Signale sind komplementär. Die PWM-Signale schalten also jeweils nur den ersten oder den zweiten Schalter **112**, **114** ein. Wenn die PWM-Signale beispielsweise den ersten Schalter **112** einschalten, schalten die PWM-Signale den zweiten Schalter **114** aus (und umgekehrt).

[0085] Weil die zweite Zelle **106** noch nicht vollständig geladen ist, ist die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106** kleiner als 2,95 V. Zum Beispiel kann die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **206** bei 2,75 V liegen. Dementsprechend liegt V_{out} bei $(2,95 \text{ V} + 2,75 \text{ V}) = 5,7 \text{ V}$. Bei einem Einschaltverhältnis von 50% liegt SW_{out} an dem Knoten **118** bei der Hälfte von 5,7 V, d.h. bei 2,85 V. SW_{out} ist also kleiner als die Ausgangsspannung von 2,95 V der ersten Zelle **104** und größer als die Ausgangsspannung von 2,75 V der zweiten Zelle **106**.

[0086] Wenn also die PWM-Signale den ersten Schalter **112** einschalten, entlädt sich die erste Zelle **104** über den ersten Schalter **112**. Der zweite Schalter **114** ist ausgeschaltet. Ein Strom fließt durch das Induktionselement **116** von dem Knoten **117** zu dem Knoten **118**. Das Induktionselement **116** speichert Energie.

[0087] Dann schalten die PWM-Signale den ersten Schalter **112** aus und den zweiten Schalter **114** ein. Das Induktionselement **116** wirkt als eine Energiequelle und entlädt die gespeicherte Energie. Ein Strom fließt durch das Induktionselement **116** von dem Knoten **117** zu dem Knoten **118** und durch die zweite Zelle **106**. Der zweite Schalter **114** sieht einen Pfad für den Strom vor. Das Induktionselement **116** lädt also die zweite Zelle **106** unter Verwendung der Ladung aus der ersten Zelle **104**.

[0088] Die PWM-Signale betreiben den ersten und den zweiten Schalter **112**, **114**, bis die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** ausgeglichen sind. Die erste Zelle **104** wird nicht überladen, weil die zweite Zelle **106** auf 2,95 V geladen wird. Das Ladesteuermodul **158** stoppt den Ladezyklus, wenn das Spannungserfassungsmodul **150** erfasst, dass die erste und die zweite Zelle **104**, **106** auf 2,95 V geladen sind.

[0089] Während des Entladezyklus erfasst das Spannungserfassungsmodul **150**, wann die erste Zelle **104** vor der zweiten Zelle **106** auf 2,5 V entladen ist. Das Ladesteuermodul **158** leitet eine Ladungsübertragung von der zweiten Zelle **106** zu der ersten Zelle **104** ein. Das Ladesteuermodul **158** bestimmt das Einschaltverhältnis der PWM-Signale. Das Einschaltverhältnis kann auf der Summe der Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zellen **104**, **106** (d.h. V_{out}) beruhen. Alternativ hierzu kann das Einschaltverhältnis auf den Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** beruhen.

[0090] Das Einschaltverhältnis bestimmt die EIN/AUS-Zeiten des ersten und des zweiten Schalters **112**, **114**. Das Signalerzeugungsmodul **162** erzeugt die PWM-Signale in Übereinstimmung mit dem Einschaltverhältnis. Das Signalerzeugungsmodul **162** moduliert die Pulsbreiten der PWM-Signale auf der

Basis des Einschaltverhältnisses. Die zu dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** ausgegebenen PWM-Signale sind komplementär. Die PWM-Signale schalten also jeweils nur den ersten oder den zweiten Schalter **112**, **114** ein. Wenn die PWM-Signale beispielsweise den ersten Schalter **112** einschalten, schalten die PWM-Signale den zweiten Schalter **114** aus (und umgekehrt).

[0091] Weil die zweite Zelle **106** noch nicht vollständig entladen ist, ist die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106** größer als 2,5 V. Zum Beispiel kann die Ausgangsspannung der zweiten Zelle **106** bei 2,9 V liegen. Dementsprechend liegt V_{out} bei $(2,5 \text{ V} + 2,9 \text{ V}) = 5,4 \text{ V}$. Bei einem Einschaltverhältnis von 50% liegt SW_{out} an dem Knoten **118** bei einer Hälfte von 5,4 V, d.h. bei 2,7 V. SW_{out} ist also größer als die Ausgangsspannung von 2,5 V der ersten Zelle **104** und kleiner als die Ausgangsspannung von 2,9 V der zweiten Zelle **106**.

[0092] Wenn also die PWM-Signale den zweiten Schalter **112** einschalten, entlädt sich die zweite Zelle **106** über den zweiten Schalter **112**. Der erste Schalter **112** wird ausgeschaltet. Strom fließt über das Induktionselement **116** von dem Knoten **118** zu dem Knoten **117**. Das Induktionselement **116** speichert Energie.

[0093] Dann schalten die PWM-Signale den zweiten Schalter **114** aus und schalten den ersten Schalter **112** ein. Das Induktionselement **116** wirkt als Energiequelle und entlädt die gespeicherte Energie. Ein Strom fließt durch das Induktionselement **116** von dem Knoten **118** zu dem Knoten **117** und durch die erste Zelle **104**. Der erste Schalter **112** sieht einen Pfad für den Strom vor. Das Induktionselement **116** lädt also die erste Zelle **104** unter Verwendung der Ladung aus der zweiten Zelle **106**.

[0094] Die PWM-Signale betreiben den ersten und den zweiten Schalter **112**, **114**, bis die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** ausgeglichen sind. Die erste Zelle **104** wird nicht auf weniger als 2,5 V überentladen, während sich die zweite Zelle **106** entlädt und ihre Ausgangsspannung auf 2,5 V fällt. Das Ladesteuermodul **158** stoppt den Entladezyklus, wenn das Spannungserfassungsmodul **150** erfasst, dass die erste und die zweite Zelle **104**, **106** auf 2,5 V entladen sind.

[0095] Der Akkustapel **102** wird also nicht ausgeschaltet, wenn sich die erste Zelle **104** auf 2,5 V entlädt. Stattdessen wird der Akkustapel **102** verwendet, um Strom zuzuführen, bis die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** auf 2,5 V fallen.

[0096] Weiterhin kann das Ladesteuermodul **158** die Ausgangsspannungen der ersten und der zweiten

Zelle **104**, **106** während des Entladezyklus nicht ausgleichen. Stattdessen kann das Steuermodul **158** das Einschaltverhältnis anpassen, sodass die erste Zelle **104** auf eine höhere Spannung geladen wird als die zweite Zelle **106**. Die zweite Zelle **106** lädt die erste Zelle **104** also nicht umgekehrt.

[0097] Das PWM-Steuermodul **110** kann Ladungsübertragungen und einen Zellenausgleich auch auf andere Weise steuern. Zum Beispiel kann das Spannungserfassungsmodul **150** Spannungen an dem Knoten **117** anstatt oder zusätzlich zu dem Erfassen der Spannung an dem Knoten **118** erfassen. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann das PWM-Steuermodul **110** den Strom durch einen der Knoten **118**, **117** erfassen.

[0098] In Fig. 3-5 sind weitere Beispiele für Leistungsverwaltungssysteme zum Steuern von Akkustapeln mit zwei Zellen, vier Zellen und sechs Zellen gezeigt. Allgemein können die Lehren der vorliegenden Erfindung auf Akkustapel mit 2N Zellen erweitert werden, wobei N eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist. Insbesondere kann die Basis-Zellenausgleichsschaltung mit dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** und dem Induktionselement **116** für jeweils 2 Zellen verwendet werden. Jeder ausgeglichene Stapel von zwei Zellen kann als eine neue Zelle betrachtet werden. Ein Paar von neuen Zellen kann durch eine weitere Basis-Zellenausgleichsschaltung ausgeglichen werden, wobei die PWM-Signale hierarchisch auf die neuen Zellen angewendet werden.

[0099] In Fig. 3 ist ein Leistungsverwaltungssystem **100-2** zum Steuern eines Akkustapels mit zwei Lithium-Ionen-Zellen **104-2**, **106-2** gezeigt. Der gezeigte Akkustapel kann eine Ausgabe von 6,6 V bis 7,2 V erzeugen. Die Zellen **104-2**, **106-2** werden durch ein PWM-Steuermodul **110-2** und die Basis-Zellenausgleichsschaltung gesteuert. Die Basis-Zellenausgleichsschaltung umfasst eine Treiberschaltung **111-2** und ein Induktionselement **116-2**. Die Treiberschaltung **111-2** umfasst Schalter **112-2** und **114-2**.

[0100] Ein Schalter **119** sieht einen Überentladeschutz für den Akkustapel vor. Der Schalter **119** schaltet aus, sobald die Ausgangsspannung des Akkustapels unter einen vorbestimmten Schwellwert fällt. Der Akkustapel wird von einer Last getrennt, wenn der Schalter **119** ausschaltet. Dementsprechend kann die Last den Akkustapel nicht leeren und wird der Akkustapel nicht überentladen.

[0101] Die Zellen **104-2**, **106-2** können jeweils der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** ähnlich sein. Die Schalter **112-2**, **114-2** können jeweils dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** ähnlich sein. Das Induktionselement **116-2** kann dem Induktionselement **116** ähnlich sein. Das PWM-Steuermodul

110-2 kann die Zellen **104-2**, **106-2** in ähnlicher Weise steuern wie das PWM-Steuermodul **110** die erste und die zweite Zelle **104**, **106** steuert.

[0102] In Fig. 4 ist ein Leistungsverwaltungssystem **100-3** zum Steuern eines Akkustapels mit vier Zellen **130-133** gezeigt. Die Spannungserfassung ist der Einfachheit halber nicht gezeigt. Die vier Zellen **130-133** werden durch ein PWM-Steuermodul **110-3** und eine Vielzahl von Basis-Zellenausgleichsschaltungen gesteuert. Die Zellen **130** und **131** werden durch eine erste Zellenausgleichsschaltung mit Schaltern **134**, **135** und einem Induktionselement **136** gesteuert. Die Zellen **132** und **133** werden durch eine zweite Zellenausgleichsschaltung mit Schaltern **137**, **138** und einem Induktionselement **139** gesteuert.

[0103] Die Zellen **130**, **131** und die erste Zellenausgleichsschaltung können als eine erste hierarchische Zelle betrachtet werden. Die Zellen **132**, **133** und die zweite Zellenausgleichsschaltung können als eine zweite hierarchische Zelle betrachtet werden. Die erste und die zweite hierarchische Zelle werden wiederum durch eine dritte Zellenausgleichsschaltung mit Schaltern **140**, **141** und einem Induktionselement **142** gesteuert.

[0104] In der ersten Zellenausgleichsschaltung können die Schalter **134**, **135** jeweils dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** ähnlich sein. Das Induktionselement **136** kann dem Induktionselement **116** ähnlich sein. In der zweiten Zellenausgleichsschaltung können die Schalter **137**, **138** jeweils dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** ähnlich sein. Das Induktionselement **139** kann dem Induktionselement **116** ähnlich sein. Weiterhin können die Zellen **130**, **131** jeweils der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** ähnlich sein. Die Zellen **132**, **133** können jeweils der ersten und der zweiten Zelle **104**, **106** ähnlich sein.

[0105] Das PWM-Steuermodul **110-3** kann die erste und die zweite hierarchische Zelle in ähnlicher Weise steuern wie das PWM-Steuermodul **110** die erste und die zweite Zelle **104**, **106** steuert. Das PWM-Steuermodul **110-3** kann wiederum die Zellen **130**, **131** in ähnlicher Weise steuern wie das PWM-Steuermodul **110** die erste und die zweite Zelle **104**, **106** steuert. Außerdem kann das PWM-Steuermodul **110-3** die Zellen **132**, **133** in ähnlicher Weise steuern wie das PWM-Steuermodul **110** die erste und die zweite Zelle **104**, **106** steuert. Ein Schalter **143** sieht einen Überentladeschutz vor. Der Schalter **143** schaltet aus, sobald die Ausgangsspannung des Akkustapels unter einen vorbestimmten Schwellwert fällt.

[0106] In Fig. 5 ist ein Leistungsverwaltungssystem **100-4** zum Steuern eines Akkustapels mit sechs Zellen **170-175** gezeigt. Die Spannungserfassung ist der Einfachheit halber nicht gezeigt. Die sechs Zellen

170-175 werden durch ein PWM-Steuermodul **110-4** und eine Vielzahl von Basis-Zellenausgleichsschaltungen gesteuert. Die Basis-Zellenausgleichsschaltungen umfassen Schalter und Induktionselemente mit den Bezugszeichen **176-190**. Die Schalter und Induktionselemente mit den Bezugszeichen **176-190** können dem ersten und dem zweiten Schalter **112**, **114** und dem Induktionselement **116** ähnlich sein. Die Paare von Zellen **170-171**, **172-173** und **174-175** können jeweils dem Paar von ersten und zweiten Zellen **104**, **106** ähnlich sein.

[0107] Das PWM-Steuermodul **110-4** steuert hierarchisch die sechs Zellen **170-175** ähnlich wie das PWM-Steuermodul **110-3** hierarchisch die vier Zellen **130-133** steuert. Insbesondere werden die Zellen **170**, **171** durch Schalter **176**, **177** und ein Induktionselement **178** ausgeglichen. Die Zellen **172**, **173** werden durch Schalter **179**, **180** und ein Induktionselement **181** ausgeglichen. Die Zellen **170**, **171**, die Schalter **176**, **177** und das Induktionselement **178** können als eine erste hierarchische Zelle betrachtet werden. Die Zellen **172**, **173**, die Schalter **179**, **180** und das Induktionselement **181** können als eine zweite hierarchische Zelle betrachtet werden. Die erste und die zweite hierarchische Zelle werden wiederum durch Schalter **185**, **186** und ein Induktionselement **187** gesteuert.

[0108] Außerdem werden die Zellen **174**, **175** durch Schalter **182**, **183** und ein Induktionselement **184** ausgeglichen. Die Zellen **174**, **175**, die Schalter **182**, **183** und das Induktionselement **184** können als eine dritte hierarchische Zelle betrachtet werden. Die zweite und die dritte hierarchische Zelle werden wiederum durch Schalter **188**, **189** und ein Induktionselement **190** gesteuert. Ein Schalter **191** sieht einen Überentladeschutz für den Akkustapel vor. Der Schalter **191** schaltet aus, wenn die Ausgangsspannung des Akkustapels unter einen vorbestimmten Schwellwert fällt.

[0109] In **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm zu einem Verfahren **200** zum Laden eines Akkustapels gemäß der Erfindung gezeigt. Die Steuerung beginnt in Schritt **202**. Die Steuerung bestimmt in Schritt **204**, ob der Akkustapel geladen wird. Die Steuerung wiederholt den Schritt **204**, wenn in Schritt **204** mit NEIN entschieden wird. Wenn in Schritt **204** mit JA entschieden wird, bestimmt die Steuerung in Schritt **206**, ob eine schwache Zelle des Akkustapels beinahe vollständig geladen ist.

[0110] Wenn in Schritt **206** mit JA entschieden wird, passt die Steuerung das Einschaltverhältnis der PWM-Steuerung in Schritt **208** an. Die Steuerung passt das Einschaltverhältnis auf der Basis einer Differenz in den Ladepegeln (d.h. in den Ladezuständen) der schwachen Zelle und einer starken Zelle an. Alternativ hierzu passt die Steuerung das Einschalt-

verhältnis auf der Basis einer Differenz in den Ausgangsspannungen der schwachen Zelle und der starken Zelle an. In Schritt **210** entlädt die Steuerung die schwache Zelle und lädt die starke Zelle in Übereinstimmung mit dem Einschaltverhältnis, bis die Ausgangsspannungen der schwachen und der starken Zelle ausgeglichen sind.

[0111] Am Ende von Schritt **210** oder wenn in Schritt **206** mit NEIN entschieden wird, bestimmt die Steuerung in Schritt **212**, ob die Zellen in dem Akkustapel beinahe vollständig geladen sind. Die Steuerung fährt in Schritt **214** fort, die Zellen des Akkustapels zu laden, wenn in Schritt **212** mit NEIN entschieden wird, wobei die Steuerung dann zu Schritt **206** zurückkehrt. Die Steuerung stoppt das Laden der Zellen des Akkustapels in Schritt **216**, wenn in Schritt **212** mit JA entschieden wird, wobei die Steuerung dann in Schritt **218** beendet wird. Die Steuerung lädt also die Zellen des Akkustapels zu beinahe vollständig geladenen Zuständen auf und verhindert dabei ein Überladen der schwachen Zellen.

[0112] In **Fig. 7** ist ein Flussdiagramm zu einem Verfahren **250** zum Entladen eines Akkustapels gemäß der Erfindung gezeigt. Die Steuerung beginnt in Schritt **252**. Die Steuerung bestimmt in Schritt **254**, ob der Akkustapel entladen wird (d.h. Strom zu einer Last zuführt). Die Steuerung wiederholt den Schritt **254**, wenn in Schritt **254** mit NEIN entschieden wird. Wenn in Schritt **254** mit JA entschieden wird, bestimmt die Steuerung in Schritt **256**, ob eine schwache Zelle des Akkustapels beinahe vollständig entladen ist.

[0113] Wenn in Schritt **256** mit JA entschieden wird, passt die Steuerung das Einschaltverhältnis der PWM-Steuerung in Schritt **258** an. Die Steuerung passt das Einschaltverhältnis auf der Basis einer Differenz in den Ladepegeln (d.h. Ladezuständen) der schwachen Zelle und einer starken Zelle an. Alternativ hierzu passt die Steuerung das Einschaltverhältnis auf der Basis einer Differenz in den Ausgangsspannungen der schwachen Zelle und der starken Zelle an.

[0114] In Schritt **260** entlädt die Steuerung die starke Zelle und lädt die schwache Zelle in Übereinstimmung mit dem Einschaltverhältnis, bis die Ausgangsspannungen der schwachen und der starken Zelle ausgeglichen sind. Alternativ hierzu passt die Steuerung das Einschaltverhältnis an und lädt die schwache Zelle, bis die Ladepegel der schwachen Zelle und der starken Zelle ausgeglichen sind. Folglich wird die Ausgangsspannung der schwachen Zelle größer als die Ausgangsspannung der starken Zelle.

[0115] Am Ende von Schritt **260** oder wenn in Schritt **256** mit NEIN entschieden wird, bestimmt die Steuerung in Schritt **262**, ob die Zellen in dem Akkusta-

pel beinahe vollständig entladen sind. Die Steuerung fährt in Schritt **264** fort, Strom von dem Akkustapel zu einer Last zuzuführen, wenn in Schritt **262** mit NEIN entschieden wird, wobei die Steuerung dann zu Schritt **256** zurückkehrt. Die Steuerung stoppt das Entladen der Zellen des Akkustapels in Schritt **266**, wenn in Schritt **262** mit JA entschieden wird, wobei die Steuerung dann in Schritt **268** beendet wird.

[0116] Die Steuerung verhindert also ein Überladen, ein Überentladen und ein umgekehrtes Laden der schwachen Zellen in dem Akkustapel. Außerdem führt die Steuerung Strom von dem Akkustapel zu der Last zu, bis die Zellen des Akkustapels beinahe vollständig entladen sind.

[0117] In Fig. 8 ist ein Leistungsverwaltungssystem **300** zum Steuern eines Akkustapels unter Verwendung einer gestaffelten Topologie gezeigt. Der Akkustapel kann N in Reihe verbundene Zellen umfassen, wobei N eine Ganzzahl größer 1 ist. Zum Beispiel umfasst der Akkustapel sechs Zellen **302, 304, 306, 308, 310, 312**. Die sechs Zellen sind wie gezeigt in Reihe verbunden.

[0118] Das Leistungsverwaltungssystem **300** umfasst eine PWM-Schaltschaltung, die den Akkustapel steuert. Die PWM-Schaltschaltung umfasst ein PWM-Steuermodul **320** und (N-1) Basis-Zellenausgleichsschaltungen. Die PWM-Schaltschaltung umfasst also (N-1) Sätze aus einer Treiberschaltung und einem Induktionselement, die jeweils der Treiberschaltung **111** und dem Induktionselement **116** von Fig. 1 ähnlich sind. Wenn das Leistungsverwaltungssystem **300** zum Beispiel sechs Zellen umfasst, umfasst das Leistungsverwaltungssystem **300** fünf Treiberschaltungen **322, 324, 326, 328, 330** und fünf Induktionselemente **332, 334, 336, 338, 340**. Die Treiberschaltungen **322, 324, 326, 328, 330** können Niederspannungstreiber enthalten.

[0119] Das PWM-Steuermodul **320** betreibt ein Paar von Schaltern in jeder der Treiberschaltungen **322, 324, 326, 328, 330** mit einem anpassbaren Einschaltverhältnis. Die Schalter in jeder der Treiberschaltungen **322, 324, 326, 328, 330** sind den Schaltern **112, 114** der Treiberschaltung **111** von Fig. 1 ähnlich. Auf der Basis des Einschaltverhältnisses übertragen die Treiberschaltung **322** und das Induktionselement **332** eine Ladung zwischen den Zellen **302, 304**, um die Ausgangsspannungen der Zellen **302, 304** während des Ladens und Entladens auszugleichen. Die Treiberschaltung **324** und das Induktionselement **334** übertragen Ladung zwischen den Zellen **304, 306**, um die Ausgangsspannungen der Zellen **304, 306** während des Ladens und Entladens auszugleichen, usw.

[0120] Wenn zum Beispiel ein Ladepegel der Zelle **302** kleiner ist als der Ladepegel der Zelle **304**, über-

tragen die Treiberschaltung **322** und das Induktionselement **332** Ladung von der Zelle **304** zu der Zelle **302**. Aufgrund der Ladungsübertragung kann jedoch der Ladepegel der Zelle **304** kleiner werden als der Ladepegel der Zelle **306**. Dementsprechend können die Treiberschaltung **324** und das Induktionselement **334** Ladung von der Zelle **306** zu der Zelle **304** übertragen usw. Obwohl hier nicht gezeigt, kann ein dem Schalter **119** ähnlicher Schalter verwendet werden, um einen Überentladeschutz für den Akkustapel vorzusehen.

[0121] In Fig. 9 ist ein Leistungsverwaltungssystem **400** zum Steuern eines Akkustapels unter Verwendung einer parallelen Topologie für die Stromzufuhr gezeigt. Der Akkustapel kann N in Reihe verbundene Zellen umfassen, wobei N eine Ganzzahl größer 1 ist. Zum Beispiel umfasst der Akkustapel sechs Zellen **402, 404, 406, 408, 410, 412**. Die sechs Zellen sind wie gezeigt in Reihe verbunden.

[0122] Das Leistungsverwaltungssystem **400** umfasst eine PWM-Schaltschaltung, die den Akkustapel steuert. Die PWM-Schaltschaltung umfasst ein PWM-Steuermodul **420** und (N-1) Basis-Zellenausgleichsschaltungen. Die PWM-Schaltschaltung umfasst also (N-1) Sätze aus einer Treiberschaltung und einem Induktionselement, die jeweils der Treiberschaltung **111** und dem Induktionselement **116** von Fig. 16 ähnlich sind. Weil das Leistungsverwaltungssystem **400** zum Beispiel sechs Zellen umfasst, umfasst das Leistungsverwaltungssystem **400** fünf Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** und fünf Induktionselemente **432, 434, 436, 438, 440**. Die Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** können Hochspannungstreiber enthalten.

[0123] Jede der Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** ist parallel mit dem Ausgang des Akkustapels verbunden. Insbesondere ist jede der Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** wie gezeigt über zwei äußere Anschlüsse **401-1, 402-2** des Akkustapels verbunden.

[0124] Das PWM-Steuermodul **420** betreibt ein Paar von Schaltern in jeder der Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** mit einem anpassbaren Einschaltverhältnis. Die Schalter in jeder der Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** sind jeweils den Schaltern **112, 114** der Treiberschaltung **111** von Fig. 1 ähnlich. Auf der Basis des Einschaltverhältnisses übertragen die Treiberschaltung **422** und das Induktionselement **432** eine Ladung zwischen den Zellen **402, 404**, um die Ausgangsspannungen der Zellen **402, 404** während des Ladens und Entladens auszugleichen. Die Treiberschaltung **424** und das Induktionselement **434** übertragen eine Ladung zwischen den Zellen **404, 406**, um die Ausgangsspannungen der Zellen **404, 406** während des Ladens und Entladens auszugleichen, usw. Wie in Fig. 9 gezeigt, kann

das PWM-Steuermodul **420** die Treiberschaltungen **422, 424, 426, 428, 330** separat und parallel betreiben und/oder auf andere Weise steuern.

[0125] Wenn zum Beispiel ein Ladepegel der Zelle **402** kleiner ist als der Ladepegel der Zelle **404**, übertragen die Treiberschaltung **422** und das Induktionselement **432** Ladung von der Zelle **404** zu der Zelle **402**. Aufgrund der Ladungsübertragung kann der Ladepegel der Zelle **404** jedoch kleiner als der Ladepegel der Zelle **406** werden. Dementsprechend können die Ladeschaltung **424** und das Induktionselement **434** Ladung von der Zelle **406** zu der Zelle **404** übertragen usw. Obwohl nicht gezeigt, kann ein dem Schalter **119** ähnlicher Schalter verwendet werden, um einen Überentladeschutz für den Akkustapel vorzusehen.

[0126] In Fig. 8 und Fig. 9 kann sich die maximale Anzahl der Zellen in den Akkustapeln (d.h. der Maximalwert von N) in den Leistungsverwaltungssystemen **300, 400** unterscheiden. Zum Beispiel kann der Maximalwert von N in dem Leistungsverwaltungssystem **300** größer als der Maximalwert von N in dem Leistungsverwaltungssystem **400** sein.

[0127] Die Lehren der Erfindung können auf verschiedene Weise implementiert werden. Vorstehend wurden spezifische Beispiele beschrieben, wobei die Erfindung nicht auf die hier beschriebenen Beispiele beschränkt ist. Der Erfindungsumfang ist durch die beigefügten Patentansprüche bestimmt.

Patentansprüche

1. Ladeausgleichssystem, das umfasst:
N Schaltungen, die jeweils enthalten:
einen ersten und einen zweiten Schalter (112, 114), die in Reihe verbunden sind; und
ein Induktionselement (116) mit einem ersten Ende, das zwischen dem ersten und dem zweiten Schalter (112, 114) verbunden ist;
ein Steuermodul (110), das Steuersignale zum Steuern des ersten und des zweiten Schalters (112, 114) ausgibt, wobei N eine Ganzzahl größer oder gleich 1 ist,
wobei ein zweites Ende des Induktionselements (116) einer ersten der N Schaltungen zwischen zwei Zellen (104, 106) eines ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen eines Akkustapels (102) verbunden ist, und wobei der erste und der zweite Schalter (112, 114) der ersten der N Schaltungen parallel mit dem ersten Paar von 2N in Reihe verbundenen Zellen verbunden sind, und
wobei das Steuermodul (110) eine Ladung zwischen den zwei Zellen (104, 106) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement (116) überträgt, bis die Differenz zwischen den entsprechenden Ausgangsspannungen der zwei Zellen des ersten Paares von 2N in Reihe verbunde-

nen Zellen kleiner oder gleich einem vorbestimmten Schwellwert ist; und
einen Steuerschalter, der den Akkustapel (102) trennt, wenn die Ausgangsspannung des Akkustapels auf weniger als eine vorbestimmte Spannung fällt.

2. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 1, wobei das Steuermodul (110) eine Ladung zwischen den zwei Zellen (104, 106) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement (116) auf der Basis des Einschaltverhältnisses der Steuersignale während eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels überträgt.

3. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 1, wobei wenn eine erste Zelle (104) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen schneller geladen wird als eine zweite Zelle (106) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen, das Steuermodul (110) eine erste Ladung von der ersten Zelle (104) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen zu der zweiten Zelle (106) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen über das Induktionselement (116) auf der Basis des Einschaltverhältnisses der Steuersignale überträgt.

4. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 3, wobei das Steuermodul (110) die erste Ladung überträgt, wenn der Ladezustand der ersten Zelle (104) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen um einen ersten vorbestimmten Schwellwert kleiner als ein vollständig geladener Zustand ist.

5. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 4, wobei das Steuermodul (110) eine zweite Ladung von der zweiten Zelle (106) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen zu der ersten Zelle (104) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen während eines Entladezyklus überträgt, wenn der Ladezustand um einen zweiten vorbestimmten Schwellwert größer als ein vollständig entladener Zustand ist.

6. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 5, wobei das Steuermodul (110) die zweite Ladung überträgt, bis eine erste Ausgangsspannung der ersten Zelle (104) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen größer als eine zweite Ausgangsspannung der zweiten Zelle (106) des ersten Paares von 2N in Reihe verbundenen Zellen ist.

7. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 1, wobei das Steuermodul (110) das Einschaltverhältnis der Steuersignale auf der Basis der Ausgangsspannung des Akkustapels (102) während eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels (102) anpasst.

8. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 1, das weiterhin ein Spannungserfassungsmodul (115) umfasst, das eine erste Spannung über dem ersten Paar

von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen erfasst, eine zweite Spannung an dem zweiten Ende des Induktionselements (116) erfasst und jeweils die Ausgangsspannungen der zwei Zellen (104, 106) des ersten Paares von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen auf der Basis der ersten und der zweiten Spannung bestimmt.

9. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 8, wobei das Steuermodul (110) das Einschaltverhältnis der Steuersignale auf der Basis wenigstens einer der Ausgangsspannungen während eines Lade- und/oder eines Entladezyklus des Akkustapels (102) anpasst.

10. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 1, das weiterhin ein Signalerzeugungsmodul (162) umfasst, das die Steuersignale erzeugt und die Pulsbreiten der Steuersignale auf der Basis des durch das Steuermodul (110) bestimmten Einschaltverhältnisses moduliert.

11. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 1, wobei:

N größer oder gleich 3 ist,
ein zweites Ende eines Induktionselements einer zweiten der N Schaltungen zwischen den zwei Zellen eines zweiten Paares von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen des Akkustapels verbunden ist,
ein erster und ein zweiter Schalter der zweiten der N Schaltungen parallel mit dem zweiten Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen verbunden sind,
das erste und das zweite Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen in Reihe verbunden sind, und
der zweite Schalter der ersten der N Schaltungen mit dem ersten Schalter der zweiten der N Schaltungen verbunden ist.

12. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 11, wobei:

ein zweites Ende eines Induktionselements einer dritten der N Schaltungen zwischen dem zweiten und dem ersten Schalter jeweils der ersten und der zweiten der N Schaltungen verbunden ist, und
ein erster und ein zweiter Schalter der dritten der N Schaltungen parallel mit dem ersten und dem zweiten Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen verbunden sind.

13. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 12, wobei wenn N größer oder gleich 5 ist,

ein zweites Ende eines Induktionselements einer vierten der N Schaltungen zwischen zwei der Zellen eines dritten Paares von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen des Akkustapels verbunden ist,
ein erster und ein zweiter Schalter der vierten der N Schaltungen parallel mit dem dritten Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen verbunden sind,

der zweite Schalter der vierten der N Schaltungen mit dem ersten Schalter der ersten der N Schaltungen verbunden ist, und

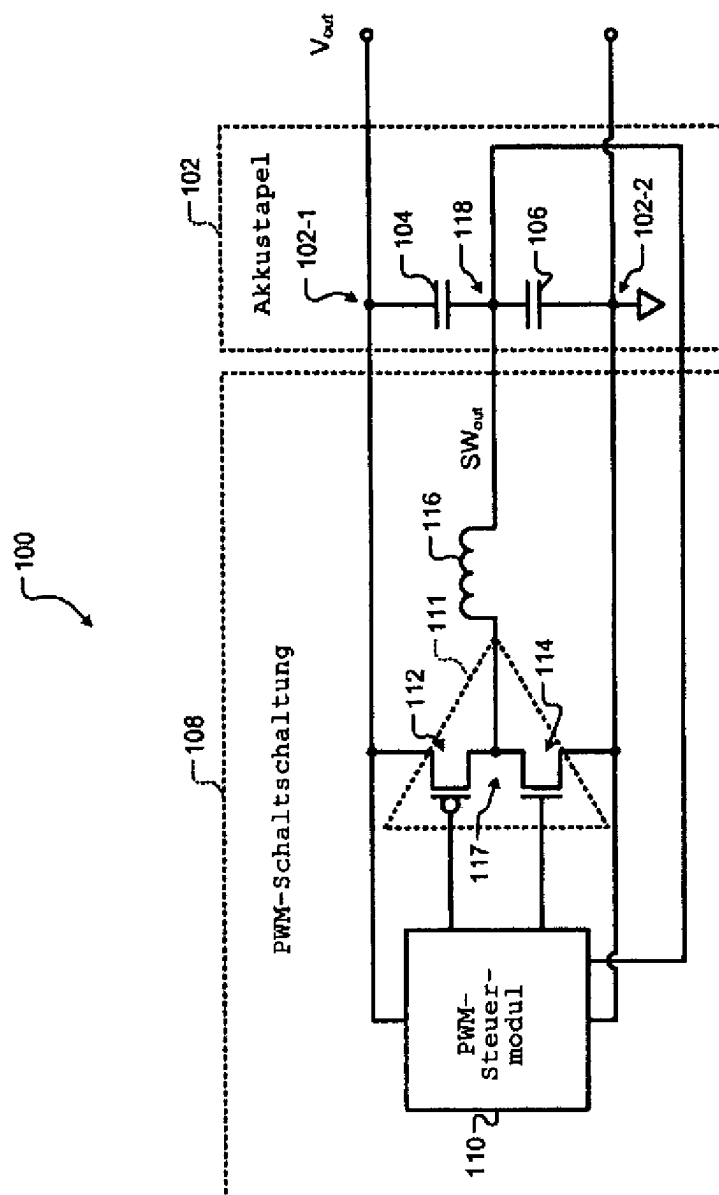
das dritte Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen in Reihe mit dem ersten und dem zweiten Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen verbunden ist.

14. Ladeausgleichssystem nach Anspruch 13, wobei:

ein zweites Ende eines Induktionselements einer fünften der N Schaltungen zwischen dem zweiten und dem ersten Schalter jeweils der vierten und der ersten der N Schaltungen verbunden ist, und
ein erster und ein zweiter Schalter der fünften der N Schaltungen parallel mit dem dritten und dem ersten Paar von $2N$ in Reihe verbundenen Zellen verbunden sind.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**FIG. 1**

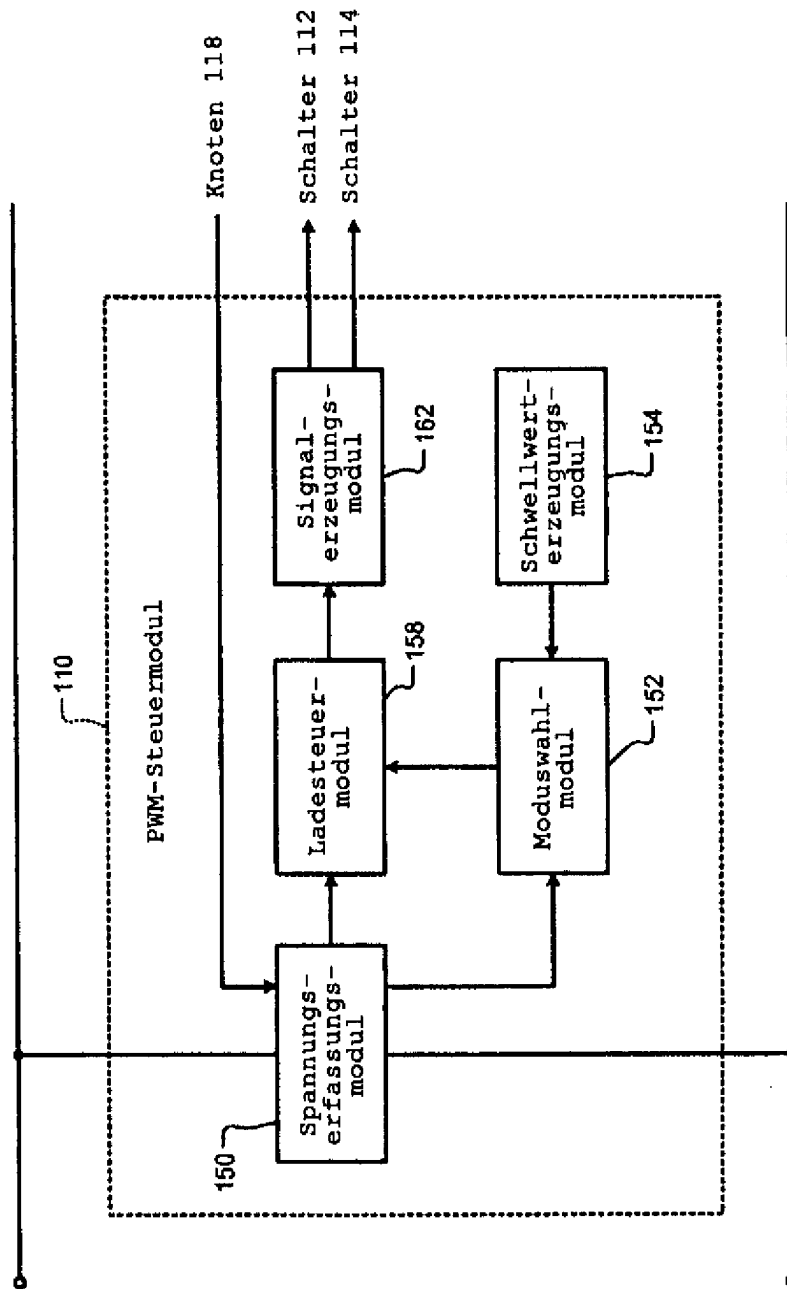


FIG. 2

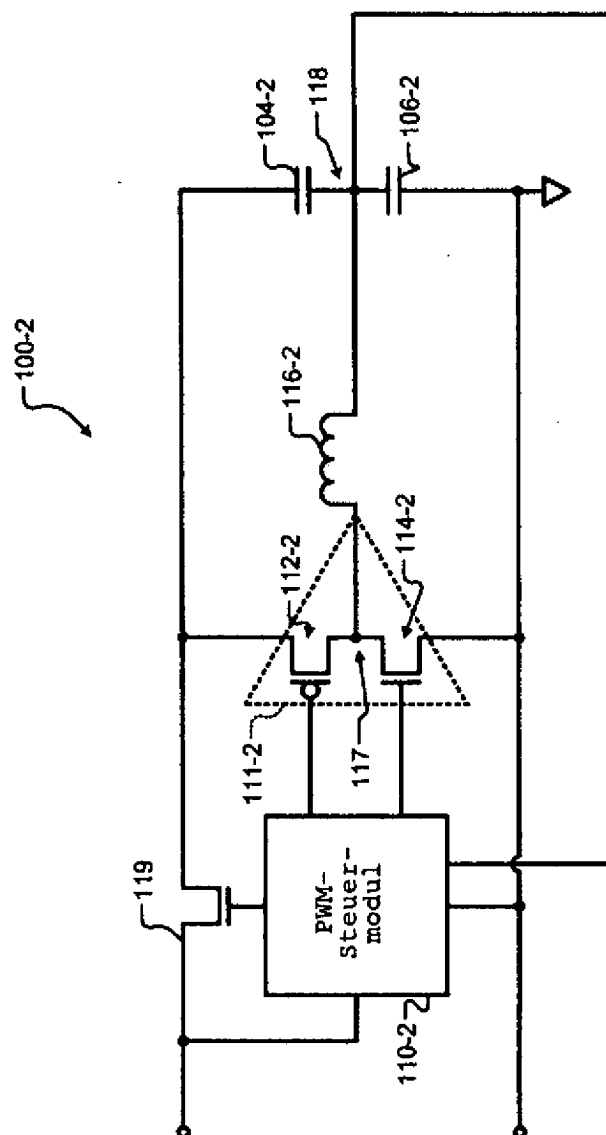


FIG. 3

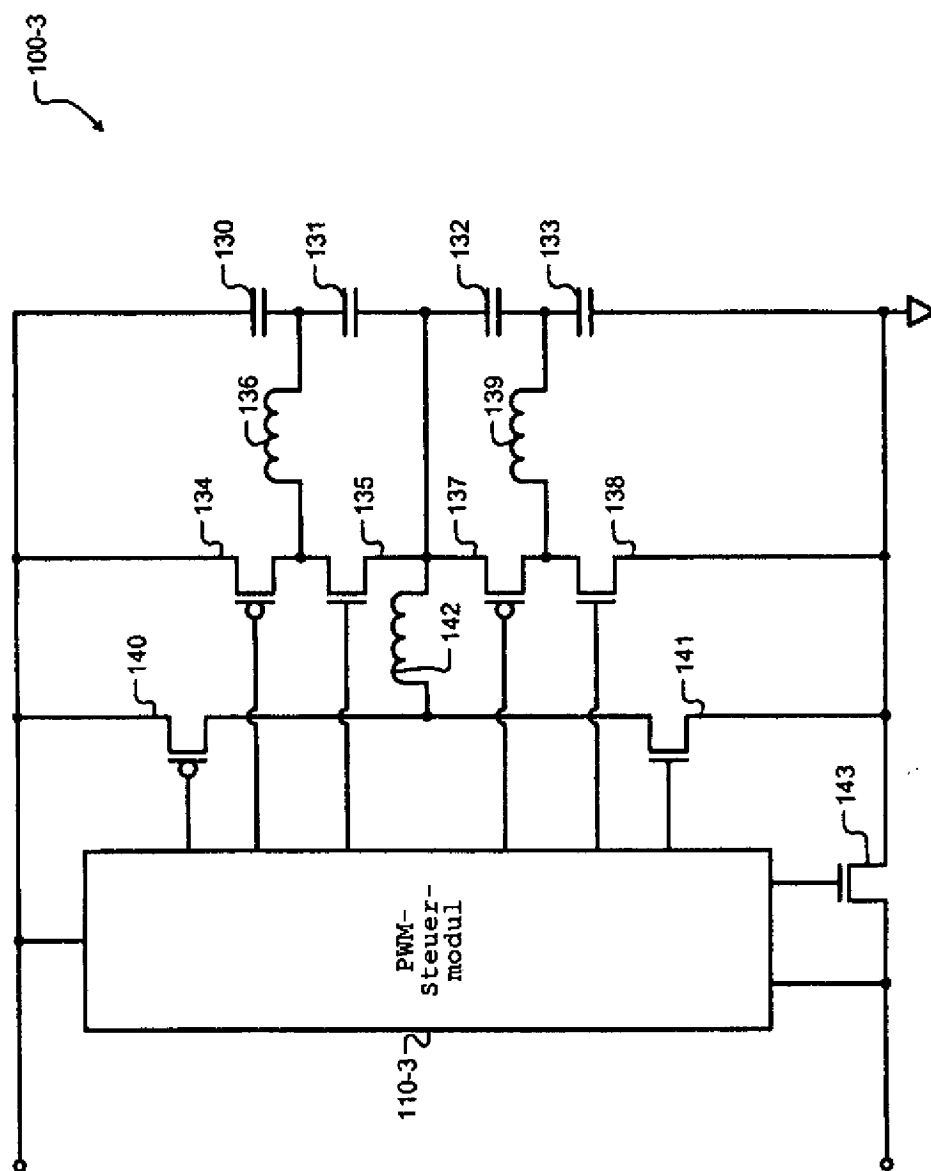


FIG. 4

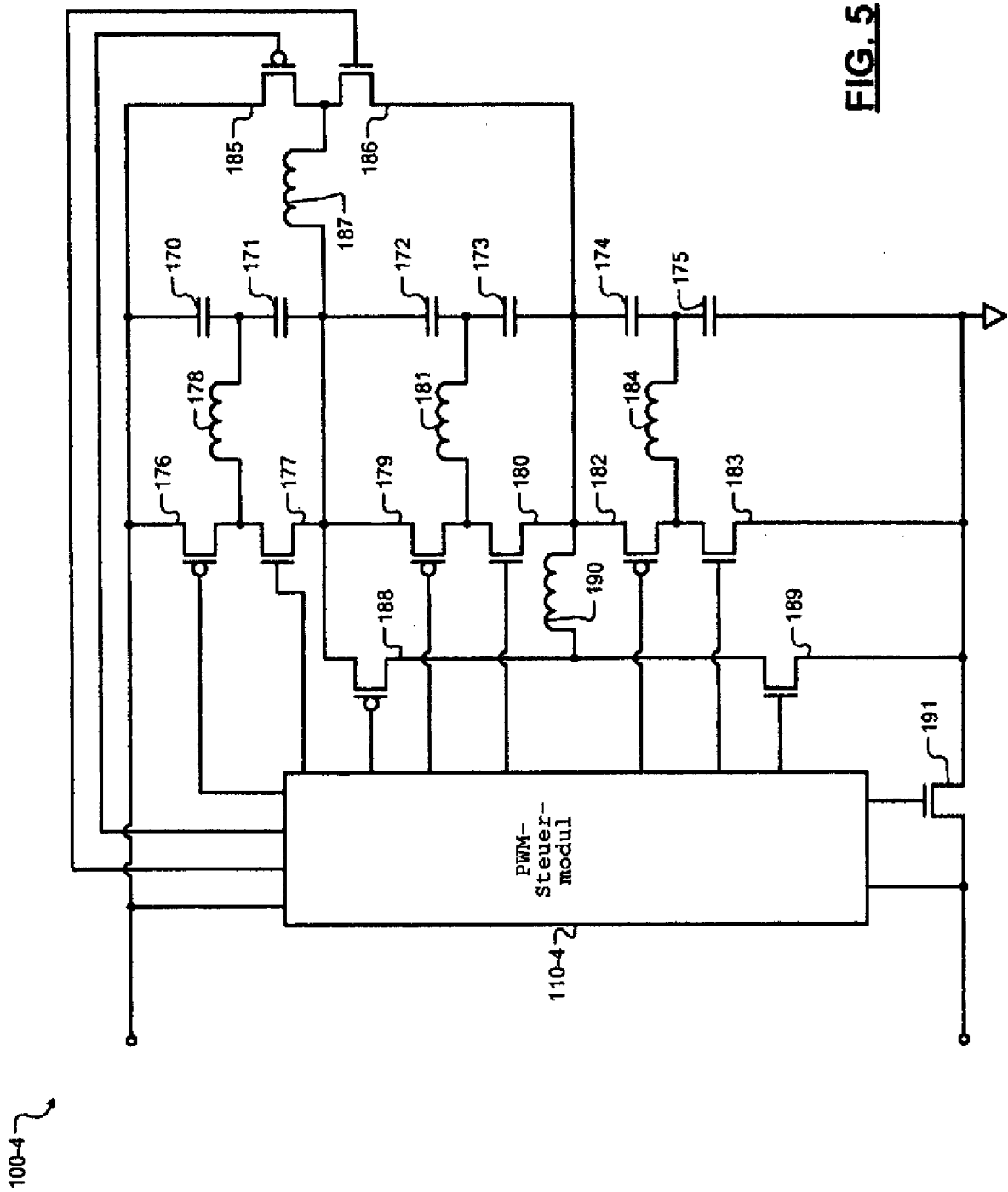
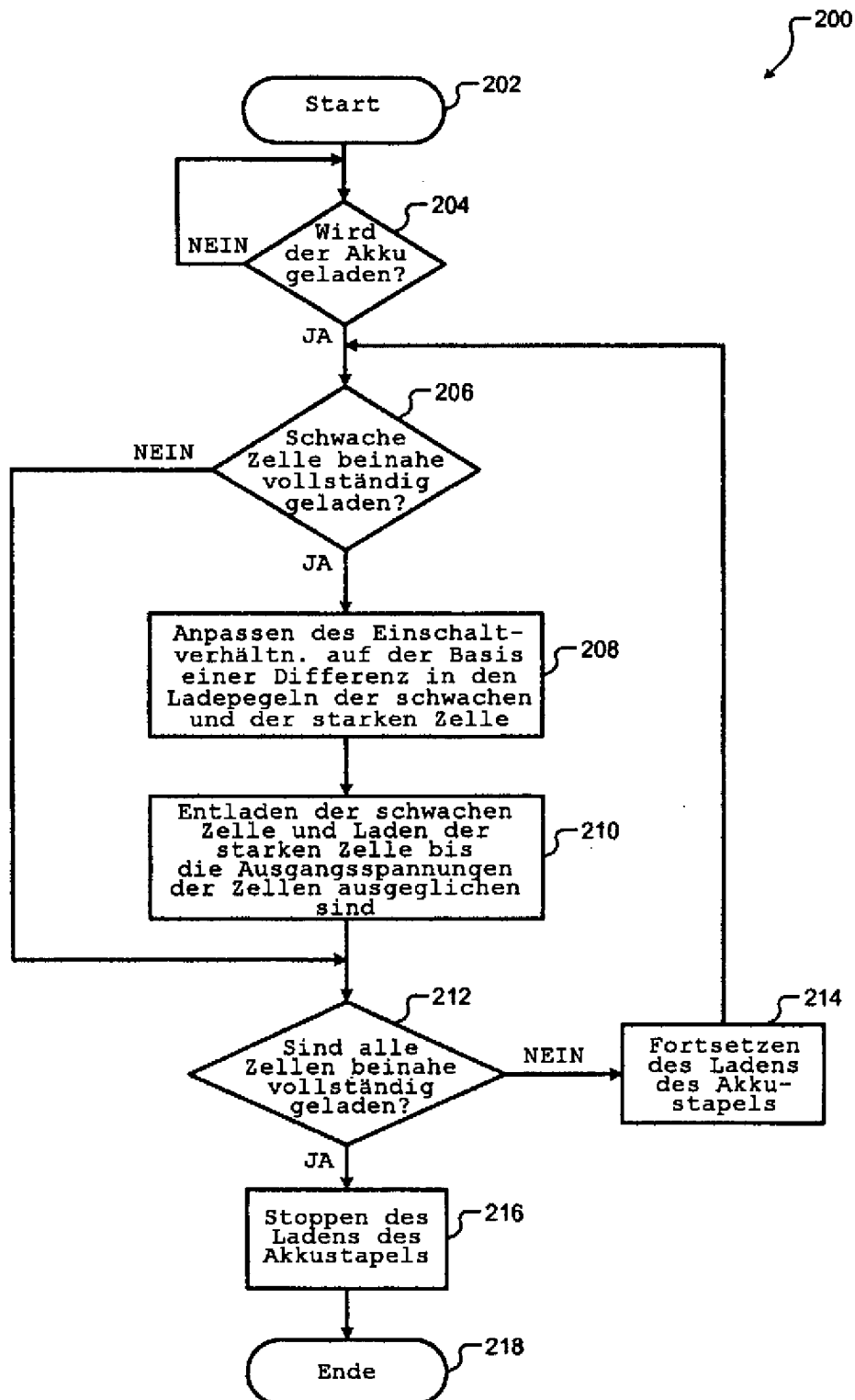
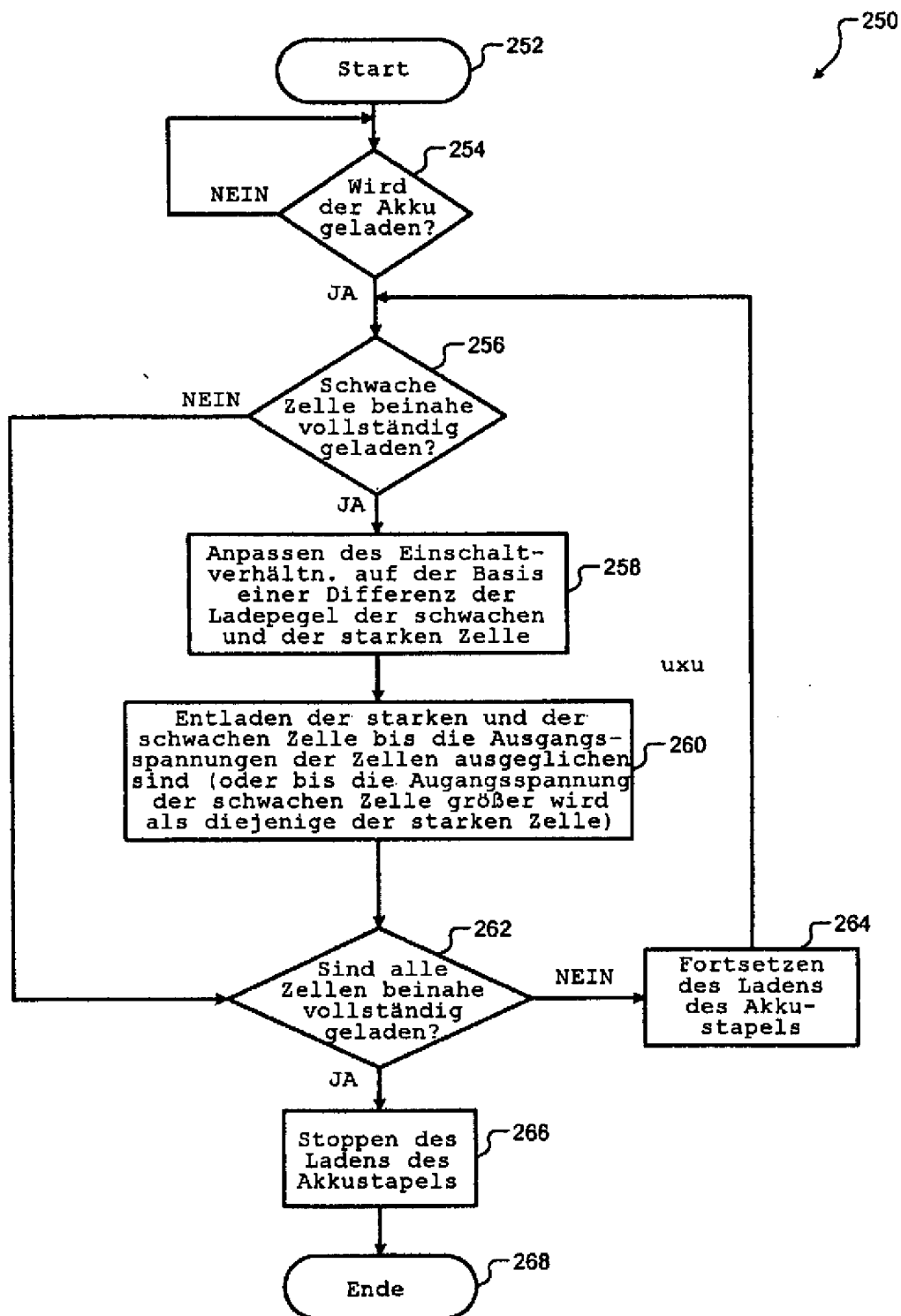


FIG. 5

**FIG. 6**

**FIG. 7**

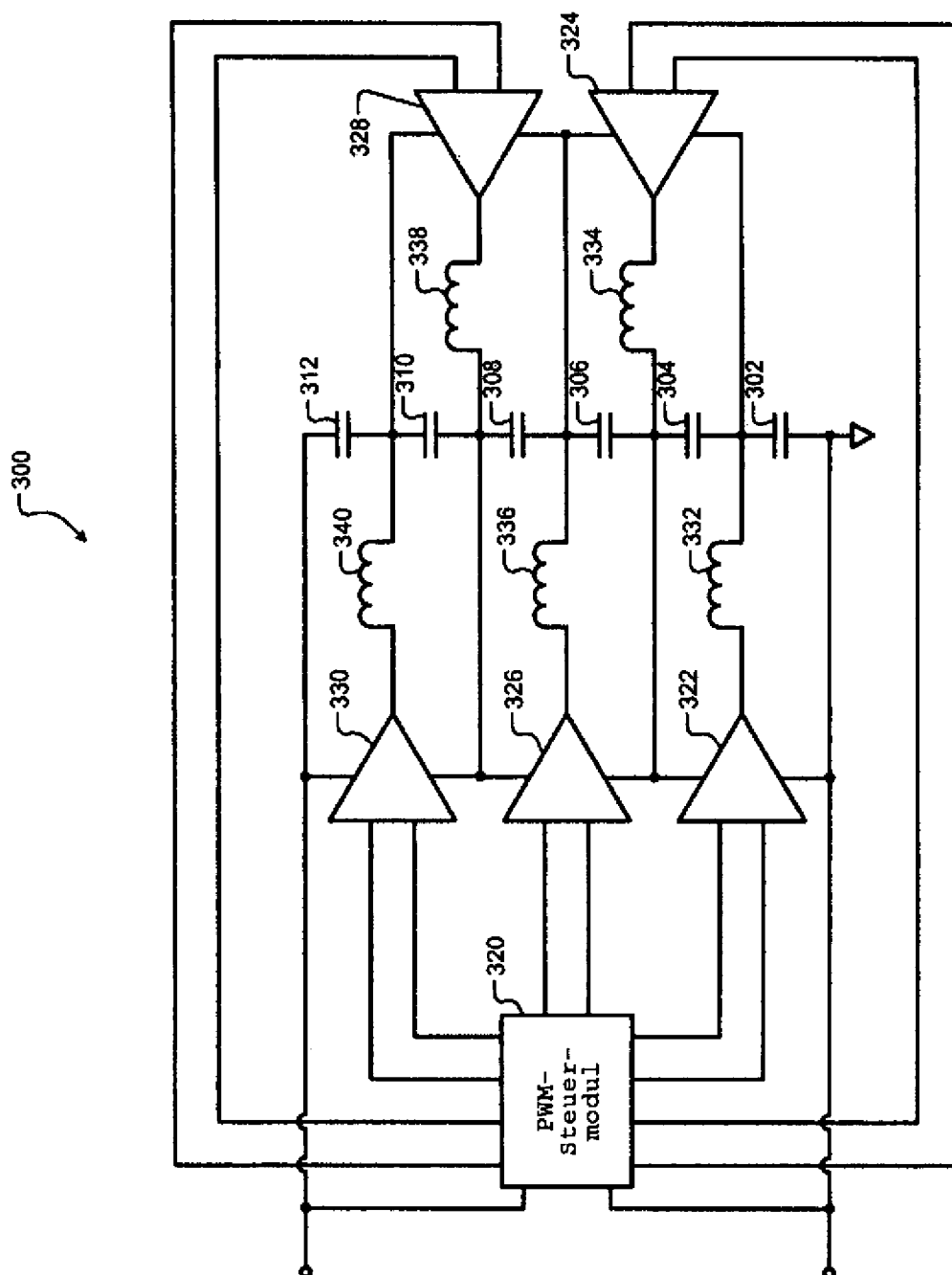


FIG. 8

