

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 721 203 A2

(51) Int. Cl.: H02J 7/00 (2006.01)
H02J 7/34 (2006.01)
B60L 53/53 (2019.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 001137/2023

(71) Anmelder:
Charles Rippert Barranc del bon capo,
Poligono 50 parrela 55
43860 l'Ametlla de Mar (ES)

(22) Anmeldedatum: 13.10.2023

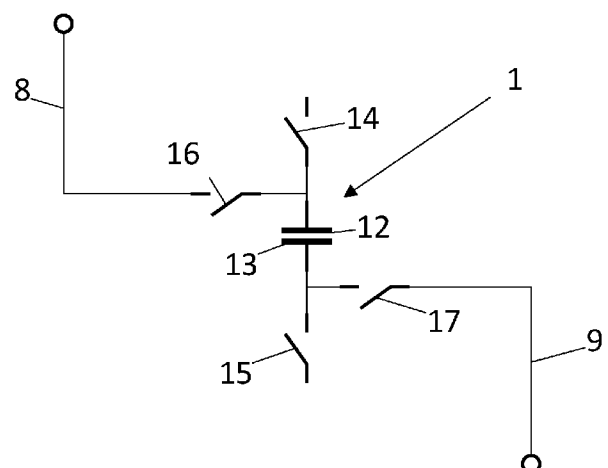
(72) Erfinder:
Charles Rippert Barranc del bon capo,
43860 l'Ametlla de Mar (ES)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.04.2025

(74) Vertreter:
dynamXIP GmbH Jean-Nicolas Longchamp,
Lichtstrasse 35
4056 Basel (CH)

(54) Verfahren und System zum Laden von mobilen Energiespeicherzellen

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laden eines Verbunds aus mehreren Energiespeicherzellen mit einer Ladestation, die ebenfalls aus einem Verbund aus mehreren Energiespeicherzellen besteht. Es werden für eine Abfolge von Ladeschritten Gruppen von Energiespeicherzellen seriell oder parallel miteinander verbunden, sodass eine gleichmässige Belastung der Zellen (1) erreicht wird. Ferner betrifft die Erfindung ein System zur Durchführung dieses Verfahrens, welches zentral gesteuerte Schalter zur wahlweisen seriellen oder parallelen Verbindung der Gruppen von Zellen (1) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laden von Energiespeichern gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein System gemäss Anspruch 3 zur Durchführung dieses Verfahrens.

[0002] Das hier beschriebene System setzt zum Laden eines System-Energiespeichers, folgend „Verbraucher“ oder „mobile Einheit“ genannt, einen anderen System-Energiespeicher ein, folgend „Ladestation“ genannt. Das hier beschriebene System setzt voraus und erfordert, dass beide Energiespeicher den hier beschriebenen Spezifikationen entsprechen und diese erfüllen, weshalb diese Energiespeicher auch als System-Einheiten bezeichnet werden.

[0003] System-Einheiten können sowohl als Ladestation, wie auch als mobile Einheit eingesetzt werden, was auch jeweils als ihre Rolle oder Funktion in einem Ladevorgang bezeichnet wird.

[0004] Damit eine System-Einheit ihre Rolle als Ladestation erfüllen kann, muss sie vor dem Ladevorgang über so viel Energie verfügen, dass sie die zu ladende System-Einheit, welche in diesem Ladevorgang die Rolle einer mobilen Einheit ausfüllt, vollständig laden kann und danach selber über mehr Energie als ihr in der Regel vom Hersteller vorgegebenes Mindestniveau verfügt, welche ein Fachmann anhand der Vorgaben und Datenblätter der Hersteller der Energiespeicherzellen bestimmen kann.

[0005] Somit ist es möglich, dass eine System-Einheit, welche zuvor als mobile Einheit geladen wurde und über ausreichend Energie verfügt, in einem anderen, nächsten Ladevorgang ihrerseits die Rolle einer Ladestation ausfüllt und eine weitere, dritte System-Einheit ladet.

[0006] Für einen Ladevorgang wird davon ausgegangen, dass idealerweise (1) die Kapazität der Zellen der Ladestation um ein Vielfaches grösser ist als die der zu ladenden mobilen Einheit (2) die Anzahl an Zellen der Ladestation wesentlich grösser ist als die der mobilen Einheit und (3) idealerweise die zum Einsatz kommenden Ladestationszellen vollständig aufgeladen sind, um die Zellen einer mobilen Einheit, welche bis nahe an ihr Mindestladeniveau entladen sind, aufzuladen. Dies trifft vor allem auf System-Einheiten zu, welche zur Verwendung als System-Ladestationen ausgerichtet sind. Auf jeden Fall muss die System-Ladestation über mehr Zellen, als die mobile Einheit verfügen.

[0007] Mobile Energiespeicher sind System-Einheiten, die an Ladestationen aufgeladen werden, um danach die gespeicherte Energie über einen Zeitraum an einen mobilen Verbraucher, bzw. eine (mobile) Anwendung, in welche sie verbaut sind, abzugeben, bis eine erneute Aufladung erfolgt. Mobile Energiespeicher dienen beispielsweise zur Energieversorgung von Fahrzeugen und von kabellosen Geräten.

[0008] Die derzeit bekanntesten mobilen Speicher für (elektrische) Energie sind einerseits Akkumulatoren, umgangssprachlich als „Batterien“ bezeichnet, in denen elektrische Energie beim sog. Aufladen an stationären Ladestationen, welche im Grunde Transformatoren sind und typischerweise Netzwechselstrom auf niederspannigen Gleichstrom heruntertransformieren, elektrochemisch gespeichert und danach zum Antrieb von Anwendungen abgegeben wird, in welche sie verbaut wurden. Dieser Ladevorgang ist davon abhängig, ob Netzstrom verfügbar ist und wieviel Energie zu diesem Zeitpunkt die Zuleitung zu liefern im Stande ist.

[0009] Andererseits sind fossile Brennstoffe eine weitere und derzeit eine der bekanntesten Energiequellen zum Betreiben von mobilen Anwendungen. Sie liefern im Vergleich zu Akkumulatoren eine weitaus höhere Leistungsdichte, weshalb sie in gewissen Anwendungsbereichen bis heute alleinstehend sind.

[0010] Potentiell alternative mobile Energiespeicher sind kapazitive Speicher, welche die elektrische Energie direkt physikalisch, d.h. ohne Umweg über elektrochemische Reaktionen, speichern und abgeben. Diese haben eine weitaus höhere Leistungsdichte als chemische Batterien, finden aber heute aufgrund verschiedener Probleme (noch) keine breite industriellkommerzielle Anwendung. Genau hier setzt die hier beschriebene Erfindung an und liefert eine alltagstaugliche Lösung. Sie bedient sich einer grundsätzlich anderen Vorgehensweise, weshalb die oben erwähnten Probleme nicht auf sie anwendbar sind. Unter anderem diesbezüglich wird auf den in den Dokumenten WO2019/233787, WO2020/058320 und WO2021/037649 beschriebenen Stand der Technik verwiesen, der für die vorliegende Beschreibung als dem Fachmann bekannt vorausgesetzt wird.

[0011] Bei den im Stand der Technik bekannten Verfahren zum Laden mobiler Einheiten findet eine ungleichmässige Belastung der Zellen eines Verbundes statt. Genauso, aber aufgrund anderer Faktoren, findet auch in einem Verbund traditioneller chemischer Sekundärzellen, umgangssprachlich als Batterien bezeichnet, eine über Zeit ungleiche Belastung statt, welche eine üblicherweise fixe serielle Konfiguration verschärft. Da die Lebensdauer einer Zelle u.a. durch Anzahl, Ausmass, Tiefe und Intensität der Be- und Entladungen bestimmt wird, kann die grössere, bzw. ungleichmässige Belastung einiger Zellen über Zeit zum Ausfall einer ganzen Einheit führen, obwohl die Mehrheit der (anderen) Zellen noch nicht das Ende ihrer Lebensdauer erreicht hat.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein von den im Stand der Technik bekannten Verfahren und Systemen zum Laden von mobilen Energiespeichern grundsätzlich verschiedenes Prinzip zum Laden von mobilen Energiespeichern mit gleichmässiger Belastung der Zellen eines Verbundes zur Anwendung zu bringen.

[0013] Erfindungsgemäss wird dies durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche erreicht.

[0014] Bevorzugte Ausführungsbeispiele zeichnen sich durch die in den Unteransprüchen angegebenen Merkmale aus.

[0015] In der vorliegenden Beschreibung werden folgende Begriffsdefinitionen verwendet:

Mit dem Begriff „SuperCaps“ werden Kondensatoren unterschiedlicher Technologie, wie UltraCaps, LICs, Capatteries, etc., mit hohen Kapazitäten im Bereich von 10^5 F und mehr bezeichnet, die prinzipiell für den Antrieb von Elektrofahrzeugen, sowie elektrisch betriebener Geräte, also Verbraucher, geeignet sind. Das erfindungsgemässe Ladeverfahren eignet sich aber grundsätzlich nicht nur für SuperCaps, sondern für jegliche Art von Kondensatoren und andere Energiespeicherzellen.

[0016] „Energiedichte“ ist das Maß der speicherbaren elektrischen Energiemenge. Sie wird auf die Masse des Kondensators bezogen und als gravimetrische Energiedichte in Wh/kg angegeben.

[0017] Unter „Leistungsdichte“ wird die Geschwindigkeit verstanden, mit der die Energie an eine Last geliefert oder einem Verbraucher zur Verfügung gestellt werden kann und wird in kW/kg angegeben.

[0018] „Definierte Grenzwerte des Stromflusses“ sind solche, bei denen keine Schäden an Leitungen oder Bauelementen entstehen. Sie sind von verschiedenen Faktoren abhängig und können vom Fachmann ohne weiteres festgelegt werden. Die Grenzwerte sind wichtig, weil wegen des geringen Innenwiderstandes und der enorm hohen Leistungsdichte (zwei bis vier Grössenordnungen höher im Vergleich zu konventionellen chemischen Batterien) von Super-Kondensatoren sowohl beim Laden als auch beim Entladen extrem hohe Ströme auftreten können.

[0019] „Zellen“ sind funktionelle Grundeinheiten zur Energiespeicherung, wie z.B. galvanische Zellen, Kondensatoren etc., mit einer in der Regel begrenzten Aufnahmefähigkeit einer Energiemenge, einer Stromobergrenze, sowie einer Spannungsober- und Untergrenze, welche durch die Spezifikationen der Hersteller gegeben sind. Weiter unten wird deren Verschaltung genauer beschrieben und in Fig. 1 dargestellt.

[0020] Für einen grösseren Energiebedarf werden Zellen in geeigneter Weise zu einem „Verbund“ (früher Batterie) zusammengeschaltet. Weiter unten wird deren Verschaltung genauer beschrieben und in Fig. 2 dargestellt. Zellen unterschiedlicher Bauweise haben heute einen Spannungsbereich zwischen 1 und 4 Volt. Um die für das Betreiben eines Verbrauchers notwendige Spannung zu erreichen, werden mehrere Zellen in Serie geschaltet.

[0021] Eine „Gruppe“ von Zellen ist eine Anzahl von benachbarten Zellen innerhalb eines Verbundes, typischerweise in serieller oder einer Kombination von serieller und paralleler Konfiguration.

[0022] „Mobile Einheit“ bezeichnet einen Verbund, der sich in einem Verbraucher zur Energieversorgung des Antriebs befindet und an Ladestationen aufgeladen wird, die ihrerseits stationär oder mobil sein können. Weiter unten wird dieser Prozess genauer beschrieben und in Fig. 3 dargestellt.

[0023] „Stromschienen“ sind im Fall der Speicherung von elektrischer Energie und im Kontext dieser Erfindung elektrische Leitungen, über die eine Vielzahl von Zellen variabel untereinander verschaltet werden können.

[0024] Als „Schalter“ werden Steuerungskomponenten und (u.a. elektronische) Bauteile bezeichnet, mit denen eine Verbindung und dadurch ein Stromfluss zwischen einer einzelnen Zelle und anderen Einheiten ermöglicht oder blockiert wird. Schalter werden durch eine zentrale Steuerung (Computer) betätigt. Ihr normaler Zustand (default setting) ist im Kontext dieser Erfindung immer offen, d.h. sie blockieren Verbindung und Stromfluss. Bei gewissen Anwendungen, welche aufgrund ihrer Anforderungen einen Spezialfall darstellen, ist dies nicht unbedingt der Fall, weshalb diese davon abweichen, was aber durch die Steuerung abgefangen wird.

[0025] Um Schalter geschlossen zu betreiben, braucht es Energie. Auch wenn diese gering ist, so ist in dieser Auslegung jeder Schalter auch ein Energieverbraucher. Dies spielt keine Rolle bei Anwendungen, welche viel Energie verbrauchen, wie ein Fahrzeug oder eine Kettensäge, bzw. bei denen ein grosser Unterschied zwischen dem Energieverbrauch der Anwendung und dem der Steuerung ist. Wenn es sich aber um eine Anwendung mit minimalem Energieverbrauch handelt und welche über Wochen und Monate läuft, dann ist es vorteilhafter, das Design der Steuerung und der betreffenden Schalter auf Grundeinstellung geschlossen zu setzen. Dadurch brauchen weder Steuerung noch Schalter Energie während des Betriebs.

[0026] Als „Sicherheitsschalter“ werden oben beschriebene „Schalter“ bezeichnet, welche zwar einerseits bei korrekter Anwendung der hier beschriebenen Prozesse und deren korrekter Umsetzung und Ausführung durch die zentrale Steuerung (Computer) redundant sind, andererseits zusätzliche Sicherheit bieten, indem sie entweder zwischen den positiven Stromschienen von Ladestation und mobiler Einheit, oder grundsätzlich zwischen der positiven Stromschiene einer System-Einheit und deren „Anschluss-Steckdose“, über welche sie mit anderen System-Einheiten verbunden werden, angebracht werden.

[0027] Im Folgenden sind anhand der beiliegenden Zeichnungen Systeme zum Laden von Superkondensatoren als bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Kondensatorzelle

- Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Verbunds von Kondensatorzellen mit verschiedenen Schaltvarianten
- Fig. 3 eine schematische Darstellung von drei Ladeschritten mit einer Ladestation mit drei Zellen
- Fig. 4 eine schematische Darstellung von drei Ladeschritten mit einer Ladestation mit sechs Zellen
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Schaltbildes für das sogenannte Balancing
- Fig. 6 eine schematische Darstellung von sechs Ladeschritten mit einer Ladestation mit dreizehn Zellen
- Fig. 7 eine schematische Darstellung der Gruppierung innerhalb eines Verbunds für eine gerade Zahl von Ladeschritten
- Fig. 8 eine schematische Darstellung der Gruppierung innerhalb eines Verbunds für eine ungerade Zahl von Ladeschritten

[0028] Die in Fig. 1 dargestellte Zelle 1 besteht aus einem Superkondensator mit einer positiven Elektrode (= Pluspol) 12 und einer negativen Elektrode (= Minuspol) 13. Die positive Elektrode 12 ist mit zwei Schaltern 14,16, die negative Elektrode 13 ebenfalls mit zwei Schaltern 15,17 verbunden.

[0029] Die Verbindungsvarianten sind aus Fig. 2 ersichtlich, in der ein Verbund bestehend aus drei Zellen 1-3 mit den jeweils genannten Schaltern gezeigt ist. Im Verbund sind die Schalter 14 und 15 identisch, so dass pro Zelle nur noch drei Schalter 14, 16 und 17 vorhanden sind. Die Schalter sind für alle Zellen mit denselben Bezugszeichen bezeichnet, allerdings jeweils mit einem Index der die Nummer der Zelle angibt, also ist z.B. Schalter 14₂ der Schalter 14 der Zelle 2 usw. Ausserdem zeigt Fig. 2, wie auch Fig. 1, eine positive Stromschiene 8 und eine negative Stromschiene 9, die schematisch links und rechts neben den Zellen verlaufen.

[0030] Betrachtet man die mittlere Zelle 2, so sind folgende vier Verschaltungen möglich:

- durch Schliessen des Schalters 14₂ wird der Pluspol 12₂ der mittleren Zelle 2 mit dem Minuspol 13₃ der in der Zeichnung darüber liegenden Zelle 3 (seriell) verbunden,
- durch Schliessen des Schalters 14₁ wird der Minuspol 13₂ der mittleren Zelle 2 mit dem Pluspol 12₁ der in der Zeichnung darunter liegenden Zelle 1 (seriell) verbunden,
- durch Schliessen des Schalters 16₂ wird der Pluspol 12₂ der mittleren Zelle 2 mit der positiven Stromschiene 8 verbunden,
- durch Schliessen des Schalters 17₂ wird der Minuspol der mittleren Zelle 2 mit der negativen Stromschiene 9 verbunden.

[0031] Die Verschaltung der endständigen Zelle 3 unterscheidet sich von der Zelle 2, indem ihr Pluspol 12₃ nur mit der positiven Stromschiene 8 verbunden werden kann. Ebenso kann der negative Pol der Zelle 1, 13₁, nur mit der negativen Stromschiene 9 verbunden werden.

[0032] Wenn der Verbund mehr als drei Zellen enthält, können alle zwischen den beiden endständigen Zellen in gleicher Weise wie die mittlere Zelle der Fig. 2 je vier Verbindungen eingehen, während die endständigen Zellen nur mit der jeweils einer benachbarten Zelle und mit den entsprechenden Stromschienen verbunden werden können.

[0033] Die Zellen eines Verbrauchers müssen spätestens beim Erreichen ihres Mindest-Spannungsniveau geladen werden, was bei der neuesten Generation von SuperCaps vereinfacht in etwa 2 Volt beträgt.

[0034] Zur Vereinfachung wird hier davon ausgegangen, dass die Zellen einer Ladestation vor einem Ladevorgang voll geladen sind und ihr Spannungsniveau in etwa 4 Volt beträgt.

[0035] Zum Laden der Zellen, deren Anzahl x entspricht (in diesem Beispiel 3), eines Verbrauchers, bzw. einer mobilen Einheit, werden in ihm alle jeweiligen Schalter 14 geschlossen, also auf Verbindung, gestellt, so dass alle Zellen in Serie geschaltet sind. Ausserdem sind der Schalter 16_x (in diesem Beispiel daher der Schalter 16₃) der obersten Zelle und der Schalter 17₁ der untersten Zelle geschlossen, so dass die Enden des in Serie geschalteten Verbunds von Zellen mit der positiven und negativen Stromschiene verbunden sind. In dieser Konfiguration werden die in Serie geschalteten Zellen geladen.

[0036] In der Ladestation werden die Zellen in gleicher Weise geschaltet, mit dem entscheidenden Punkt, dass während jedes Ladeschrittes jeweils nur eine Teilmenge der Zellen eingesetzt wird. Dieser Modus kann auch als Rekonfiguration bezeichnet werden.

[0037] Zu Beginn eines jeden Ladeschrittes werden erstens die mobilen Einheiten wie oben beschrieben geschaltet, während zweitens in der Ladestation die entsprechenden Schalter der jeweils zum Einsatz kommenden Zellen von offen auf geschlossen umgeschaltet, sowie, falls vorhanden, drittens Sicherheitsschalter auf geschlossen umgestellt werden. Es ist grundsätzlich freigestellt, zwischen den Systemeinheiten „Ladestation“ und „Verbraucher“, bzw. jeweils deren Stromschienen, einen zusätzlichen Sicherheitsschalter einzusetzen. Gesetzliche Vorgaben können dies erfordern. Ein solcher Schalter ist in Fig. 3 in der untersten Zeichnung mit der Ziffer 18 gekennzeichnet.

[0038] Zu Ende eines jeden Ladeschrittes werden alle Schalter auf offen und somit sämtliche Zellen auf nicht verbunden geschaltet.

[0039] Wenn erstens keine Verbindung von einer System-Einheit zur Aussenwelt, also u.a. anderen System-Einheiten, Energiequellen oder Verbrauchern besteht und somit möglicherweise vorhandene Sicherheitsschalter auf offen gestellt sind, in einem zweiten Schritt alle Schalter 14 offen (getrennt), sowie in einem dritten Schritt alle Schalter 16, 17 geschlossen (verbunden) sind, sind dadurch alle Zellen innerhalb eines Verbundes einer System-Einheit parallel geschaltet, so dass ein Ladungsausgleich zwischen den Zellen stattfindet, das sog. Balancing. Fig. 5 ist eine schematische Darstellung und ein Beispiel-Schaltbild für dieses sogenannte Balancing. Ist zwischen Ladestation und Verbraucher kein Sicherheitsschalter (siehe Fig. 3) zwischengeschaltet, so ist es niemals und unter keinen Umständen zulässig, beide gleichzeitig in diese Konfiguration, Balancing, zu versetzen.

[0040] In konkreten Anwendungen besteht ein Verbund nicht nur aus drei, sondern einer grösseren Anzahl von Zellen, als mobile Einheit z.B. für einen Fahrzeugantrieb und damit auch für eine entsprechende Ladestation, z.B. auch 40 Zellen und mehr.

[0041] Je nach zu versorgender Anwendung, kann die notwendige Spannung mehrere Dutzend bis mehrere Hundert Volt sein, wofür eine entsprechende Anzahl Zellen zu wählen ist.

[0042] Die beiden Stromschienen dienen zum einen zum Laden und, entsprechend geschaltet, zum Balancing der Einheiten, wie vorstehend ausgeführt. Das Balancing kann jederzeit verlustfrei durchgeführt werden, sofern wie jeweils oben beschrieben erstens eine System-Einheit „abgehängt“ ist und zweitens die voraussichtlich dabei entstehenden Ströme die Spezifikationen sämtlicher betroffener Bauteile einhalten, was anhand der Steuerungslogik zu prognostizieren ist und vom Fachmann anhand der Herstellerdatenblätter einfach nachzuvollziehen ist.

[0043] Durch die beschriebenen Schaltungsmöglichkeiten kann frei wählbar für einen Ladevorgang jeweils nur ein Teil der in einem Verbund einer System-Ladestation befindlichen Zellen als Gruppe zum Einsatz kommen. So kann, wie nachfolgend beschrieben wird, ein Ladevorgang in mehreren Einzelschritten durchgeführt werden, jeweils genau die benötigte Anzahl von Ladestations-Zellen eingesetzt werden, sowie eine weitgehend gleichmässige Nutzung aller Ladestationszellen erreicht werden.

[0044] Wenn eine Energiequelle nicht die zum Laden einer ganzen Einheit benötigte Spannung liefern kann, wird ebenfalls nur eine verminderte Zahl von Zellen eines Verbunds geladen und die Energie durch verlustfreies Balancing zwischen und / oder nach den einzelnen Ladeschritten auf alle Zellen verteilt.

[0045] Die Vorgehensweise eines Ladevorgangs wird anhand eines vereinfachten Anwendungsbeispiels gemäss Fig. 3 illustriert. Eine mobile Einheit wird geladen, welche aus zwei Zellen besteht. Es gibt drei Ladeschritte mit jeweils einer, zwei und im letzten Schritt drei Ladestations-Zellen.

[0046] System-Einheiten, welche vorwiegend als Ladestation eingesetzt werden, bestehen aus weit mehr als nur drei oder sechs Zellen. Für dieses Beispiel wird aber zuerst eine Ladestation mit drei, in einem zweiten Illustrations-Durchlauf (siehe Fig. 4) eine mit sechs Zellen eingesetzt. Wie oben postuliert, weisen Ladestationszellen im Vergleich zu Zellen von mobilen Einheiten ein Vielfaches an Kapazität auf.

[0047] Das in Fig. 3 schematisch dargestellte Anwendungsbeispiel zeigt, wie die oben erwähnte mobile System-Einheit mit einer System-Ladestation geladen werden kann, welche über lediglich drei Zellen verfügt.

[0048] Für den ersten Ladeschritt wird die Zelle 1, für den zweiten werden die Zellen 2 und 3, und für den letzten Ladeschritt werden alle Zellen verwendet. Alternativ könnte auch für den ersten Ladeschritt die Zelle 3, für den zweiten die Zellen 1 und 2, sowie für den letzten alle verwendet werden. Deshalb die Bezeichnung flexible Rekombination. Im mittleren Teil der Fig. 3 ist die jeweilige Verschaltung der Zellen gezeigt. Vor dem ersten Ladeschritt sind alle Zellen des Verbunds voll oder zumindest ausreichend geladen (als Kreis mit der entsprechenden Zellen-Nummer dargestellt). Somit wurden alle Ladestationszellen gleichmässig entladen, bzw. belastet, bzw. gleich oft und weitgehend gleichmässig intensiv eingesetzt.

[0049] Nach diesem dritten Ladeschritt sind alle drei Zellen je zweimal zum Laden eingesetzt worden. Nach den drei erfolgten Ladeschritten haben somit alle Ladestationszellen einen gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Ladezustand, da alle genau zwei Mal teilentladen wurden. Somit wurden sie gleichmässig entladen, bzw. gleich oft und weitgehend gleich intensiv.

[0050] In einem weiteren in Fig. 4 gezeigten Anwendungsbeispiel weist die Ladestation sechs Zellen auf. In Fig. 4 sind oben nebeneinander die drei Ladeschritte der Ladestation dargestellt, wobei für jeden Ladeschritt die Zellen des Verbunds vor dem Laden, zum Laden eingesetzt und nach dem Laden gezeigt sind.

[0051] Im ersten Schritt wird nur die Zelle 1 zum Laden eingesetzt (als Raute dargestellt). Nach dem ersten Ladeschritt hat die Zelle 1 eine Teilentladung erfahren (im Rechteck angegeben), während alle anderen noch voll geladen sind. Alternativ und der Logik des hier beschriebenen Prozesses, Rekombination, folgend, kann als Variante A auch im ersten Schritt die Zelle 6 eingesetzt werden.

[0052] Im zugehörigen Schaltschema für den Ladeschritt ist ersichtlich, dass nur die Zelle 1 mit den beiden Stromschienen verbunden ist.

[0053] Für den zweiten Ladeschritt werden die Zellen 5 und 6 zum Laden eingesetzt und sind, wie im zugehörigen Schalt-schema gezeigt, zu diesem Zweck seriell zu einer Zweiergruppe miteinander verbunden, die ihrerseits mit den beiden Stromschienen verbunden ist. Nach dem zweiten Ladeschritt sind somit die Zellen 1, 5 und 6 je einmal teilweise entladen.

[0054] Alternativ können in Variante A für den zweiten Schritt auch die beiden Zellen 4 und 5, wie auch als Variante B die Zellen 1 und 2 eingesetzt werden. Analog obiger Ausführung sind somit in Variante A die Zellen 4, 5 und 6, bzw. in Variante B 1, 2 und 6 je einmal teilweise entladen worden.

[0055] Für den dritten Ladeschritt werden die Zellen 2-4 eingesetzt. Das zugehörige Schaltschema zeigt, dass die Zellen 2-4 seriell zu einer Gruppe verbunden sind, die ihrerseits mit den Stromschienen verbunden ist.

[0056] Alternativ können für den dritten Schritt in Variante A die Zellen 1, 2 und 3, bzw. in Variante B 3, 4 und 5 eingesetzt werden.

[0057] Nach diesem dritten Ladeschritt sind alle sechs Zellen je einmal zum Laden eingesetzt worden. Nach den drei erfolgten Ladeschritten haben somit alle Ladestationszellen einen gleichen oder zumindest sehr ähnlichen Ladezustand, da alle ein einziges Mal teilentladen wurden. Somit wurden sie gleichmässig entladen, bzw. gleich oft und weitgehend gleich intensiv.

[0058] Als weiteres illustratives Anwendungsbeispiel soll nun ein Ladevorgang beschrieben werden, welcher eine System-Einheit als Ladestation dazu einsetzt, eine andere System-Einheit, welche während des Ladeprozesses die Rolle, bzw. Funktionalität einer mobilen Einheit, ausfüllt, zu laden. Es sind sechs Ladeschritte mit jeweils vier bis neun Ladestations-Zellen erforderlich, während die System-Ladestation über 13 oder mehr Zellen und die System-Einheit „mobiler Verbraucher“ über acht bis an ihren unteren Schwellenwert entladene Zellen verfügt.

[0059] In diesem Beispiel wird von heutzutage (noch) nicht auf dem Markt erhältlichen Superkondensatoren der nächsten Generation ausgegangen, welche einen Einsatzbereich von 2.1 bis 4.4 Volt, sowie Kapazitäten von weit über 200kF aufweisen, und als Vorserien-Muster dem Erfinder zur Verfügung standen für das Entwickeln mehrerer funktionierender „Proof-of-concepts“, sowohl von der System-Ladestation, wie auch von der System-Einheit, welche als mobile Einheit eingesetzt wurde, welche in verschiedenen Versuchsreihen erfolgreich, reproduzierbar und konstant die in diesem Dokument abbilden, bestätigen und verifizieren. Selbstsprechend ging die Erstellung dieser „Proof-of-concepts“ der Verfassung und Einreichung dieser Patentanmeldung voraus, und wurde in verschiedenen Videos festgehalten.

[0060] Das in Fig. 6 schematisch dargestellte Beispiel zeigt sechs Ladeschritte mit 13 Zellen mit denselben Symbolen wie im oberen Teil der Fig. 4. Im ersten Ladeschritt werden die vier Zellen 10-13 eingesetzt, so dass nach dem Ladevorgang die Zellen 10-13 einmal Ladung abgegeben haben, während die Zellen 1-9 noch voll geladen sind. Im zweiten Ladeschritt kommen die Zellen 1-5 zum Einsatz. Nach dem zweiten Ladeschritt haben somit die Zellen 10-13 und 1-5 Ladung abgegeben, während die Zellen 6-9 noch voll sind. Im dritten Ladeschritt kommen die Zellen 8-13 zum Einsatz, so dass nach diesem Schritt die Zellen 10-13 zweimal und die Zellen 1-5 und 8-9 Ladung einmal abgegeben haben, während die Zellen 6-7 noch voll sind. Der vierte Ladeschritt setzt die Zellen 1-7 ein. Danach haben die Zellen 6-9 einmal, die Zellen 1-5 und 10-13 zweimal Ladung abgegeben. Der fünfte Ladeschritt setzt die Zellen 6-13 ein. Nach der Ladung haben die Zellen 10-13 dreimal, die Zellen 1-9 zweimal Ladung abgegeben. Im sechsten Ladeschritt werden die Zellen 1-9 eingesetzt, die danach ebenfalls dreimal Ladung abgegeben haben. Nach den sechs Ladeschritten haben somit wieder alle Zellen einen nahezu gleichen Ladungszustand.

[0061] Für die Steuerung dieser Ladungsschritte und die Gruppierung der Zellen eines Verbunds wurde nachfolgend beschriebener, als Rekombination bezeichneter Prozess, entwickelt und wird folgend in seinen Grundzügen beschrieben.

[0062] Die Steuerung durchläuft folgende Schritte während eines Ladevorgangs:

1. Bestimmen der Ladezustände der Zellen in Ladestation und mobiler Einheit
2. Bestimmen der Ladeschritte
3. Bestimmen des Ladevorgangs, indem der Prozess der Rekombination verwendet wird
4. Ladevorgang durchführen
5. Ladevorgang abschließen

[0063] Im ersten Schritt werden alle Zellen ausgemessen, im zweiten Schritt werden die Anzahl Schritte und die Anzahl Ladestationszellen für jeden einzelnen Schritt berechnet. Im dritten Schritt werden die erhobenen Daten ausgewertet, um den Ablauf des Ladevorgangs zu bestimmen, also den Prozess der Rekombination.

[0064] Der Prozess der Rekombination läuft generell in folgender Weise ab:

- der letzte Ladeschritt bestimmt die erforderliche Mindestmenge, bzw. Mindestlänge der durchgängigen Reihe von Ladestationszellen, über welche die System-Ladestation verfügen muss, ansonsten der Ladevorgang nicht oder nicht vollständig durchgeführt werden kann
- beginnend mit dem ersten Ladeschritt nimmt die Anzahl der benötigten Ladestationszellen jeweils um mindestens eine Zelle zu, welche in einer durchgängigen Reihe auszuwählen sind
- beim ersten Ladeschritt wird, entweder oben oder unten, begonnen, und wird von dort aus beginnend die Anzahl an für diesen Schritt benötigten Zellen ausgewählt
- bei jedem weiteren Ladeschritt wird jeweils abwechselnd „am anderen, gegenüberliegenden Ende“ des vorgängigen Ladeschrittes angesetzt und von dort aus beginnend mit der obersten oder untersten Zelle der ausgewählten Gesamtreihe, bzw. Anzahl (entsprechend dem auf den vorherigen Ladeschritt folgenden), die jeweilige Anzahl an für den jeweiligen Schritt benötigten, zusammenhängenden Zellen ausgewählt
- alternativ kann die Steuerung auch Teilabschnitte frei innerhalb der zur Verfügung stehenden Ladestationszellen wählen, so wie in den ersten beiden Beispielen als Alternativen vorgegangen wurde, was für eine gesamthaft gleichmässige Verwendung aller Ladestationszellen zielführend sein kann, speziell wenn zuvor schon andere Ladeprozesse durchgeführt wurden, welche nicht alle Ladestationszellen in gleicher Weise eingesetzt haben.

[0065] Der Prozess hat die Aufgabe, alle Ladestationszellen weitgehend gleichartig und gleichmässig einzusetzen, d.h. gleich oft und gleich stark. Dadurch wird Balancing in Häufigkeit und Dauer reduziert, auslagerbar in Totzeiten und sogar vermeidbar.

[0066] Seine Anwendung stellt sicher, dass entweder alle Ladestations-Zellen identisch oft entladen werden, oder lediglich eine Minderzahl dieser Zellen eine einzige zusätzliche Entladung erfahren.

[0067] Wie bereits ausgeführt, können beliebige benachbarte Zellen zu Gruppen zusammengefasst werden.

[0068] Wichtig ist dabei für die Rekombination, dass das Bilden von Gruppen von aussen nach innen erfolgt, wie in den Figuren 6-8 schematisch dargestellt. Bei der in Fig. 7 gezeigten Gruppierung bei einer geraden Zahl von Ladeschritten werden alle in den Ladeprozess involvierten Ladestationszellen genau zwei Mal eingesetzt.

[0069] Für eine ungerade Anzahl Ladeschritte ergibt sich in Fig. 8 gezeigte Schema. Es werden zehn Ladestationszellen zwei Mal eingesetzt, fünf davon aber zusätzlich ein weiteres, drittes Mal. Daher wurden fünf Zellen zwei Mal eingesetzt und fünf Zellen drei Mal eingesetzt. Dies stellt insofern einen Spezialfall dar, als hier nicht eine Minderzahl an Zellen eine einzige zusätzliche Entladung erfahren haben, sondern deren Hälfte.

[0070] Bei einer ungeraden Anzahl von Ladeschritten werden diejenigen Ladestations-Entladungseinheiten, welche am Ende eines Gruppierungsvorgangs übrigbleiben, als Überhang bezeichnet. Der Gruppierungsvorgang assoziiert innerhalb der „Gesamt-Batterie“ jeweils zwei Gruppen entgegengesetzter Länge (kleinste und grösste), sowie Örtlichkeit (zuerst „von oben herab“, dann „von unten hinauf“) miteinander. Eine gerade Anzahl von Ladeschritten ergibt eine gerade Anzahl von Gruppen. Werden Paare gebildet, bleibt nichts übrig.

[0071] Das Endresultat ist, dass alle in der Ladestation benötigten Zell-Gruppen, bis auf die mittelste Gruppe, identisch oft entladen werden, und letztere einen davon um lediglich eine einzige Entladung abweichenden Ladezustand aufweist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Laden von Energiespeichern, die aus einem Verbund aus mehreren Energiespeicherzellen bestehen, mittels einer ebenfalls aus einem Verbund aus mehreren Energiespeicherzellen bestehenden Ladestation, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne oder Gruppen von Energiespeicherzellen seriell oder parallel miteinander verbunden werden, dass zwecks gleichmässiger Belastung der Zellen eines Verbunds der Ladevorgang schrittweise erfolgt und dass für jeden Ladeschritt die Zellen des Verbunds unterschiedlich gruppiert werden.
2. Ladeverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass, beginnend mit einer geringen Zahl von Zellen für den ersten Ladeschritt die Zahl der eingesetzten Zellen für jeden folgenden Ladeschritt in der Ladestation gleichmässig erhöht wird.
3. System zum Laden von Energiespeichern, die aus einem Verbund aus mehreren Energiespeicherzellen bestehen, mittels einer ebenfalls aus einem Verbund aus mehreren Energiespeicherzellen mit Plus- und Minuspole bestehenden

den Ladestation, gekennzeichnet durch Schalter, mit denen Gruppen von Zellen innerhalb des Verbunds wahlweise seriell oder parallel miteinander verbunden werden.

4. Ladesystem gemäss Anspruch 3, gekennzeichnet durch eine zentrale Steuerung zur Betätigung der Schalter.

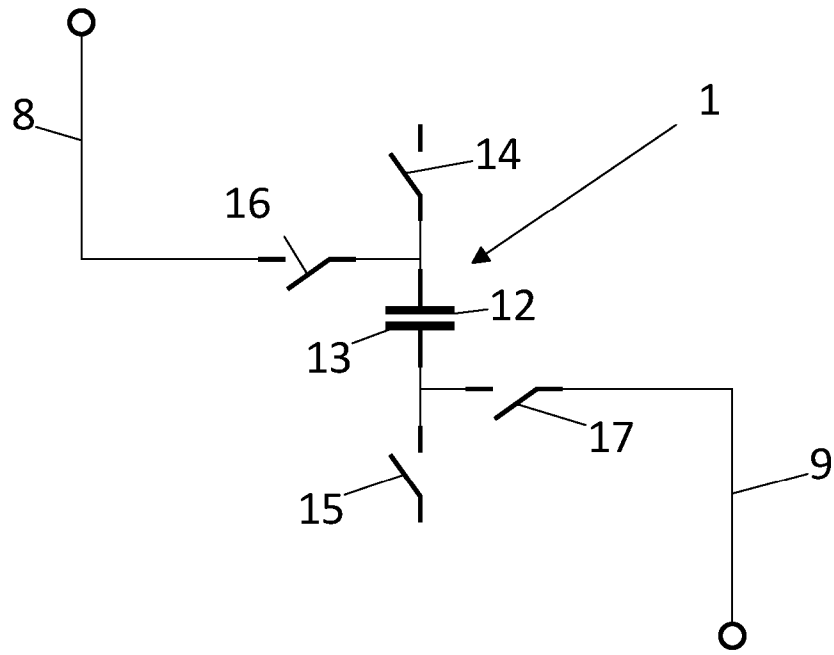


Fig. 1

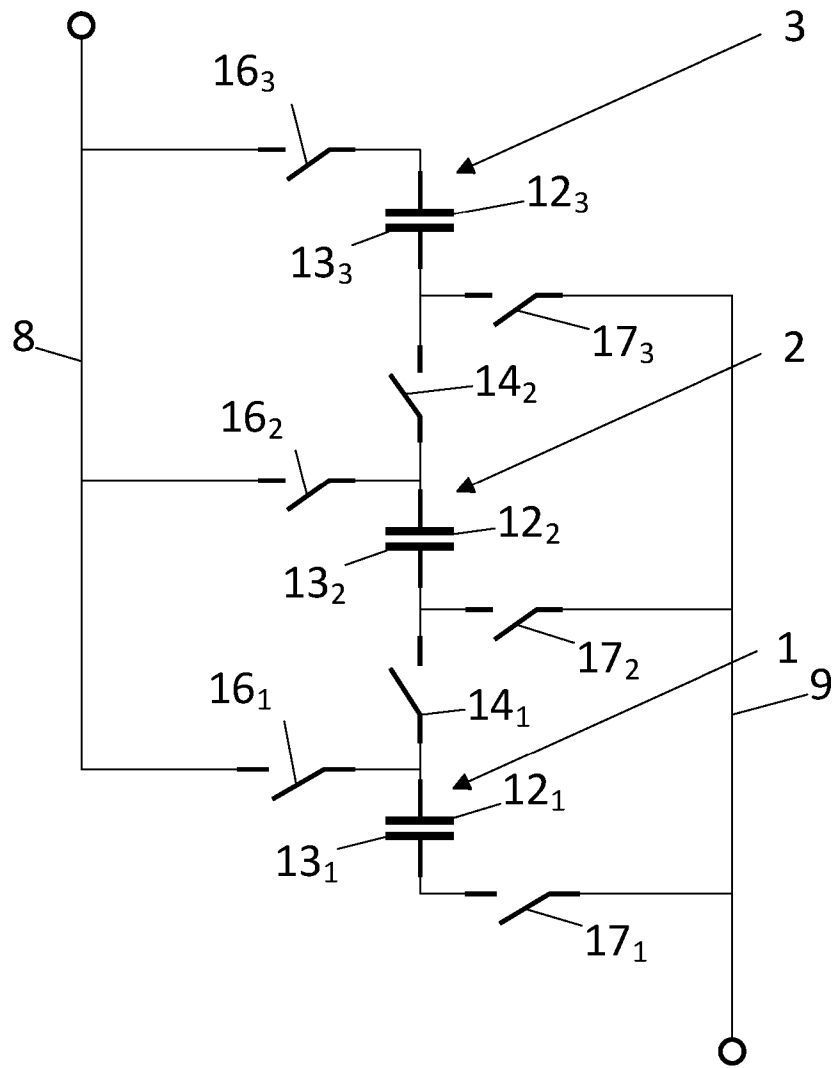


Fig. 2

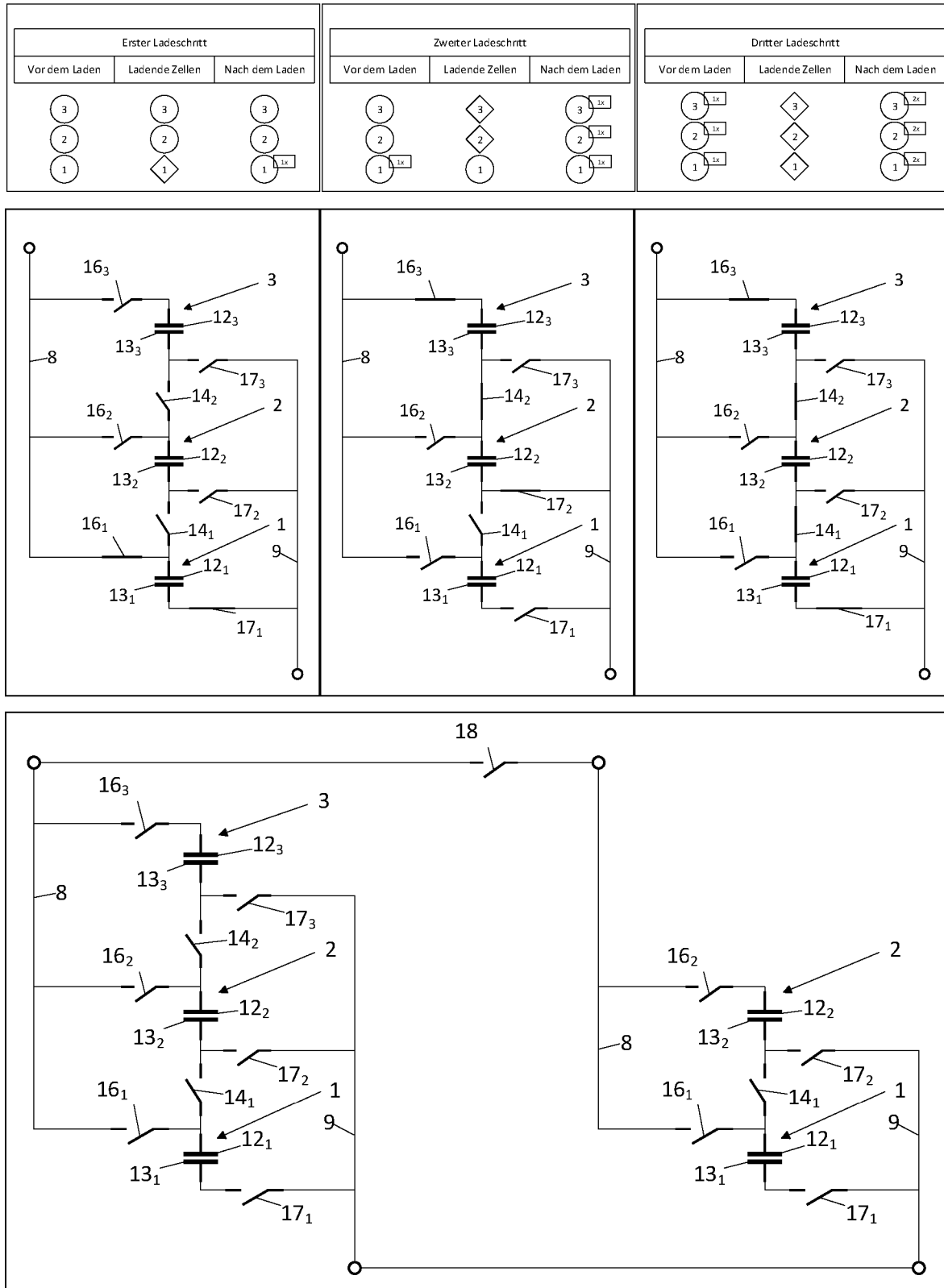


Fig. 3

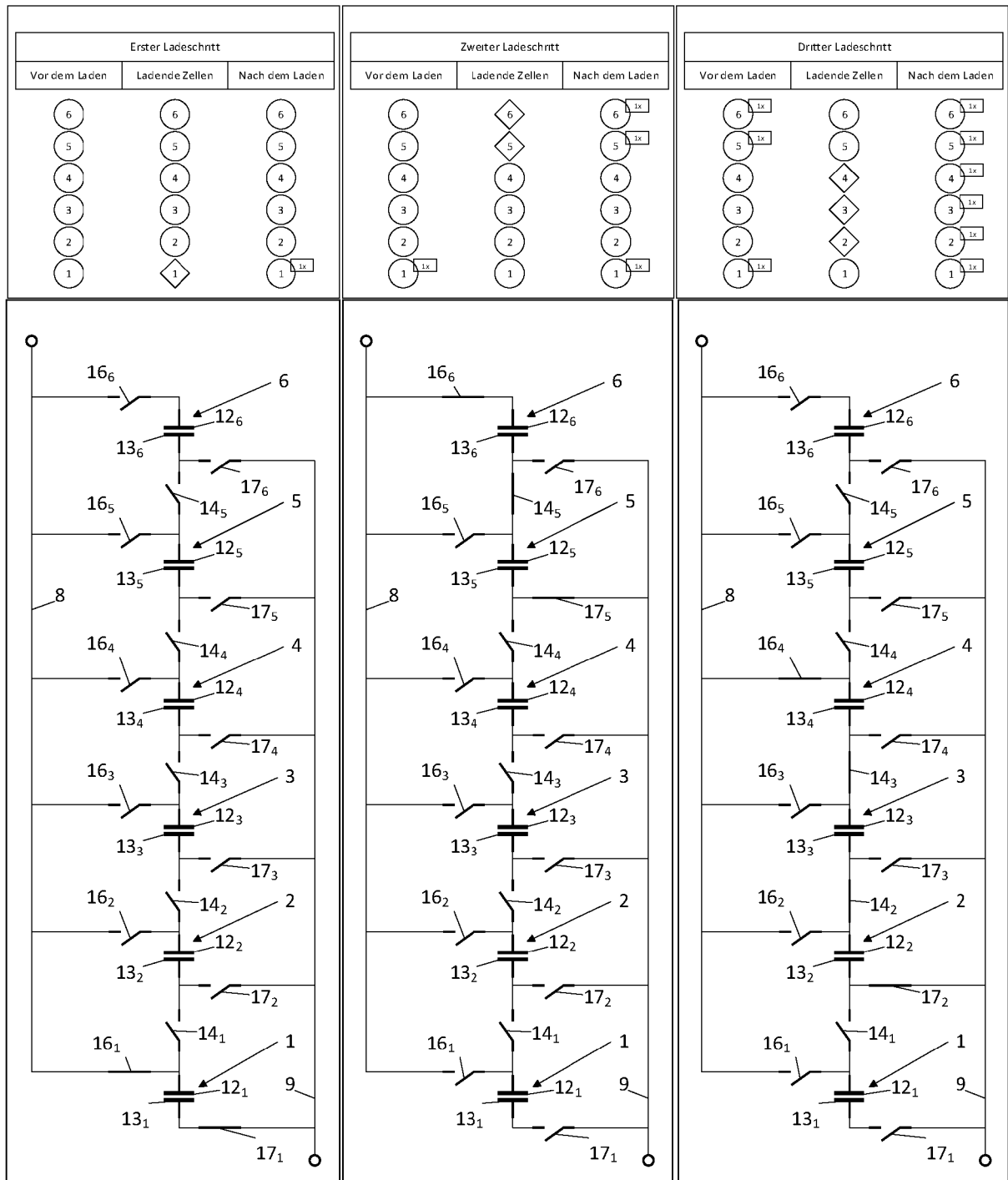


Fig. 4

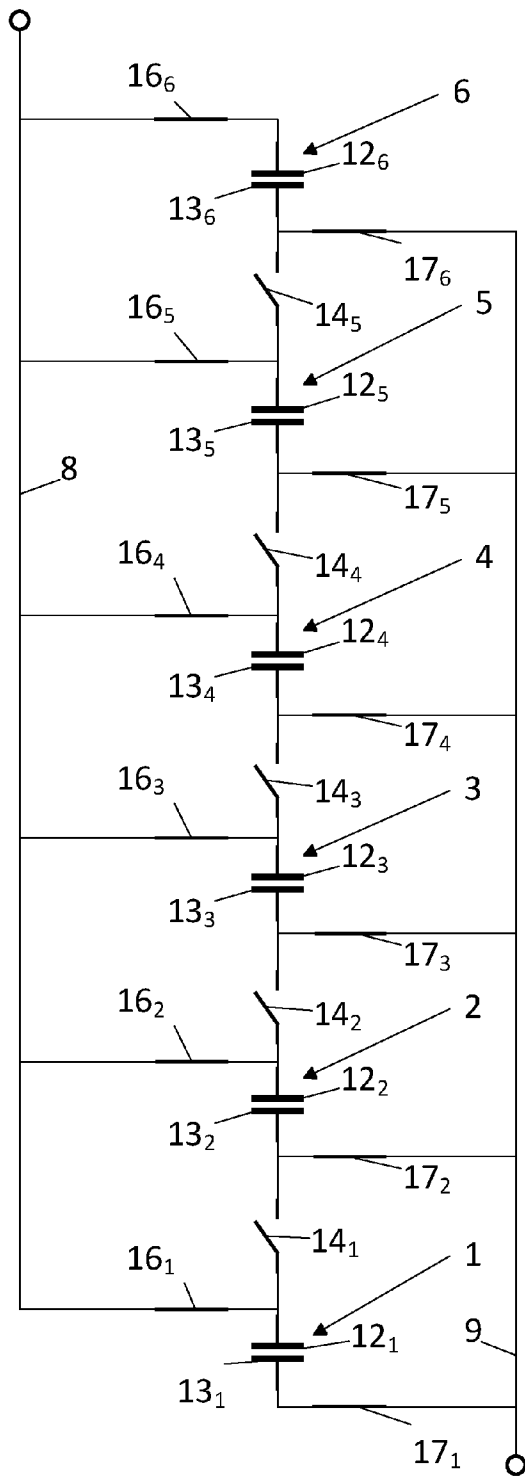


Fig. 5

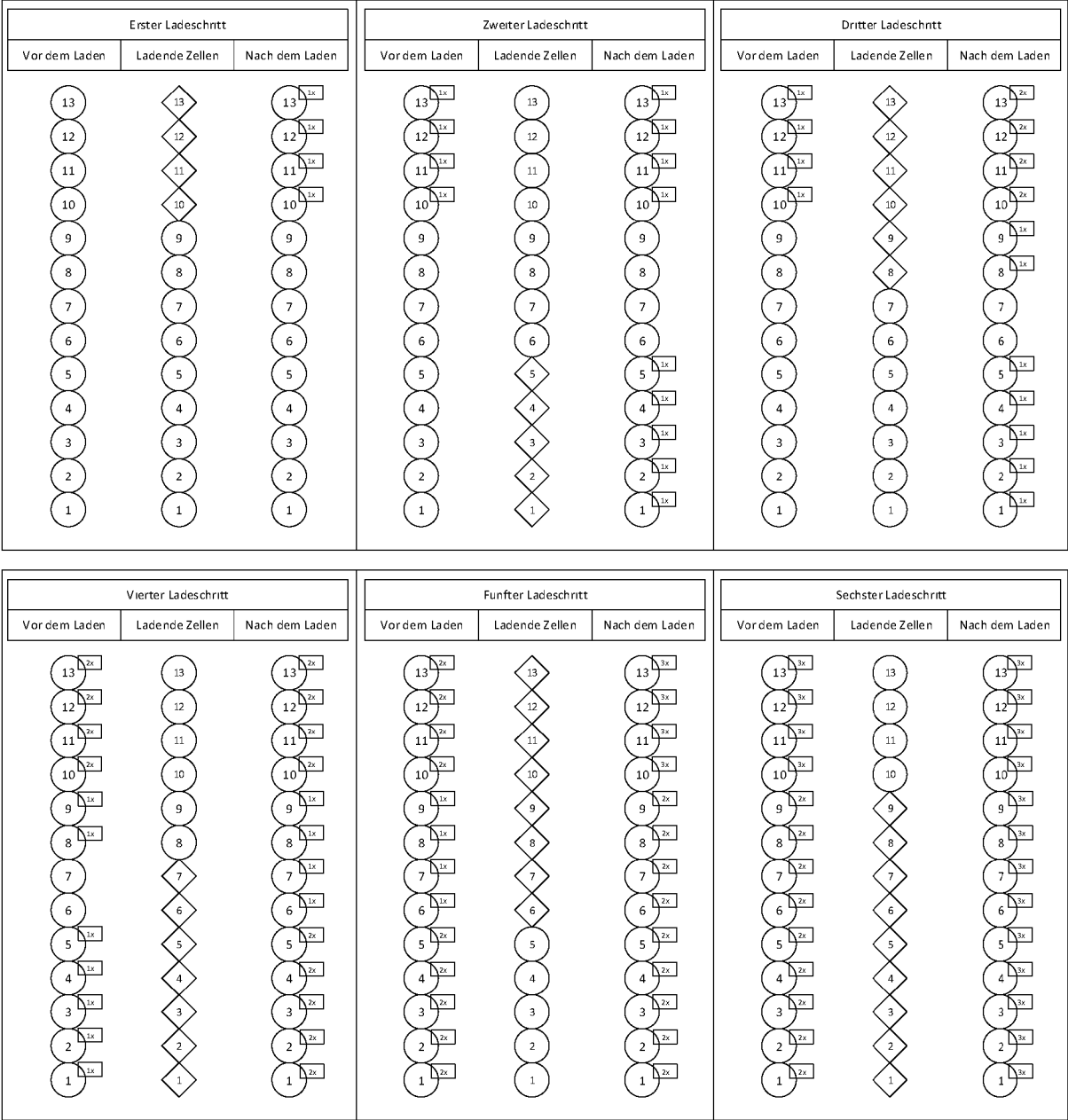


Fig. 6

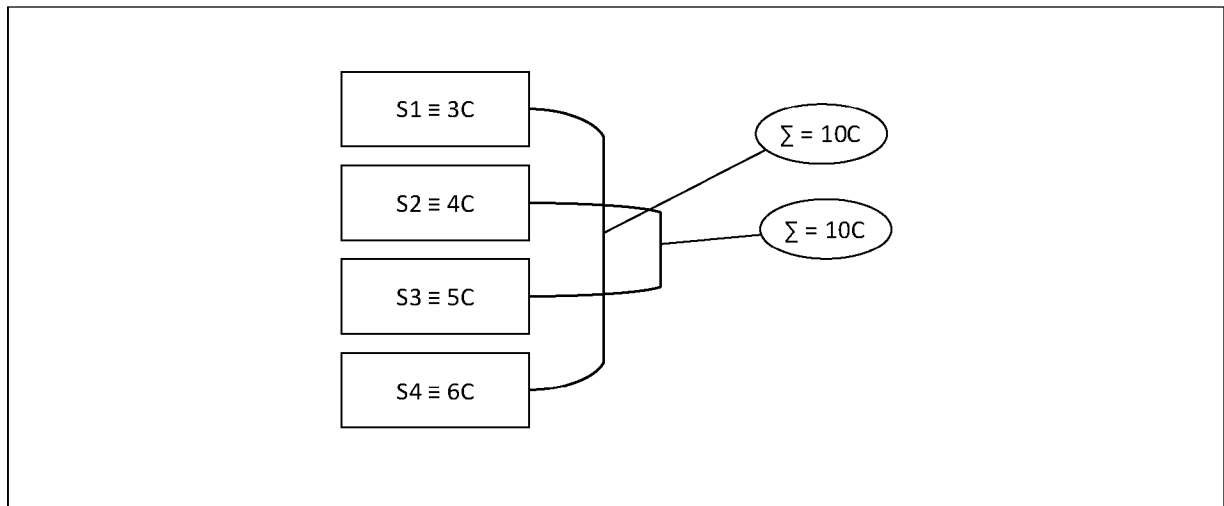


Fig. 7

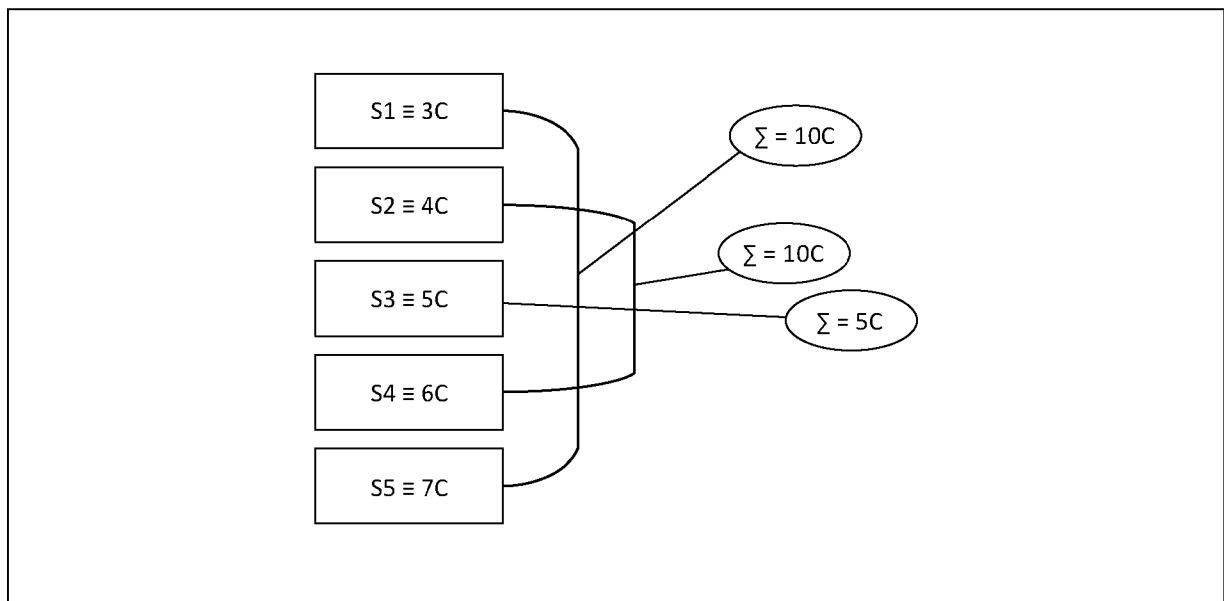


Fig. 8