

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: **A 1016/2007**

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **H01M 8/20** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **02.07.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.11.2008**

(73) Patentinhaber:

CELLSTROM GMBH  
A-7000 EISENSTADT (AT)

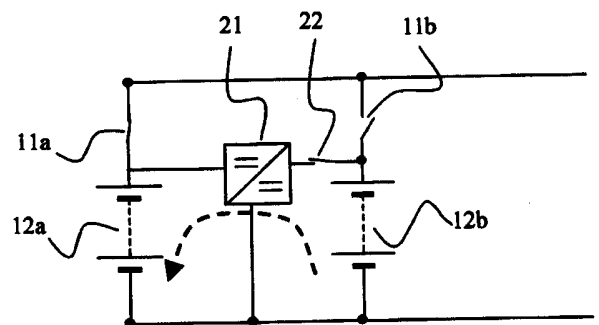
(72) Erfinder:

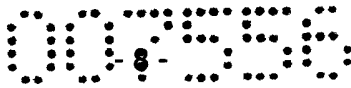
WHITEHEAD ADAM HARDING DR.  
EISENSTADT (AT)  
HARRER MARTIN DIPL.ING.  
WIEN (AT)

(54) **REDOX-DURCHFLUSS-BATTERIE**

(57) Eine Redox-Durchfluß-Batterie, insbesondere Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterie, mit zumindest zwei funktionellen Einheiten, beispielsweise zumindest zwei Stufen mit zumindest einer Batteriekette, oder zumindest zwei Batterieketten (12a, 12b), weist Einrichtung (11a, 11b) zur elektrischen Abkoppelung zumindest einer dieser Einheiten (12a, 12b) auf.

Um bei bestmöglicher Effektivität einen störungs- und funktionssicheren Betrieb eines Energieversorgungssystems auf Basis einer derartigen Redox-Durchfluß-Batterie zu gewährleisten, ist eine Einrichtung (21, 22) zur Verbindung einer abgekoppelten funktionellen Einheit (12a, 12b) mit zumindest einem Speicher für elektrische Energie vorgesehen.



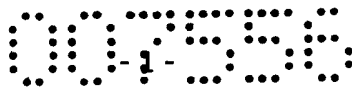


Zusammenfassung:

Eine Redox-Durchfluß-Batterie, insbesondere Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterie, mit zumindest zwei funktionellen Einheiten, beispielsweise zumindest zwei Stufen mit zumindest einer Batteriekette, oder zumindest zwei Batterieketten (12a, 12b), weist Einrichtung (11a, 11b) zur elektrischen Abkopplung zumindest einer dieser Einheiten (12a, 12b) auf.

Um bei bestmöglicher Effektivität einen störungs- und funktionssicheren Betrieb eines Energieversorgungssystems auf Basis einer derartigen Redox-Durchfluß-Batterie zu gewährleisten, ist eine Einrichtung (21, 22) zur Verbindung einer abgekoppelten funktionellen Einheit (12a, 12b) mit zumindest einem Speicher für elektrische Energie vorgesehen.

(Fig. 2)

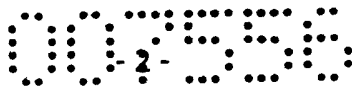


Die Erfindung betrifft eine Redox-Durchfluß-Batterie, insbesondere Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterie, umfassend zumindest zwei funktionelle Einheiten, beispielsweise zumindest zwei Stufen mit zumindest einer Batteriekette, oder zumindest zwei Batterieketten, wobei zumindest eine Einheit mit einer Einrichtung zur elektrischen Abkopplung versehen ist, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Redox-Durchfluß-Batterie, bei welcher nicht benötigte funktionelle Einheiten stillgelegt werden.

Bei Redox-Durchfluß-Batterien ist die Selbstentladung im Stack aufgrund von Transportphänomenen und Shuntströmen relativ hoch. Zur Reduzierung der Selbstentladung und damit zur Steigerung der Effizienz wurden mehrstufige Systeme realisiert. Hierbei werden nicht benötigte Stacks „stillgelegt“, d.h. nicht mehr mit Elektrolyt durchströmt und elektrisch entkoppelt. Nach dem Stoppen der Durchströmung wird die im Stack verbleibende Ladung aufgrund von Selbstentladung in Wärme umgewandelt. Problematisch hierbei ist nicht nur der Energieverlust sondern auch der Temperaturanstieg des Elektrolyten.

In der JP 2003086228 A1 ist beschrieben, daß auch bei oberhalb der Tanks angeordneten Stacks trotz Beendigung des Pumpens des Elektrolyten nicht die gesamte Menge an Elektrolyt aus den Stacks fließt. Der in den Stacks verbleibende Anteil an Elektrolyt, ob in aufgeladenem oder teilweise aufgeladenem Zustand, würde sich unter Wärmeentwicklung selbst entladen. Um dieses Problem zu lösen, wird vorgeschlagen die Stacks mit Rest-Elektrolyt über einen Inverter in einen externen Kreis zu entladen, wozu aber eine im wesentlichen konstante Last gegeben sein muß. Dann könnten die Tanks auch unterhalb des Elektrolytniveaus in den Stacks angeordnet sein, so daß die Pumpleistung verringert werden kann. Beim Aufladen der Stacks wird das Umwälzen des Elektrolyten erst begonnen, wenn das Ladungsniveau des Elektrolyten im Stack jenes des Elektrolyten im Tank erreicht hat. Dabei bleibt jedoch ein Sub-Stack immer aktiv mit Elektrolyt versorgt, selbst wenn die Durchströmung in anderen Stacks gestoppt ist, um unmittelbaren Elektrizitätsbedarf abdecken zu können. Da jedoch einige Minuten zum Auffüllen eines entladenen Stacks benötigt werden, kann damit ein rasch anwachsender Bedarf nicht – oder nur mit einer Vielzahl von aktiv gehaltenen Stacks – abgedeckt werden.

Die gezielte Entladung von nicht durchströmten Stacks zur Verhinderung von Selbstentladung unter Wärmeentwicklung ist auch in der JP 2006313691 A1 geoffenbart. Dabei wird bei gestoppter Durchströmung eine Stillstands-Last – zum reinen Abbau der elektrischen Energie – elektrisch angekoppelt, um einen übermäßigen Temperaturanstieg zu vermeiden, ohne jedoch die Effektivität der Anordnung im Auge zu behalten.



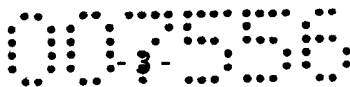
Eine Bleibatterie parallel zu einer Durchfluß-Batterie wird gemäß der JP 61218076 B vorgeschlagen, um für kurzzeitige Variationen des Elektrizitätsbedarfs mit der Bleibatterie einen Puffer zu schaffen, während die Durchfluß-Batterie die längerdauernde Versorgung übernimmt. In ähnlicher Weise wird in der US 4 797 566 B beschrieben, daß die Durchfluß-Batterien eine „equalisation“ Spannung für die Bleibatterien als auch zusätzliche Speicherkapazität des gesamten Systems bieten. Es wird auch beschrieben, daß die Durchfluß-Batterie – oder ein Stack davon – als Abschlußzelle für die Bleibatterie, d.h. in Serie, verwendet werden kann.

Es war daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein System anzugeben, bei welchem mit bestmöglicher Effektivität ein störungs- und funktionssicherer Betrieb eines Energieversorgungssystems auf Basis einer Redox-Durchfluß-Batterie gewährleistet ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist die eingangs beschriebene Batterie erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zur Verbindung einer abgekoppelten funktionellen Einheit mit zumindest einem Speicher für elektrische Energie vorgesehen ist. Damit können stillgelegte Stacks, Batterieketten mit mehreren Stacks oder ganze Stufen mehrstufig aufgebauter Systeme gezielt entladen werden. Mit Hilfe eines DC/DC Wandlers kann diese Energie dazu genutzt werden, eine parallele Batterie oder noch aktive Teilsysteme der Durchfluß-Batterie zu laden. Damit kann die Selbstentladung bei dynamischen Verbraucher- bzw. Ladeprofil minimiert und die Gefahr einer irreversiblen Niederschlagsbildung in der Zelle deutlich verringert werden. Dazu muß die Energie nicht durch einen über einen Inverter angeschlossenen externen Kreis verbraucht werden, sondern kann in der Durchfluß-Batterie selbst oder zusätzlichen Energiespeichern für die Abgabe bei entsprechendem, auch rasch und stark fluktuierendem Bedarf gespeichert werden. Die rasch benötigte Energie kann sofort zur Verfügung gestellt werden, unabhängig von der für das Wiederaufladen der stillgelegten Teile der Durchfluß-Batterie benötigten Zeit. Die zeitweise nicht benötigte Energie wird nicht wie in herkömmlichen Systemen über eine Widerstands-Last gezielt vernichtet, sondern bei erhöhter Energieeffizienz des Gesamtsystems bei Anforderung durch die bzw. das Netz zur Verfügung gestellt.

Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung ist eine komplette Stufe mit zumindest einem Speicher verbindbar.

Natürlich kann aber auch eine Batteriekette, allenfalls auch innerhalb einer Stufe, mit zumindest einem Speicher verbindbar sein.



Mehrere Batterieketten der gleichen Stufe sind vorteilhafterweise mit separaten, jedoch gleichsinnig schaltenden Einheiten versehen.

Ein vorteilhafte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Redox-Durchfluß-Batterie ist dadurch gekennzeichnet, daß als Speicher eine noch aktive funktionelle Einheit verwendet wird.

Eine andere Ausführungsform sieht dagegen vor, daß als Speicher Akkumulatoren und/oder Superkondensatoren, allenfalls in Kombination mit einer noch aktiven funktionellen Einheit verwendet werden. Ultrakondensatoren, Superkondensatoren oder Batterien sind sichere und erprobte Mittel zur Überbrückung von kurzzeitigem Energiebedarf oder während des Umschaltens von einer Langzeit-Energieversorgung zur anderen (z.B. von einer Versorgung durch das Stromnetz auf einen Dieseldgenerator).

Bei Verwendung von Bleibatterien zur Speicherung der bei Entladung von Stacks der Durchfluß-Batterie freiwerdenden Energie könnte den Elektrizitätsbedarf abdecken, bis stillgelegte Stacks wieder mit frischem Elektrolyt versorgt sind und Strom liefern können. Das sind typischerweise eine bis mehrere Minuten. Die Selbstentladung von Bleibatterien liegt dabei bei ca. 0,3 bis 0,4% der Selbstentladung von Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterie-Stacks.

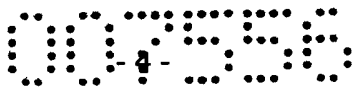
Vorteilhafterweise ist vorgesehen, daß die Einrichtung einen DC/DC-Wandler aufweist.

Für die Umschaltung von aktivem Betrieb auf Verbindung mit dem zumindest einen Speicher kann gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ein Relais vorgesehen sein.

Von Seiten des eingangs beschriebenen Verfahrens ist zur Lösung der gestellten Aufgabe erfindungsgemäß vorgesehen, daß stillgelegte funktionelle Einheiten mit zumindest einem Speicher für elektrische Energie verbunden werden und dieser Speicher durch die stillgelegten Einheiten geladen wird.

Dabei wird bei Stilllegung einer funktionellen Einheit vorteilhafterweise automatisch eine Verbindung mit zumindest einem Speicher hergestellt, vorzugsweise über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß der Speicher zumindest bei momentanem, die Kapazität der Redox-Durchfluß-Batterie übersteigendem Energiebedarf automatisch an die Last geschaltet wird.



Alternativ dazu kann aber auch vorgesehen sein, daß über eine Diode dauerhaft eine Verbindung des Speichers mit der Last aufrecht erhalten wird.

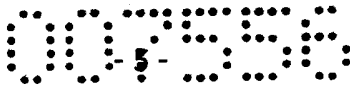
In der nachfolgenden Beschreibung soll die Erfindung anhand der beigefügten Abbildungen näher erläutert werden.

Dabei zeigt die Fig. 1 ein elektrisches Schaltbild einer herkömmlichen Redox-Durchfluß-Batterie mit einer aktiven und einer inaktiven Batteriekette, Fig. 2 ist eine gleichartige Darstellung einer erfindungsgemäßen Batterie mit ebenfalls einer aktiven und einer inaktiven Batteriekette, und Fig. 3 ist die Batterie der Fig. 2, bei welcher beide Batterieketten aktiv sind.

Die Fig. 1 zeigt eine Durchfluß-Batterie, beispielsweise eine Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterie, mit zwei Batterieketten 12a und 12b. Jede dieser Ketten besteht im dargestellten Beispiel aus zwei Stacks. Prinzipiell kann die gegenständliche Erfindung angewendet werden, sobald zumindest zwei parallele funktionelle Einheiten vorhanden sind, beispielsweise zumindest zwei parallele Stacks, zumindest zwei parallele Batterieketten aus mehreren Stacks, oder auch zumindest zwei Stufen, die jeweils wieder aus zumindest zwei Batterieketten oder Stacks bestehen. Jede Batteriekette 12a bzw. 12b kann über eine Schalteinrichtung 11a bzw. 11b von der Last abgekoppelt werden, wie das für die Batteriekette 12b durch den offenen Schalter 11b dargestellt ist. Die jeweils nicht benötigten Stacks werden vorzugsweise „stillgelegt“, d.h. nicht mehr durch den Elektrolyt durchströmt. Die Schalteinrichtungen können vorzugsweise durch Relais realisiert sein.

Zumindest eine der parallelen funktionellen Einheiten, hier beim Beispiel der Fig. 2 die Batteriekette 12b, ist nun mit einer Einrichtung 21, 22 zur Verbindung dieser funktionellen Einheit mit der parallelen Batteriekette 12a versehen, die in diesem Fall als Speicher für elektrische Energie aus der Batteriekette 12b wirkt. Die fallweise Verbindung der beiden parallelen funktionellen Einheiten 12a und 12b der Durchfluß-Batterie der Fig. 2 erfolgt über einen DC/DC-Wandler 21 und einen Schalter bzw. ein Relais 22. Bei Stilllegung einer funktionellen Einheit wird die Verbindung mit zumindest einem Speicher vorteilhafterweise automatisch hergestellt, vorzugsweise über einen PLC.

Bei wieder erhöhtem Bedarf an elektrischer Energie wird zuerst die bislang inaktive Batteriekette 12b mit geladenem, frischem Elektrolyt befüllt und bei entsprechend hohem Spannungsniveau durch Öffnen des Schalters 22 und Schließen des Schalters 11b wieder an die Last gekoppelt, wie dies in Fig. 3 schematisch dargestellt ist.



Um die Stromstärke für die Schalteinrichtungen 11a, 11b bzw. 22 zu begrenzen, können die Schalteinrichtungen für gleichsinnig zu schaltende funktionelle Einheiten auf deren Untereinheiten aufgeteilt werden. Typischerweise sind die Stromstärken von Batterieketten von Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterien in der Größenordnung von 50 bis 500 A, während die Spannung zwischen etwa 20 und 200 V liegt. Um beispielsweise ein komplette Stufe eines mehrstufigen Systems auf einen Speicher für elektrische Energie zu schalten, wird eine Schalteinrichtung für jede Batteriekette dieser Stufe vorgesehen und werden alle Schalteinrichtungen aller Batterieketten gemeinsam und gleichsinnig geschaltet.

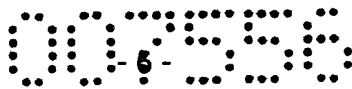
Bei einem 3-stufigen 10 kW System wird beim Ausschalten der Pumpen für die 2 bzw. 3. Stufe über ein parallel angesteuertes Relais ein DC/DC-Wandler zugeschaltet. Dieser wandelt eine Eingangsspannung von 36-72 Volt zu einer Ausgangsspannung von 58 Volt und lädt die 1. Stufe des mehrstufigen Systems. Bei Einschalten der Pumpen wird diese Verbindung wieder über das Relais getrennt. So lässt sich beispielsweise beim Wegschalten von 8 Modulen und einem Ladegrad von 80% etwa 1 kWh Energie sparen.

Anstelle die Energie der stillgelegten Batteriekette 12b in die noch aktive, parallele Batteriekette 12a einzuspeisen, könnte als Speicher auch eine Anordnung von Akkumulatoren und/oder Superkondensatoren, allenfalls in Kombination mit einer noch aktiven funktionellen Einheit zum Einsatz kommen. Die beispielsweise in Bleibatterien gespeicherte Energie könnte den Bedarf während des Hochstartens bislang stillgelegter funktioneller Einheiten abdecken, bis frischer Elektrolyt in diese Stacks gebracht ist, was üblicherweise ca. ein bis zwei Minuten dauert. Bei typischen Selbstentladungsraten von 0,1 bis 0,32% d-1 im Bereich zwischen 20 und 40°C wären für das Abpuffern von 8 Vanadium-Durchfluß-Batterie-Stacks mit jeweils 1 kW und ausgelegt für Maximalwerte von 60 V und 100 A für eine Zeit von zwei Minuten vier 65 Ah Batterien erforderlich.

Da die Selbstentladung der verwendeten 12 V Bleibatterien mit 65 Ah bei etwa 0,1 – 0,5 W im Vergleich zu den 30 - 120 W der Module der Durchfluß-Batterie liegt, kann der Verlust durch Selbstentladung auf 0,3 – 0,4% gesenkt werden.

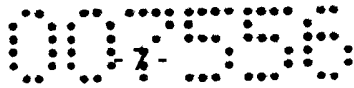
Vorzugsweise wird der vorgesehene Speicher zumindest bei momentanem, die Kapazität der Durchfluß-Batterie übersteigendem Energiebedarf auch wieder automatisch an die Last geschaltet. Alternativ könnte er aber auch über eine Diode dauerhaft mit der Last verbunden sein.

Patentansprüche:



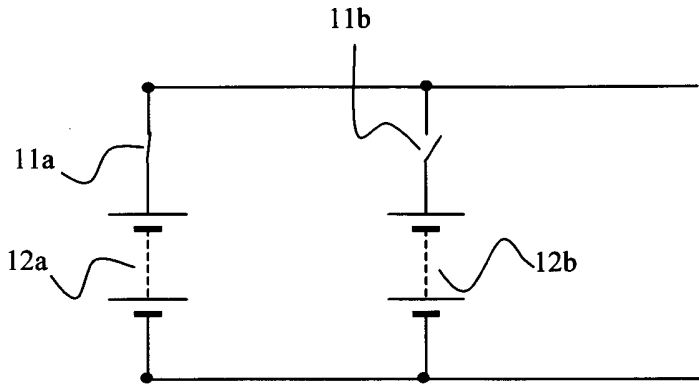
#### Patentansprüche:

1. Redox-Durchfluß-Batterie, insbesondere Vanadium-Redox-Durchfluß-Batterie, umfassend zumindest zwei funktionelle Einheiten, beispielsweise zumindest zwei Stufen mit zumindest einer Batteriekette, oder zumindest zwei Batterieketten (12a, 12b), wobei zumindest eine Einheit (12a, 12b) mit einer Einrichtung (11a, 11b) zur elektrischen Abkopplung versehen ist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (21, 22) zur Verbindung einer abgekoppelten funktionellen Einheit (12a, 12b) mit zumindest einem Speicher für elektrische Energie vorgesehen ist.
2. Redox-Durchfluß-Batterie nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine komplette Stufe mit zumindest einem Speicher verbindbar ist.
3. Redox-Durchfluß-Batterie nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Batteriekette, allenfalls auch innerhalb einer Stufe, mit zumindest einem Speicher verbindbar ist.
4. Redox-Durchfluß-Batterie nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Batterieketten der gleichen Stufe mit separaten, jedoch gleichsinnig schaltenden Einheiten versehen sind.
5. Redox-Durchfluß-Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Speicher eine noch aktive funktionelle Einheit (12a, 12b) verwendet wird.
6. Redox-Durchfluß-Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Speicher Akkumulatoren und/oder Superkondensatoren, allenfalls in Kombination mit einer noch aktiven funktionellen Einheit verwendet werden.
7. Redox-Durchfluß-Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung einen DC/DC-Wandler (21) aufweist.
8. Redox-Durchfluß-Batterie nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung ein Relais zum Umschaltung von aktiven Betrieb auf Verbindung mit dem zumindest einen Speicher aufweist.

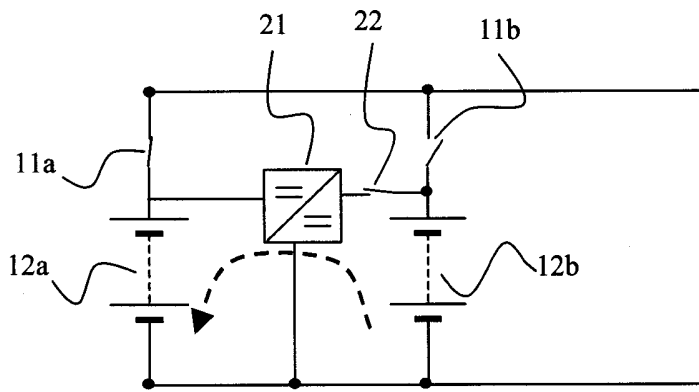


9. Verfahren zum Betreiben einer Redox-Durchfluß-Batterie gemäß Anspruch 1, bei welcher nicht benötigte funktionelle Einheiten stillgelegt werden, dadurch gekennzeichnet, daß stillgelegte funktionelle Einheiten mit zumindest einem Speicher für elektrische Energie verbunden werden und dieser Speicher durch die stillgelegten Einheiten geladen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß bei Stilllegung einer funktionellen Einheit automatisch eine Verbindung mit zumindest einem Speicher hergestellt wird, vorzugsweise über eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Speicher zumindest bei momentanem, die Kapazität der Redox-Durchfluß-Batterie übersteigendem Energiebedarf automatisch an die Last geschaltet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß über eine Diode dauerhaft eine Verbindung des Speichers mit der Last aufrecht erhalten wird.

**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**

