



(10) **DE 10 2015 001 069 A1** 2016.08.04

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 001 069.7**

(22) Anmeldetag: **29.01.2015**

(43) Offenlegungstag: **04.08.2016**

(51) Int Cl.: **H01M 10/44** (2006.01)
H02J 7/00 (2006.01)

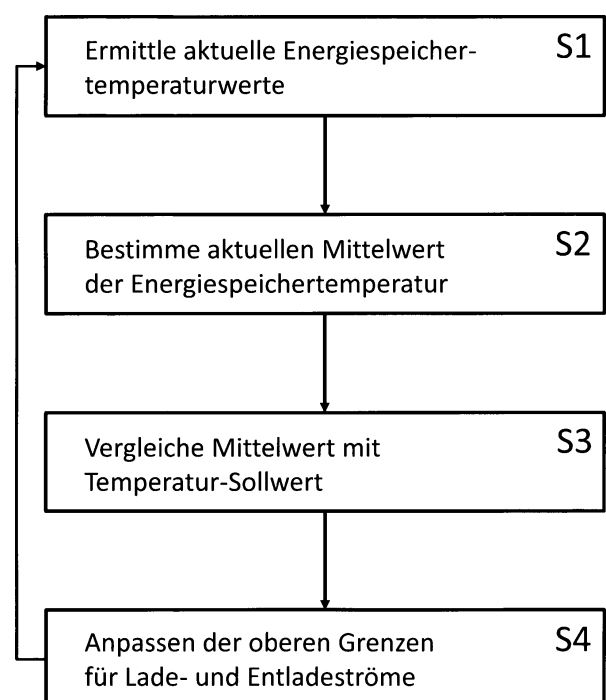
(71) Anmelder:
MAN Truck & Bus AG, 80995 München, DE

(72) Erfinder:
Kratzer, Sebastian, 80997 München, DE; Büschel, Susanne, Dr., 80809 München, DE; Müller, Bernd, 81375 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines Energiespeichers für elektrische Energie**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines Energiespeichers für elektrische Energie. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt eine Anpassung eines maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers in Abhängigkeit von einer Temperatur des Energiespeichers, wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: Ermitteln mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Energiespeichertemperaturwerte während eines aktuellen Zeitintervalls (S1); Bestimmen eines aktuellen Mittelwerts der Energiespeichertemperatur während des aktuellen Zeitintervalls aus den ermittelten Energiespeichertemperaturwerten (S2); Vergleichen des bestimmten aktuellen Mittelwerts mit einem vorbestimmten Temperatur-Sollwert (S3); und Einschränken des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers, wenn der bestimmte aktuelle Mittelwert größer als der Temperatur-Sollwert ist (S4).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines Energiespeichers für elektrische Energie.

[0002] Aus dem Stand der Technik bekannte Hochvoltbatterien von Mildhybrid-, Hybrid- oder Elektrofahrzeugen, auch Batteriepacks genannt, bestehen aus vielen in Reihe und/oder parallel geschalteten Einzelzellen, z. B. Lithium-Ionen-Zellen. Es ist bekannt, dass die Temperatur der Zellen sowohl im Betrieb als auch während des Fahrzeugstillstandes die Lebensdauer der Hochvoltbatterie beeinflusst, wobei insbesondere zu hohe Temperaturen abträglich für die Lebensdauer sind.

[0003] Zur Begrenzung der temperaturbedingten Alterung ist es aus dem Stand der Technik, beispielsweise der DE 10 2007 063 178 A1, DE 10 2007 010 751 A1 oder WO 2010/121831 A1, bekannt, dass derartige Hochvolt-Batterien mittels eines Kühlsystems und fluiddurchströmten Kühlplatten temperiert werden, um eine entstehende Verlustwärme abzuführen, damit der zulässige Betriebsbereich für die Temperatur des elektrischen Energiespeichers nicht verletzt wird.

[0004] Aus der Praxis ist zur Begrenzung der thermischen Belastung des Energiespeichers ferner bekannt, einen maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestrom des Energiespeichers vorzugeben, d. h. eine obere Grenze des zulässigen Stroms festzulegen, mit welchem der Energiespeicher für eine Dauer eines vorgegebenen Zeitintervalls geladen werden kann oder welcher dem Energiespeicher für die Dauer eines vorgegebenen Zeitintervalls entnommen werden kann, um feste Temperaturgrenzwerte nicht zu überschreiten. Derartige Grenzwerte können im Hinblick auf eine gewünschte Lebensdauer des Energiespeichers aus- bzw. festgelegt werden. Nachteilig hieran ist jedoch, dass die Vorgabe solch fixer Temperaturgrenzwerte für den Lade- und/oder Entladestrom des Energiespeichers mit einer verringerten Leistungsfähigkeit und Flexibilität in Bezug auf die Bedienung kurzfristig hoher Leistungsanforderungen einhergeht.

[0005] Es ist somit eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Betriebsverfahren für einen Energiespeicher für elektrische Energie bereitzustellen, mit dem Nachteile herkömmlicher Betriebsverfahren vermieden werden können. Die Aufgabe der Erfindung ist es insbesondere, ein Verfahren zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines solchen Energiespeichers bereitzustellen, mit dem ein dauerhaftes Überschreiten der thermischen Betriebsgrenzen verhindert und gleichzeitig flexibel auf fahrzeugseitige Leistungsanforderungen reagiert werden kann. Eine

weitere Aufgabe ist es, eine Vorrichtung zur temperaturabhängigen Strombegrenzung des Energiespeichers bereitzustellen, mit der Nachteile herkömmlicher Vorrichtungen vermieden werden können.

[0006] Diese Aufgaben werden durch Vorrichtungen und Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Anwendungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden in der folgenden Beschreibung unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

[0007] Gemäß einem ersten Gesichtspunkt der Erfindung werden die genannten Aufgaben durch ein Verfahren zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines Energiespeichers für elektrische Energie gelöst. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt eine Anpassung eines maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers in Abhängigkeit von einer Temperatur des Energiespeichers, wobei die folgenden Schritte ausgeführt werden: Ermitteln mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Energiespeichertemperaturwerte während eines aktuellen Zeitintervalls, d. h. die Energiespeichertemperaturwerte werden an unterschiedlichen, aufeinanderfolgenden Zeitpunkten im jeweils aktuellen Zeitintervall gemessen; Bestimmen eines aktuellen Mittelwerts der Energiespeichertemperatur während des aktuellen Zeitintervalls aus den ermittelten Energiespeichertemperaturwerten; Vergleichen des bestimmten aktuellen Mittelwerts mit einem vorbestimmten Temperatur-Sollwert; und Einschränken des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers, wenn der bestimmte aktuelle Mittelwert größer als der Temperatur-Sollwert ist.

[0008] Die Erfindung umfasst also die allgemeine technische Lehre, die oberen Grenzen für die Lade- und/oder Entladeströme in Abhängigkeit von einer Abweichung bzw. Differenz eines Mittelwerts der Energiespeichertemperatur von einem vorgegebenen Sollwert zu bestimmen. Die temperaturabhängige Anpassung der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme bietet im Vergleich zu starren Grenzwerten die Möglichkeit, die maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme breiter auszulegen und nur bei Bedarf, d. h. falls die mittlere Energiespeichertemperatur einen kritischen Temperaturschwellenwert überschreitet, temporär einzuschränken. Erfindungsgemäß wird dabei nicht nur ein einzelner momentan gemessener Temperaturwert des Energiespeichers mit dem kritischen Temperaturschwellenwert verglichen, sondern ein Temperaturmittelwert des Energiespeichers, der den vorangegangenen Temperaturverlauf im Energiespeicher über ein definiertes Zeitintervall abbildet. Dies bietet den Vorzug, dass kurzzeitig höhere Temperaturen im Energiespeicher zulässig sind, die die Lebensdauer be-

kanntermaßen stärker absenken, wenn zu einem anderen Zeitpunkt niedrigere Temperaturen im Energiespeicher vorlagen. Dadurch können die zulässigen Stromgrenzen breiter ausgelegt und die Leistungsfähigkeit des Energiespeichers erhöht werden, ohne eine im Vergleich zum Stand der Technik beschleunigte Alterung in Kauf nehmen zu müssen.

[0009] Der Begriff „Energiespeicher für elektrische Energie“, nachfolgend auch kurz als Energiespeicher bezeichnet, umfasst insbesondere Traktionsbatterien bzw. Hochvoltbatterien für Mildhybrid-, Hybrid- oder Elektrofahrzeuge. Unter einer Traktionsbatterie bzw. einer Hochvoltbatterie wird eine Batterie bzw. ein Batteriepack aus vorzugsweise Li-Ionen-Zellen zur Bereitstellung von elektrischer Energie für einen reinen elektromotorischen Antrieb oder zumindest einen elektromotorisch unterstützen Antrieb eines als Mildhybrid-, Hybrid- oder Elektrofahrzeug ausgeführten Kraftfahrzeugs verstanden.

[0010] Der Begriff „Lebensdauer“ bezeichnet die Zeit von der ersten Inbetriebnahme des Energiespeichers, bei der dieser einen Alterungszustand (engl. State of Health, SoH) von 100% und somit seine volle Leistungsfähigkeit aufweist, bis zum Erreichen eines Endalterungszustands, der mit 0% angegeben wird. 0% bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Energiespeicher gerade noch eine vorgegebene Mindestleistungsfähigkeit aufweist, und nicht, dass er überhaupt nicht mehr funktionsfähig ist.

[0011] Für Energiespeicher, die eine Mehrzahl von in Reihe und/oder parallel geschalteten Einzelzellen, z. B. Lithium-Ionen-Zellen umfassen, geben die Energiespeichertemperaturwerte ein Maß für die in den Zellen herrschenden Temperaturwerte an, die mit aus dem Stand der Technik an sich bekannten Messvorrichtungen bestimmt werden können.

[0012] Vorzugsweise wird der maximal zulässige Lade- und/oder Entladestrom mit zunehmender Abweichung des Mittelwerts von dem vorbestimmten Temperatur-Sollwert stärker eingeschränkt, so dass die Energiespeichertemperatur nach Überschreiten des Temperatur-Sollwerts möglichst schnell wieder auf diesen oder unter diesen abgesenkt wird.

[0013] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform wird der aktuelle Mittelwert der Energiespeichertemperatur als gewichteter Mittelwert bestimmt, wobei hohe Energiespeichertemperaturen stärker als niedrige Energiespeichertemperaturen gewichtet werden. Mit dieser Variante kann automatisch berücksichtigt und kompensiert werden, dass höhere Energiespeichertemperaturen die Lebensdauer des Energiespeichers stärker absenken als tiefere Temperaturen, wodurch eine bessere Lebensdaueroptimierung ermöglicht wird.

[0014] Bei einer vorteilhaften Variante dieser Ausgestaltungsform wird eine Lookup-Tabelle bereitgestellt, anhand der jedem Energiespeichertemperaturwert ein Gewichtungsfaktor zugeordnet werden kann. Ferner werden gemäß dieser Variante zur Bestimmung des gewichteten Mittelwerts die Energiespeichertemperaturwerte des aktuellen Zeitintervalls mit ihrem zugeordneten Gewichtungsfaktor multipliziert und anschließend addiert. Die resultierende Summe wird anschließend durch die Summe der zugeordneten Gewichtungsfaktoren geteilt.

[0015] Der aktuelle Mittelwert der Energiespeichertemperatur und damit die Anpassung des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers werden vorzugsweise fortlaufend bzw. regelmäßig bestimmt. Wenn nach einer erfolgten Einschränkung des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms ein nachfolgend bestimmter nunmehr aktueller Mittelwert nicht mehr größer als der Temperatur-Sollwert ist, wird die Einschränkung des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms rückgängig gemacht bzw. aufgehoben.

[0016] Gemäß einer Variante der Erfindung werden hierbei die zur fortlaufenden Bildung des Mittelwerts verwendeten Energiespeichertemperaturwerte T_1 bis T_n in eine Speichereinrichtung eingeschrieben und aus einer bestimmten Zahl der zuletzt gespeicherten Energiespeichertemperaturwerte T_1 bis T_n fortlaufend ein gleitender Mittelwert gebildet, wobei jeweils der (die) in der Speichereinrichtung gespeicherte(n) ältesten) Energiespeichertemperaturwert(e) durch den (die) neuesten ersetzt werden. Ausgehend vom aktuellen Zeitpunkt werden somit jeweils die n zuletzt gemessenen Energiespeichertemperaturwerte zur Bildung des gleitenden und sich somit in der Regel über die Zeit verändernden Mittelwerts verwendet, wodurch eine zuverlässig fortlaufende Bestimmung des vorangegangenen durchschnittlichen Temperaturverlaufs im Energiespeichers ermöglicht wird.

[0017] Der maximal zulässige Ladestrom ist durch eine obere Grenze des zulässigen Stroms bestimmt, mit welchem der Energiespeicher für eine Dauer eines neu beginnenden Zeitintervalls vorbestimmter Länge geladen werden kann. In vergleichbarer Weise ist der maximal zulässige Entladestrom durch eine obere Grenze des Stroms bestimmt, welcher dem Energiespeicher für die Dauer eines neu beginnenden Zeitintervalls vorbestimmter Länge entnommen werden kann. Die Anpassung des zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers erfolgt durch Anpassung dieser oberen Grenzen.

[0018] Im Rahmen der Erfindung besteht ferner die Möglichkeit, dass die maximal zulässigen Lade- und Entladeströme des Energiespeichers jeweils in Bezug auf mindestens zwei Zeitintervalle unterschiedli-

cher Länge festgelegt werden. Beispielsweise kann eine Länge eines ersten Zeitintervalls im einstelligen und eine Länge eines zweiten Zeitintervalls im zweistelligen Sekundenbereich liegen. Diese Festlegungen der Stromgrenzen für das Laden und Entladen des Energiespeichers für unterschiedliche Zeithorizonte bietet den Vorteil, dass z. B. für kurze Leistungsanforderungen, die z. B. innerhalb des ersten Zeitintervalls liegen, höhere zulässige Lade- und/oder Ladeströme festgelegt werden können als für längere Leistungsanforderungen. Lediglich beispielhaft können beispielsweise maximal zulässige Lade- und Entladeströme des Energiespeichers jeweils für Zeitintervalle von 2, 10 und 30 Sekunden festgelegt werden. Ein maximal zulässiger Ladestrom von 100 A für das Zeitintervall von 2 Sekunden gibt dann beispielsweise an, dass für die Dauer von 2 Sekunden höchstens ein maximaler Strom von 100 A entnommen werden darf.

[0019] Gemäß einer weiteren Variante der Erfindung umfasst das Verfahren ferner die Schritte: Bestimmen einer Vorbelastung der Batterie auf Basis von gespeicherten Betriebsdaten, die die Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in einem aktuellen und/oder vergangenen Zeitintervall angeben; und Anpassen der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in Abhängigkeit von der bestimmten Vorbelastung des Energiespeichers. Diese Variante basiert auf der Erkenntnis, dass die in einem Zeitintervall vor dem aktuellen Berechnungszeitpunkt gestellte Leistungsanforderung und der daraus resultierende Batteriestrom erheblich die zulässigen Stromgrenzen für Lade- und Entladevorgänge für zukünftige Zeitintervalle beeinflussen können. Vorteilhaft ist hierbei, wenn die Anpassung der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in Abhängigkeit von der Vorbelastung des Energiespeichers ebenfalls fortlaufend erfolgt.

[0020] Gemäß dieser Variante erfolgt neben einer temperaturabhängigen Anpassung der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers somit ferner eine Anpassung auf Basis der Vorbelastung des Energiespeichers, so dass die Stromgrenzen für das Laden und Entladen des Energiespeichers, insbesondere für die zukünftige Lade- und/oder Entladezeitintervalle, in einem zweistufigen Prozess angepasst werden.

[0021] Ferner ist es hierbei vorteilhaft, wenn eine erste Anpassung der jeweils bislang gültigen maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in Abhängigkeit von der bestimmten Vorbelastung des Energiespeichers erfolgt und anschließend eine zweite Anpassung in Abhängigkeit von dem Vergleich des bestimmten aktuellen Mittelwerts der Energiespeichertemperatur mit dem vorbestimmten Temperatur-Sollwert erfolgt. Die tempera-

turabhängige Anpassung der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme basierend auf dem Temperaturmittelwert dient somit als zusätzliche Korrektur der vorhergesagten zulässigen Lade- und/oder Entladeströme auf Basis der ersten Anpassung.

[0022] Schließlich besteht im Rahmen der Erfindung die Möglichkeit, dass die von einer Steuervorrichtung des Energiespeichers gemäß den vorstehend beschriebenen Aspekten bestimmten und ggf. angepassten Werte der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme fortlaufend an eine Fahrzeugsteuerung zur Steuerung der Antriebsstrangkomponenten des Kraftfahrzeugs übermittelt werden, wobei die Fahrzeugsteuerung eingerichtet ist, unter Einhaltung der empfangenen Werte der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme eine von dem Energiespeicher mit elektrischer Energie versorgte elektrische Maschine, insbesondere deren Inverter, als Stellglied anzusteuern.

[0023] Gemäß einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung wird eine Vorrichtung zur Steuerung und/oder Regelung einer Temperatur eines Energiespeichers für elektrische Energie bereitgestellt, die ausgeführt ist, das Verfahren wie hierin offenbart durchzuführen.

[0024] Die Erfindung betrifft ferner ein Kraftfahrzeug, vorzugsweise ein Nutzfahrzeug, mit einer solchen Vorrichtung.

[0025] Die zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen und Merkmale der Erfindung sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

[0026] Fig. 1 ein Ablaufdiagramm zur Illustration einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0027] Fig. 2 schematisch die Berechnung angepasster maximal zulässiger Lade- und Entladeströme in Abhängigkeit von der Batterievorbelastung und dem Temperaturmittelwert des Energiespeichers gemäß einer Ausführungsform der Erfindung.

[0028] Fig. 1 illustriert ein Ablaufdiagramm zur Illustration der Anpassung maximal zulässiger Lade- und Entladeströme in Abhängigkeit von dem Temperaturmittelwert des Energiespeichers. Im Rahmen der Beschreibung der Fig. 1 wird nachfolgend ferner auf die Fig. 2 verwiesen, um Details der einzelnen Verfahrensschritte zu illustrieren.

[0029] In Schritt S1 werden im Betrieb des Energiespeichers fortlaufend aktuelle Temperaturwerte des Energiespeichers bestimmt und in einer Speicher-

einrichtung **3** gespeichert. Bei dem Energiespeicher handelt es sich vorliegend um eine Traktionsbatterie (Hochvoltbatterie) eines Nutzfahrzeugs, die in an sich bekannter Weise ein Batteriepack (nicht dargestellt) aus einer Mehrzahl von Einzelzellen umfasst. Die Batterie umfasst ferner eine Steuereinheit, die in **Fig. 2** mit dem Bezugszeichen **2** gekennzeichnet ist. Die Batterie weist in an sich bekannter Weise Temperatursensoren zur Bestimmung der aktuellen Temperatur T_{Zelle} der Einzelzellen auf, wobei zeitlich fortlaufend an aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten t_i Temperaturmesswerte der Einzelzellen T_{Zelle} bestimmt und in einer Speichereinrichtung **3** zur Speicherung von Ist-Daten der Batterie gespeichert werden. Anstatt Temperaturmesswerte der Einzelzellen T_{Zelle} können je nach Ausführung der Temperaturmessvorrichtung der Batterie auch nur Temperaturmesswerte für einige oder nur für eine Zelle bestimmt werden.

[0030] In Schritt S2 wird aus den Temperaturmesswerten der Batterie in Form der Temperaturmesswerte der Einzelzellen T_{Zelle} fortlaufend ein aktueller Mittelwert der Batterietemperatur bestimmt, der den vorangegangenen Temperaturverlauf im Energiespeicher über ein definiertes Zeitintervall abbildet. Die einzelnen Schritte zur Berechnung des Mittelwerts sind in **Fig. 2** innerhalb des gestrichelten Kastens dargestellt.

[0031] Hierzu liest die Steuereinheit **2** aus der Speichereinrichtung **3** zunächst diejenigen n Temperaturmesswerte für jede der Einzelzellen T_{Zelle} aus, die während eines fest vorgegebenen Zeitintervalls an den Messzeitpunkten t_1 bis t_n bis zum aktuellen Berechnungszeitpunkt (aktuelles Zeitintervall) gemessen wurden. In einem nachfolgenden Verarbeitungsschritt (in **Fig. 2** bezeichnet mit „Temp. Batt“) wird aus den Temperaturmesswerten der Einzelzellen T_{Zelle} , die am gleichen Messzeitpunkt gemessen wurden, ein aggregierter Temperaturmesswert berechnet, der als Maß für die Batterietemperatur zum jeweiligen Messzeitpunkt innerhalb des aktuellen Zeitintervalls dient. Hierfür können die Temperaturmesswerte der Einzelzellen T_{Zelle} gemittelt werden, typischerweise werden hierfür jedoch komplexere Berechnungsverfahren eingesetzt, die an sich aus dem Stand der Technik bekannt sind. Insgesamt ergeben sich somit n aggregierte Temperaturmesswerte T_1 bis T_n (in **Fig. 2** mit „T_Batt“ bezeichnet), entsprechend den n Messzeitpunkten t_i , $i = 1$ bis n , im aktuellen Zeitintervall. Diese n Temperaturmesswerte T_1 bis T_n werden im Rahmen der nachfolgenden Berechnung eines gewichteten Mittelwerts (in **Fig. 2** mit „Gewichtung“ bezeichnet) weiterverarbeitet.

[0032] Die Energiespeichertemperatur im aktuellen Zeitintervall wird als gewichteter Mittelwert bestimmt, wobei hohe Energiespeichertemperaturen stärker als niedrige Energiespeichertemperaturen gewichtet

werden. Hierzu wird eine Lookup-Tabelle (in **Fig. 2** mit „LUT Temp.“ bezeichnet) bereitgestellt, anhand der jedem Energiespeichertemperaturwert T_1 bis T_n ein Gewichtungsfaktor zugeordnet werden kann.

[0033] Für eine einfache Gewichtung wird beispielsweise der Wert 1 für Temperaturen gesetzt, die sich innerhalb eines vorgegebenen mittleren Temperaturbereichs befinden, bei höheren Temperaturen der Batterie kann dieser Wert höher sein, bei sehr niedrigen Temperaturen kleiner als 1. Dadurch wird kompensiert, dass eine höhere Temperatur die Lebensdauer schneller absenkt als eine niedrige Temperatur.

[0034] Es wird somit für jeden Energiespeichertemperaturwert T_1 bis T_n der entsprechende Gewichtungsfaktor $g(T)$ anhand der Lookup-Tabelle ermittelt. Anschließend werden zur Bestimmung des gewichteten Mittelwerts die Energiespeichertemperaturwerte T_1 bis T_n des aktuellen Zeitintervalls mit ihrem zugeordneten Gewichtungsfaktor multipliziert und dann addiert. Schließlich wird die Summe der zugeordneten Gewichtungsfaktoren $t_{\text{Gewichtung}}$ bestimmt. Mit anderen Worten wird, um den gewichteten Durchschnitt der Temperatur über ein festes Zeitintervall ($t_{\text{intervall}}$) zu bestimmen, noch $t_{\text{Gewichtung}}$ berechnet, bei dem auch die Zeit mit den aktuellen Gewichtungsfaktoren verrechnet wird.

[0035] Die Summe der gewichteten Temperaturwerte T_1 bis T_n wird anschließend durch die Summe der zugeordneten Gewichtungsfaktoren $t_{\text{Gewichtung}}$, d. h. die gewichtete Zeit, geteilt. Als Ergebnis ergibt sich der gewichtete Mittelwert (in **Fig. 2** mit „T_Batt_gewichtet“ bezeichnet) der Batterie im aktuellen Zeitintervall.

[0036] In Schritt S3 wird der berechnete aktuelle gewichtete Mittelwert dann mit einem vorgegebenen Temperatur-Sollwert verglichen, der nicht überschritten werden soll.

[0037] In Schritt S4 erfolgt dann ggf. eine Anpassung der maximal zulässigen Lade- und Entladeströme. Wenn der berechnete aktuelle gewichtete Mittelwert kleiner gleich dem vorgegebenen Temperatur-Sollwert ist, findet keine temperaturbedingte Anpassung der Stromgrenzen statt. Wenn der aktuelle gewichtete Mittelwert größer als der Temperatur-Sollwert ist, werden die oberen Grenzen für die Lade- und Entladeströme korrigiert und so weit heruntergenommen, dass keine weitere Erhöhung der Zelltemperatur stattfindet. Eine Reduzierung der Lade- und Entladeströme auf 0 findet vorliegend nicht statt. Um sanftere Übergänge zu erreichen, können eine untere und eine obere maximale Solltemperatur definiert werden, zwischen denen die Reduktion der oberen Grenzen für die Lade- und Entladeströme linear zunimmt.

[0038] Vorstehend wurde bereits erwähnt, dass der gewichtete Temperaturmittelwert fortlaufend als gleitender Mittelwert gebildet wird. Nach Schritt S4 beginnt der Regelkreis somit von Neuem. Das neue aktuelle Zeitintervall umfasst jetzt die Messzeitpunkte t_i , $i = 2$ bis $n + 1$. Die neu gemessenen Temperaturmesswerte der Einzelzellen T_{Zelle} zum Zeitpunkt t_{n+1} ersetzen die in der Speichereinrichtung gespeicherten ältesten Temperaturmesswerte der Einzelzellen T_{Zelle} . Ausgehend vom aktuellen Zeitpunkt t_{n+1} werden somit in Schritt S2 wiederum jeweils die n zuletzt gemessenen Energiespeichertemperaturwerte T_2 bis T_{n+1} zur Bildung des gleitenden und sich somit in der Regel über die Zeit verändernden Mittelwerts verwendet, wodurch zuverlässig fortlaufende Bestimmung des vorangegangenen durchschnittlichen Temperaturverlaufs im Energiespeicher ermöglicht wird.

[0039] Gemäß der vorliegenden Ausführungsvariante erfolgt neben der temperaturabhängigen Anpassung der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers zusätzlich eine Anpassung auf Basis der Vorbelastung des Energiespeichers und/oder auf Basis einer fahrzeugseitigen Leistungsanforderung.

[0040] Wie in **Fig. 2** schematisch illustriert, ist die Steuereinheit **2** hierzu eingerichtet, eine Vorbelastung der Batterie auf Basis von gespeicherten Betriebsdaten, die die Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in einem aktuellen und/oder vergangenen Zeitintervall angeben (in **Fig. 2** mit „I_{Batt}“ bezeichnet), zu bestimmen. Mit anderen Worten prädiert die Steuereinheit **2** in Abhängigkeit von der bisherigen Strombelastung der Batterie die zulässigen Obergrenzen für den Lade- und Entladestrom für neu beginnende Zeitintervalle vorbestimmter Länge, in **Fig. 2** mit „angepasste Stromgrenzen pro Zeitintervall“ bezeichnet. Diese Obergrenzen geben die maximal zulässigen Lade- und Entladeströme des Energiespeichers jeweils für die Zeitintervalle von beispielsweise 2, 10 und 30 Sekunden an. Diese Grenzen berücksichtigen beispielsweise die maximalen, lebensdauerangepassten Stromgrenzen durch die Zelle sowie die Einhaltung der oberen und unteren Spannungsgrenze. Diese Werte berücksichtigen dahingehend eine Vorbelastung, als dass die lebensdauerangepassten Stromgrenzen der Zelle auch die zeitliche Länge einer Strombelastung beinhalten, die nicht überschritten werden darf. Hierzu wird die Vorbelastung durch Stromentnahme oder -abgabe erfasst und die aktuellen und zukünftigen Stromgrenzen entsprechend herabgesetzt. Wenn beispielsweise ein hoher Ladestrom für insgesamt 10 s anliegen darf und zum Zeitpunkt der aktuellen Stromgrenzenberechnung bereits über 5 s angelegen hat, können die Grenzen insoweit angepasst werden, als dass dieser Ladestrom nur noch für weitere 5 s möglich ist. Für weiter in der Zukunft liegende Stromgrenzen

werden diese soweit reduziert, als dass unter Berücksichtigung der Vorbelastung keine Stromgrenze in keinem Zeitintervall über- oder unterschritten wird. Ebenso führt die Vorbelastung zu sich ändernden Innenwiderständen, was die Stromgrenzen zur Einhaltung der Spannungsgrenzen beeinflusst. Ein höherer Innenwiderstand durch eine längerfristige Stromentnahme führt zu einem höheren Innenwiderstand in Entladerichtung. Dies führt wiederum zu einem geringeren Strom, der entnommen werden kann, ohne die untere Spannungsgrenze zu unterschreiten.

[0041] Auf diese zunächst temperaturunabhängige Anpassung der Stromgrenzen folgt dann die temperaturabhängige zusätzliche Anpassung auf Basis des gewichteten Mittelwerts der Batterie-Temperatur, wie vorstehend beschrieben. Dies ist in **Fig. 2** durch den Berechnungsschritt „therm. Limitierung“ dargestellt. Die thermische Limitierung aufgrund des aktuellen gewichteten Mittelwerts der Batterietemperatur führt somit zu korrigierten Werten für die Stromgrenzen („korrigierte angepasste Stromgrenzen pro Zeitintervall“ in **Fig. 2**), falls der aktuelle gewichtete Mittelwert größer als der Temperatur-Sollwert ist. Die korrigierten Werte geben dann ggf. angepasste Obergrenzen für die maximal zulässigen Lade- und Entladeströme des Energiespeichers jeweils für die Zeitintervalle von z. B. 2, 10 und 30 Sekunden an.

[0042] Die von der Steuereinheit **2** des Energiespeichers gemäß den vorstehend beschriebenen Aspekten bestimmten und ggf. angepassten Werte der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme werden dann fortlaufend an die Fahrzeugsteuerung, die die Antriebsstrangkomponenten des Kraftfahrzeugs ansteuert, übermittelt, dargestellt in **Fig. 2** durch „Ausgabe“. Hierbei ist die Fahrzeugsteuerung **1** eingerichtet, unter Einhaltung der empfangenen Werte der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme eine von dem Energiespeicher mit elektrischer Energie versorgte elektrische Maschine, insbesondere deren Inverter, als Stellglied anzusteuern.

[0043] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann ersichtlich, dass verschiedene Änderungen ausgeführt werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Zusätzlich können viele Modifikationen ausgeführt werden, ohne den zugehörigen Bereich zu verlassen. Folglich soll die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele begrenzt sein, sondern soll alle Ausführungsbeispiele umfassen, die in den Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen. Insbesondere beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den in Bezug genommenen Ansprüchen.

Bezugszeichenliste

- 1 Fahrzeugsteuerung
- 2 Steuereinheit der Batterie
- 3 Speichereinrichtung

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007063178 A1 [0003]
- DE 102007010751 A1 [0003]
- WO 2010/121831 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines Energiespeichers für elektrische Energie, aufweisend

eine Anpassung eines maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers in Abhängigkeit von einer Temperatur des Energiespeichers, wobei die Anpassung die folgenden Schritte umfasst:

Ermitteln mehrerer zeitlich aufeinanderfolgender Energiespeichertemperaturwerte während eines aktuellen Zeitintervalls (S1);

Bestimmen eines aktuellen Mittelwerts der Energiespeichertemperatur während des aktuellen Zeitintervalls aus den ermittelten Energiespeichertemperaturwerten (S2);

Vergleichen des bestimmten aktuellen Mittelwerts mit einem vorbestimmten Temperatur-Sollwert (S3); und
Einschränken des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers, wenn der bestimmte aktuelle Mittelwert größer als der Temperatur-Sollwert ist (S4).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der aktuelle Mittelwert der Energiespeichertemperatur als gewichteter Mittelwert bestimmt wird, wobei hohe Energiespeichertemperaturen stärker als niedrige Energiespeichertemperaturen gewichtet werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**,

(a) dass eine Lookup-Tabelle bereitgestellt wird, anhand der jedem Energiespeichertemperaturwert ein Gewichtungsfaktor zugeordnet werden kann; und

(b) dass zur Bestimmung des gewichteten Mittelwerts die Energiespeichertemperaturwerte des aktuellen Zeitintervalls mit ihrem zugeordneten Gewichtungsfaktor multipliziert und anschließend addiert werden und die resultierende Summe durch die Summe der zugeordneten Gewichtungsfaktoren geteilt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der aktuelle Mittelwert der Energiespeichertemperatur und damit die Anpassung des maximal zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers fortlaufend bestimmt werden, indem die zur Bildung des Mittelwerts verwendeten Energiespeichertemperaturwerte in eine Speichereinrichtung eingeschrieben werden und aus einer bestimmten Zahl der zuletzt gespeicherten Energiespeichertemperaturwerte fortlaufend ein gleitender Mittelwert gebildet wird, wobei jeweils der in der Speichereinrichtung gespeicherte älteste Energiespeichertemperaturwert durch den neuesten ersetzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

(a) dass der maximal zulässige Ladestrom durch eine obere Grenze des zulässigen Stroms bestimmt ist, mit welchem der Energiespeicher für eine Dauer eines neu beginnenden Zeitintervalls vorbestimmter Länge geladen werden kann; und

(b) dass der maximal zulässige Entladestrom durch eine obere Grenze des Stroms bestimmt ist, welcher dem Energiespeicher für die Dauer eines neu beginnenden Zeitintervalls vorbestimmter Länge entnommen werden kann, wobei die Anpassung des zulässigen Lade- und/oder Entladestroms des Energiespeichers durch Anpassung dieser oberen Grenzen erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die maximal zulässigen Lade- und Entladeströme des Energiespeichers jeweils in Bezug auf mindestens zwei Zeitintervalle unterschiedlicher Länge festgelegt werden, wobei eine Länge eines ersten Zeitintervalls vorzugsweise im einstelligen und eine Länge eines zweiten Zeitintervalls vorzugsweise im zweistelligen Sekundenbereich liegt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Schritte:

(a) Bestimmen einer Vorbelastung der Batterie auf Basis von gespeicherten Betriebsdaten, die die Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in einem aktuellen und/oder vergangenen Zeitintervall angeben; und

(b) Anpassen der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in Abhängigkeit von der bestimmten Vorbelastung des Energiespeichers.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anpassung der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in Abhängigkeit von der bestimmten Vorbelastung des Energiespeichers fortlaufend erfolgt, wobei eine erste Anpassung der jeweils bislang gültigen maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme des Energiespeichers in Abhängigkeit von der bestimmten Vorbelastung des Energiespeichers erfolgt und anschließend eine zweite Anpassung in Abhängigkeit von dem Vergleich des bestimmten aktuellen Mittelwerts der Energiespeichertemperatur mit dem vorbestimmten Temperatur-Sollwert erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass angepasste Werte der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme fortlaufend von einer Steuervorrichtung (2) des Energiespeichers an eine Fahrzeugsteuerung (1) zur Steuerung der Antriebsstrangkomponenten des Kraftfahrzeugs übermittelt werden, wobei die Fahrzeugsteuerung (1) eingerichtet ist, unter Einhaltung der empfangenen Werte der maximal zulässigen Lade- und/oder Entladeströme eine von dem Ener-

giespeicher mit elektrischer Energie versorgte elektrische Maschine anzusteuern.

10. Vorrichtung (2) zur temperaturabhängigen Strombegrenzung eines Energiespeichers für elektrische Energie, die ausgeführt ist, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen.

11. Fahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, mit einer Vorrichtung (2) nach Anspruch 10.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

FIG. 1

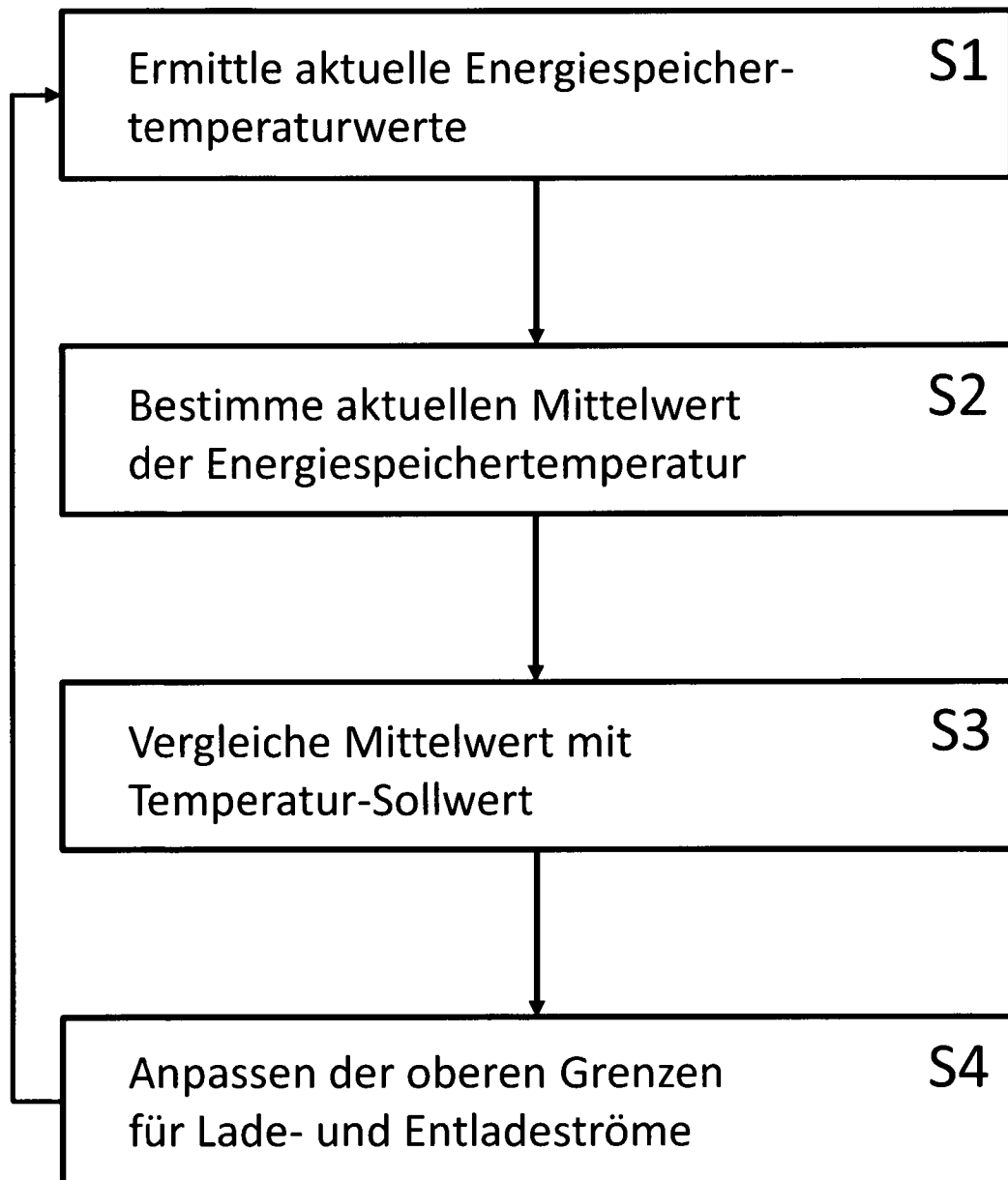


FIG. 2

