



(10) **DE 10 2019 202 163 A1** 2020.08.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 202 163.8**
(22) Anmeldetag: **19.02.2019**
(43) Offenlegungstag: **20.08.2020**

(51) Int Cl.: **B60L 3/00 (2019.01)**
B60L 58/10 (2019.01)
H02H 3/08 (2006.01)
H02H 7/18 (2006.01)
H01M 2/34 (2006.01)
H01M 10/48 (2006.01)

(71) Anmelder:
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

(72) Erfinder:
**Hinterberger, Michael, Dr., 85098 Großmehring,
DE; Hellenthal, Berthold, 90596 Schwanstetten,
DE; Pilgram, Peter, Dr., 86633 Neuburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

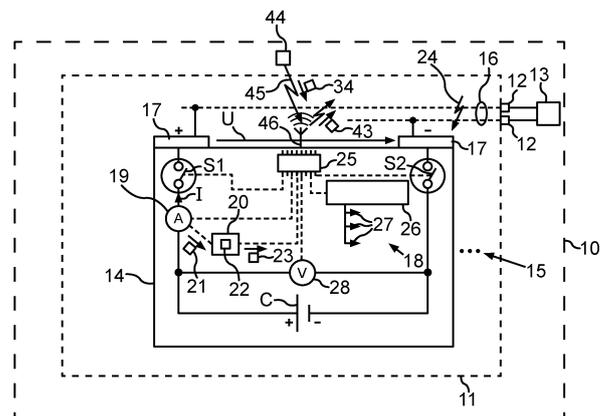
DE	10 2013 220 760	A1
DE	10 2014 202 622	A1
DE	10 2014 209 463	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Schutzvorrichtung und Verfahren zum Abschalten zumindest einer Batteriezelle in einem Batteriesystem im Falle eines elektrischen Kurzschlusses sowie Kraftfahrzeug, Batteriesystem und Batteriezelle mit der Schutzvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schutzvorrichtung (18) zum Abschalten zumindest einer Batteriezelle (14) in einem Batteriesystem (11) eines Kraftfahrzeugs (10) im Falle eines elektrischen Kurzschlusses (24), wobei die Schutzvorrichtung (18) dazu eingerichtet ist, einen elektrischen Strom (I), der durch die zumindest eine Batteriezelle (14) fließt, durch ein Messelement (19) zu führen, in welchem der Strom (I) in Abhängigkeit von seiner Stromstärke und/oder seinem Stromstärkegradienten eine elektrische Messspannung (21) erzeugt. Die Erfindung sieht vor, dass das Messelement (19) mit einer analogen Überwachungsschaltung (20) gekoppelt ist, in welcher eine Vergleichseinrichtung (30) dazu eingerichtet ist, ein Auslösesignal (23) für den Fall zu erzeugen, dass die Stromstärke innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer (35) um einen vorbestimmten Deltawert (D) ansteigt, und eine Schalteinrichtung (25) dazu eingerichtet ist, das Auslösesignal (23) zu empfangen und den Strom (I) bei Empfangen des Auslösesignals (23) durch Schalten zumindest eines Schaltelements (S1, S2) zu unterbrechen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Schutzvorrichtung zum Abschalten zumindest einer Batteriezelle in einem Batteriesystem für den Fall, dass ein elektrischer Kurzschluss erkannt wird. Die Schutzvorrichtung kann für ein Batteriesystem eines Kraftfahrzeugs oder eines Stationärspeichers genutzt werden. Zu der Erfindung gehören auch eine Batteriezelle und ein Batteriesystem, die jeweils dazu eingerichtet sind, mittels der Schutzvorrichtung einen Kurzschluss zu unterbrechen. Die Erfindung umfasst auch ein Kraftfahrzeug mit dem erfindungsgemäßen Batteriesystem. Schließlich ist auch ein Verfahren zum Abschalten eines entstehenden Kurzschlussstromes in zumindest einer Batteriezelle bereitgestellt.

[0002] Bei einem Kraftfahrzeug ist man daran interessiert, im Falle eines Kurzschlusses in dessen elektrischem Netzwerk das Batteriesystem vor einem Schaden zu schützen, denn ein Kurzschlussstrom kann die Batteriezellen des Batteriesystems dauerhaft schädigen. Daher muss bei Auftreten eines Kurzschlusses dieser erkannt und der Kurzschlussstrom unterbrochen werden. Je schneller dies durchgeführt werden kann, desto geringer sind Schäden in den Batteriezellen, beispielsweise Hitzeschäden oder eine Beschädigung der elektrochemischen Zellen.

[0003] Aus der EP 2 194 600 B1 ist hierzu bekannt, dass ein Schaltelement zum Unterbrechen eines Stromes einer Batterie in eine solche Batterie integriert werden kann.

[0004] Aus der DE 10 2011 121 604 A1 ist bekannt, dass ein Kurzschluss schon erkannt werden kann, bevor der Kurzschluss seine volle Kurzschlussstromstärke erreicht, indem ein Gradient der Stromstärke auf einen unzulässig großen Stromanstieg überprüft und dann ein Schutzschalter geöffnet wird.

[0005] Aus der DE 10 2013 220 760 A1 ist ebenfalls eine auf dem Stromgradienten basierende Kurzschlussdetektionsvorrichtung beschrieben, die zudem in eine Batteriezelle integriert sein kann. Die Stromstärke eines Stromes der Batteriezelle kann mittels eines Shunt-Widerstands erfasst werden. Ein Stromgradient kann direkt mittels einer Spule gemessen werden.

[0006] Aus der DE 10 2017 203 211 A1 ist die Überwachung eines elektrischen Bordnetzes eines Kraftfahrzeugs bekannt, das auch den Gradienten der Stromstärke überwacht.

[0007] Aus der US 2015 048 799 A1 ist eine sogenannte Smart-Batterie bekannt, bei welcher Lade- und Entladevorgänge in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebszustand durchgeführt werden können.

[0008] Die bekannten Überwachungsverfahren gehen davon aus, dass eine Steuerung des Schaltelements zur Unterbrechung eines Kurzschlusses von einem Mikrocontroller gesteuert werden kann, der den Anstieg der Stromstärke im Falle eines Kurzschlusses bereits erkennen kann, bevor die volle Kurzschlussstromstärke erreicht ist. Dies erfordert es aber, dass die Digitalisierung der Messsignale mit einer entsprechend großen Abtastfrequenz durchgeführt wird. Hierdurch wird eine solche Schutzvorrichtung in der Implementierung allerdings sehr aufwendig.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, im Falle eines Kurzschlusses einen Strom in zumindest einer Batteriezelle zu unterbrechen.

[0010] Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die abhängigen Patentansprüche, die folgende Beschreibung sowie die Figuren beschrieben.

[0011] Durch die Erfindung ist eine Schutzvorrichtung zum Abschalten zumindest einer Batteriezelle in einem Batteriesystem bereitgestellt. Das Batteriesystem kann hierbei in einem Kraftfahrzeug oder in einem Stationärspeicher betrieben werden. Das Abschalten erfolgt im Falle eines elektrischen Kurzschlusses. Die Schutzvorrichtung ist dazu eingerichtet, einen elektrischen Strom, der durch die zumindest eine zu schützende Batteriezelle fließt, durch ein Messelement zu führen, in welchem der Strom in Abhängigkeit von seiner Stromstärke und/oder in Abhängigkeit von seinem Stromstärkegradienten (Änderung der Stromstärke mit der Zeit) eine elektrische Messspannung erzeugt. Ein solches Messelement kann beispielsweise einen Shunt-Widerstand (für die Stromstärkeabhängigkeit) und/oder eine elektrische Induktivität (elektrische Spule für die Gradientenabhängigkeit) aufweisen. Das Abschalten der Batteriezelle erfolgt, indem der besagte elektrische Strom durch Schalten zumindest eines Schaltelements unterbrochen oder abgeschaltet wird.

[0012] Um den technischen Aufwand beim Erkennen des Kurzschlusses gering zu halten, sieht die Erfindung vor, dass das Messelement mit einer analogen Überwachungsschaltung gekoppelt ist, in welcher eine Vergleichseinrichtung dazu eingerichtet ist, ein Auslösesignal für denjenigen Fall zu erzeugen oder zumindest auszulösen, dass die Stromstärke innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer mindestens um einen vorbestimmten Deltawert ansteigt. Mit anderen Worten erfolgt die Erkennung eines Kurzschlusses in der Weise, dass die Überwachung der Stromstärke und/oder des Stromstärkegradienten des zu überwachenden elektrischen Stromes mittels einer analogen Überwachungsschaltung erfolgt. Diese ist somit nicht auf eine Abtastung mittels ei-

nes Analog-Digital-Wandlers angewiesen und unterliegt somit nicht der Beschränkung auf die Nyquist-Frequenz, wie es die digitale Überwachung mittels eines Mikrocontrollers tut. Sobald die analoge Überwachungsschaltung ein Auslösesignal erzeugt, kann der Strom unterbrochen werden. Hierzu ist eine Schalteinrichtung der Schutzvorrichtung dazu eingerichtet, das Auslösesignal zu empfangen und den Strom bei Empfangen des Auslösesignals zu unterbrechen. Die Schalteinrichtung wiederum kann auf einer analogen Schaltung oder einer digitalen Schaltung, beispielsweise einem Mikrocontroller, beruhen. Die Schalteinrichtung kann ein Schaltelement, durch welches hindurch der elektrische Strom fließt, in einen elektrisch sperrenden Zustand schalten. Die analoge Überwachungsschaltung wartet hierbei nicht erst ab, bis die Stromstärke einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet, bis sich also der Kurzschluss voll ausgebildet hat (Erreichen der Kurzschlussstromstärke). Vielmehr wird bereits dann ein Kurzschluss erkannt oder auf einen Kurzschluss detektiert, wenn die Stromstärke innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer mindestens um einen vorbestimmten Deltawert ansteigt, wenn sich also eine Veränderung der Stromstärke innerhalb der Zeitdauer um mehr als den Deltawert ergibt. Somit kann bereits bei Entstehen des Kurzschlusses, während die Stromstärke noch ansteigt, dies als Kurzschluss erkannt und die Schalteinrichtung den Strom unterbrechen.

[0013] Die Erfindung weist den Vorteil auf, dass man nicht auf einen schnellen Analog-Digital-Wandler angewiesen ist, um den Gradienten der Stromstärke des überwachten elektrischen Stromes zu analysieren. Das Erzeugen des Auslösesignals kann mittels der analogen Überwachungsschaltung auf rein analoger Basis durchgeführt werden, sodass sich eine Begrenzung auf die Nyquist-Frequenz nicht ergibt.

[0014] Die Erfindung umfasst auch Ausführungsformen, durch die sich zusätzliche Vorteile ergeben.

[0015] In einer Ausführungsform erzeugt das Messelement die Messspannung in Abhängigkeit von der Stromstärke, also insbesondere nicht in Abhängigkeit von dem Stromstärkegradienten. Mit anderen Worten beruht das Messelement auf einem resistivem Widerstandswert des Messelement, das hierzu beispielsweise einen Shunt-Widerstand aufweisen kann. Mit anderen Worten ist die Messspannung proportional zum Stromstärkewert. Die Vergleichseinrichtung weist einen Kondensator und/oder eine Induktivität auf und ist dazu eingerichtet, im Betrieb der Schutzvorrichtung das Umladen des Kondensators mit einer vorbestimmten Zeitkonstante zu begrenzen. Der Kondensator ist mit dem Messelement gekoppelt. Ändert sich die Messspannung aufgrund einer Veränderung der Stromstärke, so wirkt sich dies also auch auf die Spannung am Kondensator aus. Erfolgt die Änderung der Stromstärke schnell genug,

so kann die Vergleichseinrichtung den Kondensator nur mit einer begrenzten Zeitkonstante umladen, so dass also eine schnelle Änderung der Stromstärke nicht schnell genug (eben nur mit der Zeitkonstante begrenzt) ausgeglichen werden kann, wodurch sich implizit ein Vergleich des Anstiegs der Stromstärke mit der Zeitkonstante ergibt. Erfolgt der Anstieg der Stromstärke dagegen mit einem geringeren Gradienten als er der Zeitkonstante entspricht, so ergibt sich am Kondensator ein schnellerer Nachladevorgang aufgrund der Vergleichseinrichtung selbst, so dass sich die Veränderung der Stromstärke entsprechend gering auf den Ladezustand des Kondensators auswirkt. Ob der Kondensator also tatsächlich umgeladen wird, hängt davon ab, wie schnell die Messspannung, also mit welchem Gradienten oder mit welchem Wert pro Zeiteinheit, die Stromstärke ansteigt oder abfällt.

[0016] In einer Ausführungsform weist die Vergleichseinrichtung eine Hochpassfilterschaltung auf, welche dazu eingerichtet ist, das Auslösesignal in Abhängigkeit von einem Signalverlauf der Messspannung zu erzeugen. Mit anderen Worten wird der Signalverlauf der Messspannung dahingehend durch die Hochpassfilterung gefiltert oder analysiert, ob ein Frequenzanteil oberhalb einer Grenzfrequenz der Hochpassfilterschaltung vorhanden ist. Ein solcher Frequenzanteil oberhalb einer Grenzfrequenz ergibt sich nur bei einer Anstiegsflanke oder Abfallflanke des Signalverlaufs mit einer vorbestimmten betragsmäßigen Mindeststeigerung. Steigt also die Stromstärke langsamer, so ergibt sich nicht der Frequenzanteil oberhalb der Grenzfrequenz. Verändert sich die Stromstärke dagegen mit einem Gradienten, der oberhalb eines Schwellenwerts liegt, der mit der Grenzfrequenz korrespondiert, so entsteht ein Frequenzanteil oberhalb der Grenzfrequenz, was von der Hochpassfilterschaltung dahingehend erkannt wird, dass das Auslösesignal erzeugt oder ausgelöst wird. Vorteil einer analogen Hochpassfilterschaltung ist, dass durch Festlegen der Grenzfrequenz zwischen einem Beginn eines Kurzschlussstroms einerseits und eines gesteuerten Stromanstiegs aufgrund beispielsweise einer Beschleunigungsphase des Kraftfahrzeugs andererseits unterschieden werden kann. Besonders bevorzugt ist es, die Vergleichseinrichtung auf der Grundlage eines Differenzierers bereitzustellen. Eine Schaltung eines Differenzierers kann in bekannter Weise auf der Grundlage eines Operationsverstärkers gebildet werden. Ein Differenzierer ist eine spezielle Form einer Hochpassfilterschaltung, die besonders robust einen Stromanstieg im Falle eines Kurzschlusses detektiert.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Messelement in der besagten Weise ein Shunt-Widerstand. Als Messelement kann hierzu beispielsweise ein elektrisches Bauelement mit einem vorgegebenen ohmschen Widerstandswert kleiner als 5 Mil-

liohm, insbesondere kleiner als 1 Milliohm, verwendet werden, durch welches der Strom geführt wird. Zusätzlich oder alternativ dazu kann ein Leitungselement und/oder eine Leiterbahn als Shunt-Widerstand verwendet werden. Ein Shunt-Widerstand weist den Vorteil auf, dass er zusätzlich auch für die Messung der Stromstärke des Stroms für eine Überwachung einer Leistungsabgabe und/oder Leistungsaufnahme der zumindest einen Batteriezelle genutzt werden kann. An Kontakten des Messelements kann ein Spannungsabgriff für die Messspannung vorgesehen sein.

[0018] In einer Ausführungsform umfasst die Vergleichseinrichtung eine analoge Komparatorschaltung, die dazu eingerichtet ist, das Auslösesignal in Abhängigkeit von einem Ausgabesignal der Vergleichseinrichtung zu erzeugen. Mittels einer Komparatorschaltung kann zwischen einem Auslösefall, bei welchem das Auslösesignal erzeugt werden soll, und einem Normalbetriebsfall, in welchem das Auslösesignal nicht erzeugt werden soll, durch Festlegen eines Vergleichswerts oder Referenzwerts unterschieden werden, welcher von der Komparatorschaltung empfangen wird und mit beispielsweise einem Ausgabesignal der besagten Hochpassfilterschaltung und/oder der besagten Schaltung mit dem Kondensator und/oder der Induktivität verglichen wird. Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Vergleichswert adaptiv ausgestaltet ist, sodass beispielsweise für den Fall, dass der besagte Beschleunigungsbetrieb des Kraftfahrzeugs vorgesehen ist (sogenannter Boost-Betrieb) und/oder ein Schnellladebetrieb des Kraftfahrzeugs oder einer Ladestation, dann der Vergleichswert verändert oder angepasst werden kann, sodass es zu keiner Fehlauslösung des Auslösesignals kommt, obwohl temporär ein Stromanstieg und/oder eine Stromstärke vorliegen, die ohne Anpassung des Vergleichswerts zu einer Erzeugung des Auslösesignals führen würden.

[0019] In einer Ausführungsform ist dem Messelement eine Verstärkerschaltung zum Verstärken des Messsignals und/oder eine Filterschaltung nachgeschaltet. Hierdurch ergibt sich der Vorteil, dass ein Einfluss des Messelements auf den Strom gering gehalten werden kann, sodass beispielsweise im Falle eines Shunt-Widerstands nur ein geringer ohmscher Widerstandswert, insbesondere ein Widerstandswert kleiner als 2 Milliohm, notwendig ist, um einen Signalverlauf der Stromstärke zu erfassen. Der Verstärkerschaltung kann dann die besagte Vergleichseinrichtung nachgeschaltet sein. Die Verstärkerschaltung kann auf einem Operationsverstärker beruhen. Eine Filterschaltung kann dazu ausgelegt sein, eine Spannungsspitze zum Beispiel mittels einer Glättung oder Tiefpassfilterung oder Bandpassfilterung herauszufiltern. Die kann eine Fehlauslösung vermeiden.

[0020] Die beschriebene Schutzvorrichtung kann als ein integraler Bestandteil einer einzelnen Batteriezelle ausgestaltet sein, sodass die Batteriezelle durch ihre Schutzvorrichtung selbst vor einem Kurzschluss geschützt ist. In diesem Zusammenhang ist durch die Erfindung auch eine Batteriezelle bereitgestellt, die in der bekannten Weise eine elektrochemische Zelle zum Erzeugen eines Zellstroms aufweist. Die Batteriezelle weist bevorzugt eine einzelne elektrochemische Zelle auf. Eine solche Zelle kann beispielsweise als sogenannter Zellwickel realisiert sein. In die Batteriezelle ist mindestens ein Schaltelement integriert, welches zum Schalten des Zellstroms ausgelegt ist. Bei dem Schaltelement kann es sich beispielsweise um einen Transistor oder eine Anordnung aus mehreren Transistoren handeln. Bei der erfindungsgemäßen Batteriezelle ist in die Batteriezelle eine Schutzvorrichtung gemäß der Erfindung integriert. Wird zwischen Zellpolen der Batteriezelle ein Kurzschluss erzeugt, so schützt sich die Batteriezelle mittels ihrer Schutzeinrichtung selbst, indem sie ihren Zellstrom mittels des Schaltelements abschaltet oder unterbricht.

[0021] Die Schutzvorrichtung kann auch in ein Batteriesystem integriert sein und hierbei aber zellextern angeordnet sein, um mehrere Batteriezellen zu schützen. In diesem Zusammenhang sieht die Erfindung auch ein Batteriesystem mit mehreren Batteriezellen vor, wobei das Batteriesystem eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schutzvorrichtung umfasst. Alternativ dazu kann das Batteriesystem auch aus mehreren erfindungsgemäßen Batteriezellen gebildet sein, das heißt jede Batteriezelle des Batteriesystems schützt sich selbst mittels einer eigenen, integrierten Schutzvorrichtung.

[0022] Zu der Erfindung gehört auch ein Kraftfahrzeug mit zumindest einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Batteriesystems, in welche eine Schutzvorrichtung für mehrere Batteriezellen integriert ist oder jede Batteriezelle ihre eigene Schutzvorrichtung integriert hat. Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug ist bevorzugt als Kraftwagen, insbesondere als Personenkraftwagen oder Lastkraftwagen, oder als Personenbus oder als Motorrad ausgestaltet. Wie bereits ausgeführt, kann die Erfindung aber auch in einem Stationärspeicher realisiert werden, welcher beispielsweise zusammen mit einer Ladesäule betrieben werden kann, um für diese Energie zwischenzuspeichern.

[0023] Der Betrieb der erfindungsgemäßen Schutzvorrichtung ergibt ein Verfahren, das ebenfalls Bestandteil der Erfindung ist. Das Verfahren schaltet zumindest eine Batteriezelle in einem Batteriesystem im Falle eines elektrischen Kurzschlusses ab. Hierzu wird die besagte Schutzvorrichtung dazu verwendet, einen elektrischen Strom, der auch durch die zumindest eine Batteriezelle fließt, durch ein Messsystem

oder Messelement zu führen, in welchem der Strom in Abhängigkeit von einer Stromstärke und/oder einem Stromstärkegradienten des Stroms eine elektrische Messspannung erzeugt. Es wird also nicht die eigentliche, von der Batteriezelle erzeugte Spannung gemessen, sondern die Stromstärke oder ein Gradient der Stromstärke, in dem das entsprechende Messelement, beispielsweise ein Shunt-Widerstand und/oder eine elektrische Induktivität, bereitgestellt wird, durch welche der Strom geführt ist.

[0024] Das Messelement ist mit einer analogen Überwachungsschaltung in der beschriebenen Weise gekoppelt, in welcher eine Vergleichseinrichtung ein Auslösesignal für den Fall erzeugt oder auslöst, dass die Stromstärke innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer mindestens um einen vorbestimmten Deltawert ansteigt, sich also die Stromstärke innerhalb der vorbestimmten Zeitdauer um einen vorbestimmten Stromstärkewert verändert. Die Zeitdauer kann in einem Bereich von 0,1 Millisekunden bis 10 Millisekunden liegen. Der Deltawert kann in einem Bereich von 10 Ampere bis 500 Ampere liegen.

[0025] Eine Schalteinrichtung unterbricht in Abhängigkeit von dem Auslösesignal den Strom durch Schalten zumindest eines Schaltelements. Wird also das Auslösesignal erzeugt, weil die Stromstärke innerhalb der vorbestimmten Zeitdauer um mindestens den Deltawert angestiegen ist, so wird durch die Schalteinrichtung der Strom unterbrochen. Hierzu kann in der beschriebenen Weise ein Schaltelement, durch welches der Strom fließt, in einen elektrisch sperrenden Zustand geschaltet werden.

[0026] Im Folgenden sind Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Hierzu zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Schutzvorrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 3 ein Diagramm mit schematisierten Verläufen von Betriebsgrößen einer Batteriezelle einer Batterie des Kraftfahrzeugs von **Fig. 1** in einem ersten Kurzschlussfall;

Fig. 4 ein Diagramm mit schematisierten Verläufen der Betriebsgrößen bei einem zweiten Kurzschlussfall; und

Fig. 5 ein Diagramm mit schematisierten Verläufen der Betriebsgrößen in einem dritten Kurzschlussfall.

[0027] Bei den im Folgenden erläuterten Ausführungsbeispielen handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung. Bei den Ausführungsbeispielen stellen die beschriebenen Komponenten der Ausführungsformen jeweils einzelne, unabhängige

gig voneinander zu betrachtende Merkmale der Erfindung dar, welche die Erfindung jeweils auch unabhängig voneinander weiterbilden. Daher soll die Offenbarung auch andere als die dargestellten Kombinationen der Merkmale der Ausführungsformen umfassen. Des Weiteren sind die beschriebenen Ausführungsformen auch durch weitere der bereits beschriebenen Merkmale der Erfindung ergänzbar.

[0028] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen jeweils funktionsgleiche Elemente.

[0029] **Fig. 1** zeigt ein Kraftfahrzeug **10**, bei dem es sich um einen Kraftwagen, insbesondere einen Personenkraftwagen oder Lastkraftwagen, handeln kann. In dem Kraftfahrzeug **10** kann eine Batterie oder ein Batteriesystem **11** bereitgestellt sein, um in dem Kraftfahrzeug **10** eine elektrische Leistung erzeugen zu können. Bei dem Batteriesystem **11** kann es sich beispielsweise um ein Hochvolt-Batteriesystem handeln, mittels welchem eine Batteriespannung an Batteriepolen **12** bereitgestellt werden kann, die größer als 60 Volt, insbesondere größer als 100 Volt, ist. An die Batteriepole **12** kann ein elektrisches Bordnetz **13** angeschlossen sein, welches beispielsweise eine Leistungselektronik zum Betreiben eines elektrischen Antriebsmotors des Kraftfahrzeugs **10** aufweisen kann.

[0030] Zum Bereitstellen der Batteriespannung an den Batteriepolen **12** können in dem Batteriesystem **11** mehrere Batteriezellen **14** bereitgestellt sein, von denen in **Fig. 1** der Übersichtlichkeit nur eine einzelne Batteriezelle **14** dargestellt ist und die übrigen Batteriezellen durch Auslassungspunkte **15** symbolisch repräsentiert sind. Die Batteriezellen **14** können an eine Verschaltungseinrichtung **16** des Batteriesystems **11** angeschlossen sein, durch welches die Batteriezellen **14** mit den Batteriepolen **12** verschaltet oder verbunden sein können. Die Verschaltungseinrichtung **16** kann beispielsweise zumindest eine Stromschiene und/oder zumindest einen Draht umfassen.

[0031] Durch jede Batteriezelle **14** kann eine Zellspannung **U** bereitgestellt werden, die in einem Bereich von 1 Volt bis 8 Volt liegen kann. Zum Erzeugen der Zellspannung **U** kann in der Batteriezelle **14** eine elektrochemische Zelle **C** vorgesehen sein, die beispielsweise als Zellwickel ausgestaltet sein kann. Jede Batteriezelle **14** kann als sogenannte Smartcell oder schaltbare Batteriezelle ausgestaltet sein. Hierzu kann in der Batteriezelle **14** zumindest ein Schaltelement **S1**, **S2** (dargestellt sind beispielhaft zwei Schaltelemente **S1**, **S2**) bereitgestellt sein, durch welches jeweils ein elektrischer Strom **I** geschaltet werden kann, sodass dieser Strom **I** unterbrochen oder blockiert werden kann. Durch das zumindest eine Schaltelement **S1**, **S2** kann der Stromfluss des Stromes **I** aus der elektrochemischen Zelle **C** hin zu Zellpolen **17** der Batteriezelle **14** unterbrochen werden.

Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass in der Batteriezelle **14** eine Schutzvorrichtung **18** bereitgestellt ist, um die Batteriezelle **14** im Falle eines Kurzschlusses, wenn der Strom I größer als ein höchstens zulässiger Maximalwert werden kann, vor einer Beschädigung zu schützen. Hierzu kann die Schutzvorrichtung **18** in der dargestellten Weise in der Batteriezelle **14** bereitgestellt sein. In einer anderen Ausführungsform kann die Schutzvorrichtung auch von außen an die Zellpole **17** angeschlossen sein und es kann damit eine einzige Schutzvorrichtung für mehrere Batteriezellen **14** wirksam oder nutzbar sein.

[0032] Die Schutzvorrichtung **18** kann ein Messelement **19** aufweisen, durch welches der Strom I der Zelle **C** geführt werden kann. Mit dem Messelement **19** kann eine analoge Überwachungsschaltung **20** gekoppelt sein, die in Abhängigkeit von einer Messspannung **21** des Messelements **19** mittels einer Vergleichseinrichtung **22** ein Auslösesignal **23** erzeugen kann, welches signalisiert, dass ein Kurzschluss begonnen hat und deshalb zumindest ein Schaltelement **S1**, **S2** elektrisch sperrend zu schalten ist. Der Kurzschluss kann in der Batteriezelle **14** vorliegen oder, wie in **Fig. 1** dargestellt, außerhalb der Batteriezelle **14** als Kurzschluss **24** beispielsweise in der Verschaltungseinrichtung **16** oder in einer anderen Batteriezelle oder in dem elektrischen Bordnetz **13** vorliegen.

[0033] Eine Schalteinrichtung **25** kann das Auslösesignal **23** empfangen und daraufhin das zumindest eine Schaltelement **S1**, **S2** ansteuern, um es den elektrisch sperrenden Zustand zu schalten, wodurch ein weiterer Anstieg einer Stromstärke des Stromes I blockiert oder verhindert ist. Die Schalteinrichtung **25** kann auf einen Mikrocontroller basieren.

[0034] Zusätzlich kann eine weitere Sensoreinrichtung **26** bereitgestellt sein, durch welche weitere Sensoren **27** betrieben werden können, beispielsweise ein Temperatursensor. Des Weiteren kann die Zellspannung U mittels einer Spannungsmesseinheit **28** überwacht werden. Die Sensoreinrichtung **26** und die Spannungsmesseinheit **28** sowie geeignete Sensoren **27** sind an sich aus dem Stand der Technik bekannt.

[0035] In Bezug auf den Schutz vor einem Kurzschluss **24** kann die Schutzvorrichtung **18** in der in **Fig. 2** dargestellten Weise ausgestaltet sein. In **Fig. 2** ist noch einmal das Messelement **19** dargestellt, durch welches der Strom I aus der elektrochemischen Zelle **C** hin zu einem Zellpol **17** fließen kann. Das Messelement **19** kann beispielsweise auf der Grundlage eines Shunt-Widerstands **29** realisiert sein, über welchem die Messspannung **21** in Abhängigkeit von einer Stromstärke des Stromes I abfällt, das heißt ein Betrag der Messspannung **21** hängt von der Stromstärke gemäß dem ohmschen Gesetz ab.

[0036] Die analoge Überwachungsschaltung **20** kann eine Vergleichseinrichtung **30** aufweisen, die mit dem Messelement **19** gekoppelt ist. An einem Ausgang **31** der Vergleichseinrichtung **30** kann ein Komparator **32** vorgesehen sein, um ein Ausgangssignal **33** der Vergleichseinrichtung **30** mit einem Vergleichswert **34** zu vergleichen und für den Fall, dass das Ausgabesignal **33** den Vergleichswert **34** überschreitet oder unterschreitet, kann durch den Komparator **32** das Auslösesignal **23** erzeugt werden.

[0037] Eine Funktionsweise der Vergleichseinrichtung **30** wird im Folgenden anhand von **Fig. 2** und **Fig. 3** erläutert.

[0038] **Fig. 3** zeigt in einem Diagramm über der Zeit t zeitliche Verläufe der Zellspannung U und des Stromes I , der hier ein Zellstrom der elektrochemischen Zelle **C** sein kann. Für die weitere Erläuterung sei angenommen, dass der Kurzschluss **24** zu einem Kurzschlusszeitpunkt **T** auftritt. Durch die Vergleichseinrichtung **30** kann überwacht werden, ob eine zeitliche Veränderung der Stromstärke des Stromes I innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer **35** sich um mehr als einen vorbestimmten Deltawert D verändert. In dem dargestellten Beispiel ist der Deltawert auf den Wert **800** Ampere eingestellt, wobei dies nur ein beispielhafter Deltawert D ist. In **Fig. 3** liegt ein Beispiel zugrunde, bei welchem der Kurzschluss **24** eine elektrische Verbindung mit einem Widerstandswert von **1** Milliohm zwischen den Zellpolen **17** verursacht. Die Vergleichseinrichtung **30** erkennt zum Kurzschlusszeitpunkt **T** oder ab dem Kurzschlusszeitpunkt **T**, dass sich die Stromstärke des Stromes I innerhalb des Zeitdauerwerts **35** um mehr als den Deltawert D verändert. Damit ergibt sich ein Gradient dl/dt der Stromstärke des Stromes I , der über einem Grenzwert liegt, was einen steilen Stromanstieg aufgrund eines Kurzschlusses **24** signalisiert.

[0039] Das Ausgabesignal **33** kann für diesen Vergleich beispielsweise mittels der in **Fig. 2** dargestellten analogen Schaltung erzeugt werden, bei welcher das Messelement **19** mit einer Verstärkerschaltung **36** gekoppelt ist, welche die Messspannung **21** verstärkt. Die Verstärkerschaltung **36** kann bei Bedarf vorgesehen werden. Die verstärkte Messspannung **21'** (oder die unverstärkte Messspannung **21**) kann eine Kondensatorspannung **37** eines Kondensators **38** der Vergleichseinrichtung **30** einstellen oder festlegen. Dies geht aber nicht beliebig schnell, sondern eine Zeitkonstante, mit welcher eine Spannung des Kondensators **38** verändert werden kann, kann durch eine Induktivität **39** begrenzt werden, wenn der Kondensator **38** seine elektrische Ladung über ein Massepotential **40** umlädt. Die Zeitkonstante kann hierdurch durch einen Wert der Induktivität **39** und eines ohmschen Widerstands **41** eingestellt werden und somit auf die möglichen Lastfälle oder Zeitvorgänge in dem elektrischen Bordnetz **13** angepasst wer-

den. Somit kann eine vorgesehene Lastanforderung, wie beispielsweise das Beschleunigen des Kraftfahrzeugs **10**, von einem einsetzenden oder beginnenden Kurzschluss **24** unterschieden werden. Die dargestellte Schaltung kann realisiert werden, indem ein Hochpassfilter **42** zweiter Ordnung als analoge Schaltung realisiert oder bereitgestellt wird. Das Ausgabesignal **33** kann in der beschriebenen Ausgestaltung eine Ausgabespannung **39'** sein, die über der Induktivität **39** abfallen kann, wenn ein Umladevorgang im Kondensator **38** aufgrund einer Veränderung der verstärkten Messspannung **21'** stattfindet.

[0040] Alternativ kann die Vergleichseinrichtung **30** auf einer Schaltung eines Differenzierers beruhen, wozu auch ein Operationsverstärker vorgesehen sein kann.

[0041] Um eine schärfere Abgrenzung oder störungsfreiere Erkennung des Beginns des Kurzschlusses **24** zu ermöglichen, kann das Ausgabesignal **33** der Vergleichseinrichtung **30** über den Komparator **32** mit dem Vergleichswert **34** verglichen werden, um das Auslösesignal **23** als ein Schaltsignal, welches zwischen zwei Signalzuständen geschaltet wird, bereitzustellen. Der Vergleichswert **34** kann dabei auch anpassbar oder einstellbar sein und beispielsweise durch eine Steuereinrichtung **44** vorgegeben sein, welche einen bevorstehenden oder geplanten Belastungsvorgang oder Schaltvorgang im elektrischen Bordnetz **13** kennt oder plant. Somit kann der Vergleichswert **34** beispielsweise über eine Kommunikationsverbindung **45** von der Steuereinrichtung **44** hin zu einer Kommunikationseinrichtung **46** der Batteriezelle **14** oder der Schutzvorrichtung **18** ausgesendet oder übertragen werden. Die Schutzvorrichtung **18** kann dann den empfangenen Vergleichswert **34** für den Komparator **32** einstellen oder bereitstellen. Soll dann beispielsweise ein Elektromotor für einen Antrieb des Kraftfahrzeugs **10** in einem Boost-Modus mit einem Strom versorgt werden, der für eine vorbestimmte Höchstzeitdauer größer als der Nennstrom ist, oder ein Schnellladebetrieb gestartet werden, so kann ein Auslösen der Schutzvorrichtung **18** dadurch verhindert werden, dass der Vergleichswert **34** entsprechend angepasst wird. Danach kann dann wieder auf den zuvor eingestellten oder für den Normalbetrieb vorgesehene Vergleichswert **34** zurückgestellt werden.

[0042] Fig. 4 veranschaulicht, dass die beschriebene Detektion oder Erkennung des Kurzschlusses **24** mittels der Schutzvorrichtung **18** auch dann möglich ist, falls der Kurzschluss **24** einen Widerstandswert von 5 Milliohm anstelle von 1 Milliohm zwischen den Zellpolen **17** verursacht. Der Deltawert D ist hier entsprechend angepasst.

[0043] Fig. 5 veranschaulicht, dass eine Detektion auch bei einem Kurzschluss **24** mit 10 Milliohm mög-

lich ist, wenn der Deltawert D auf beispielsweise einen Wert im Bereich von 50 Ampere bis 300 Ampere eingestellt wird.

[0044] Es ist somit lediglich eine Anpassung des Deltawerts D notwendig, um auf unterschiedliche Kurzschlussstypen reagieren zu können oder um Kurzschlüsse **24** unterschiedlicher Widerstandswerte berücksichtigen zu können.

[0045] Dargestellt ist des Weiteren, wie zu einem Endzeitpunkt **T1** der Kurzschluss beendet ist und sich hierdurch die Zellspannung U wieder aufbaut. Zu beachten ist, dass der Endzeitpunkt **T1** nicht dem Abschaltzeitpunkt entspricht, wie er durch die Schutzvorrichtung bewirkt werden kann. Der Abschaltvorgang der Schutzvorrichtung **18** ist in Fig. 3 bis Fig. 5 nicht gezeigt. Er würde zum Kurzschlusszeitpunkt T oder unmittelbar danach (das heißt in weniger als 1 Sekunde nach dem Kurzschlusszeitpunkt T) erfolgen. Dargestellt ist zur Veranschaulichung der Auswirkungen des Kurzschlusses vielmehr ein konventioneller Verlauf ohne Kurzschlusserkennung und ohne Kurzschlussabschaltung. Mit anderen Worten ist dargestellt, was passiert, wenn man nicht tut.

[0046] Mittels einer Stromgradientenmessung dI/dt kann somit der Kurzschluss **24** oder eine vergleichbar starke Änderung im Stromfluss erkannt werden. Dazu sind eine Strommessenrichtung in Form des Messelements **19** (beispielsweise ein Shunt-Widerstand **29**) und eine zeitliche Stromgradientenermittlung erforderlich, die in der analogen Überwachungsschaltung **20** mittels der Vergleichseinrichtung **30** realisiert sein kann. Die Schutzvorrichtung **18** kann damit zu Beginn oder beim Einsetzen eines Kurzschlusses **24** innerhalb einer Zeitdauer, die in einem Bereich von 10 Mikrosekunden bis 10 Millisekunden liegen kann, ein Schaltelement **S1**, **S2** oder mehrere Schaltelemente **S1**, **S2** elektrisch sperrend schalten oder elektrisch sperrend halten (bei bereits geöffneten oder elektrisch sperrendem Schaltelement), so dass es nicht zu dem Stromfluss kommt, wie er bei Aufrechterhalten des Kurzschlusses **24** und bei weiter zugeschalteter elektrochemischer Zelle C kommen würde. Damit wird ein Schaden an der Batteriezelle **14** vermieden.

[0047] Die Kommunikationsverbindung **45** kann beispielsweise auf der Grundlage einer kabelgebundenen Kommunikation oder einer Funkkommunikation beruhen. Es können beispielsweise ein Kommunikationsbus und/oder ein Lichtfaser-Kommunikationsnetz in dem Batteriesystem **11** vorgesehen sein. Eine Funkverbindung kann beispielsweise auf der Grundlage einer Bluetooth-Technologie und/oder einer WLAN-Technologie (WLAN - Wireless Local Area Network) realisiert sein.

[0048] Bei erkanntem Kurzschluss, wenn das Auslösesignal **23** erzeugt wird, kann über die Kommunikationseinrichtung **46** auch ein Hinweissignal **43** an zumindest eine weitere Batteriezelle **14** ausgesendet werden, beispielsweise an zumindest eine Nachbarzelle und/oder die Steuereinrichtung **44**, sodass hierdurch auch eine zusätzliche Schutzmaßnahme gesteuert oder eingeleitet werden kann.

[0049] Somit ergibt sich eine sehr schnelle Kurzschlussdetektion und folglich eine Stromabschaltung, noch während sich ein Kurzschlussstrom aufbaut. Es handelt sich um eine einfach zu implementierende Zusatzfunktion in einer Batteriezelle **14**. Es ist auch eine robuste oder zuverlässige Unterscheidung zwischen einem Kurzschluss **24** und einem bestimmungsgemäßen Stromfluss während einer Beschleunigung des Kraftfahrzeugs **10** und/oder während eines Boost-Modus möglich. Hierdurch ergibt sich eine Steigerung in der Zuverlässigkeit des Betriebs der Batteriezelle **14**. Da das Aufbauen eines Kurzschlussstroms verhindert ist, erfolgt also eine Vermeidung von ungewünschten heftigen Batteriezellbelastungen. Die Auslöseschwelle zum Erzeugen des Auslösesignals kann über zumindest einen einstellbaren Schwellwert und/oder Parameterwert veränderbar oder anpassbar sein, wie dies im Zusammenhang mit dem Vergleichswert **34** beschrieben ist. Es kann aber auch vorgesehen sein, zumindest einen anderen Schwellwert und/oder Parameterwert variabel auszugestalten und in Abhängigkeit von einem geplanten oder bevorstehenden Lastfall des elektrischen Bordnetzes **13** anzupassen, um eine Fehlauflösung der Schutzvorrichtung zu vermeiden. Beispielsweise kann der Deltawert D und/oder der Zeitdauerwert **35** als ein jeweiliger einstellbarer oder konfigurierbarer Parameterwert der Schutzvorrichtung **18** vorgesehen sein.

[0050] Insgesamt zeigen die Beispiele, wie durch die Erfindung eine Kurzschlussdetektion mittels Stromgradientenmessung bei schaltbaren Batteriezellen (Smart-Cells) bereitgestellt werden kann.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- EP 2194600 B1 [0003]
- DE 102011121604 A1 [0004]
- DE 102013220760 A1 [0005]
- DE 102017203211 A1 [0006]
- US 2015048799 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Schutzvorrichtung (18) zum Abschalten zumindest einer Batteriezelle (14) in einem Batteriesystem (11) im Falle eines elektrischen Kurzschlusses (24), wobei die Schutzvorrichtung (18) dazu eingerichtet ist, einen elektrischen Strom (I), der durch die zumindest eine Batteriezelle (14) fließt, durch ein Messelement (19) zu führen, in welchem der Strom (I) in Abhängigkeit von seiner Stromstärke und/oder seinem Stromstärkegradienten eine elektrische Messspannung (21) erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, dass

das Messelement (19) mit einer analogen Überwachungsschaltung (20) gekoppelt ist, in welcher eine Vergleichseinrichtung (30) dazu eingerichtet ist, ein Auslösesignal (23) für den Fall auszulösen, dass die Stromstärke innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer (35) mindestens um einen vorbestimmten Deltawert (D) ansteigt, und eine Schalteinrichtung (25) dazu eingerichtet ist, das Auslösesignal (23) zu empfangen und den Strom (I) bei Empfangen des Auslösesignals (23) durch Schalten zumindest eines Schaltelements (S1, S2) zu unterbrechen.

2. Schutzvorrichtung (18) nach Anspruch 1, wobei das Messelement (19) die Messspannung (21) in Abhängigkeit von der Stromstärke erzeugt und die Vergleichseinrichtung (30) einen Kondensator (38) und/oder eine Induktivität (39) weist und dazu eingerichtet ist, im Betrieb der Schutzvorrichtung (18) ein Umladen des Kondensators (38) mit einer vorbestimmten Zeitkonstante zu begrenzen, wobei der Kondensator (38) mit dem Messelement (19) gekoppelt ist.

3. Schutzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vergleichseinrichtung (30) eine Hochpassfilterschaltung (42) aufweist.

4. Schutzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Messelement (19) auf der Grundlage eines Shunt-Widerstands (29) gebildet ist.

5. Schutzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Überwachungsschaltung (20) eine analoge Komparatorschaltung (32) umfasst, die dazu eingerichtet ist, das Auslösesignal (23) in Abhängigkeit von einem Ausgabesignal (33) der Vergleichseinrichtung (30) zu erzeugen.

6. Schutzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei dem Messelement (19) eine Verstärkerschaltung (36) zum Verstärken des Messsignals (21) und/oder eine Filterschaltung nachgeschaltet ist.

7. Batteriezelle (14), mit einer elektrochemischen Zelle (16) zum Erzeugen eines Zellstroms (I) und mit

zumindest einem integrierten Schaltelement (S1, S2) zum Schalten des Zellstroms (I), wobei in die Batteriezelle (14) eine Schutzvorrichtung (18) nach einem der vorhergehenden Ansprüche integriert ist.

8. Batteriesystem (11) mit mehreren Batteriezellen (14) und mit zumindest einer Schutzvorrichtung (18) nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

9. Kraftfahrzeug (10) oder Stationärspeicher, jeweils mit einem Batteriesystem (11) nach Anspruch 8.

10. Verfahren zum Abschalten zumindest einer Batteriezelle (14) in einem Batteriesystem (11) im Falle eines elektrischen Kurzschlusses (14), wobei eine Schutzvorrichtung (18) einen elektrischen Strom (I), der durch die zumindest eine Batteriezelle (14) fließt, durch ein Messelement (19) führt, in welchem der Strom (I) in Abhängigkeit von seiner Stromstärke und/oder seinem Stromstärkegradienten eine elektrische Messspannung (21) erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messelement (19) mit einer analogen Überwachungsschaltung (20) gekoppelt ist, in welcher eine Vergleichseinrichtung (30) ein Auslösesignal (23) für den Fall auslöst, dass die Stromstärke innerhalb einer vorbestimmten Zeitdauer (35) um mindestens einen vorbestimmten Deltawert (D) ansteigt, und eine Schalteinrichtung (25) in Abhängigkeit von dem Auslösesignal (23) den Strom (I) durch Schalten zumindest eines Schaltelements (S1, S2) unterbricht.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

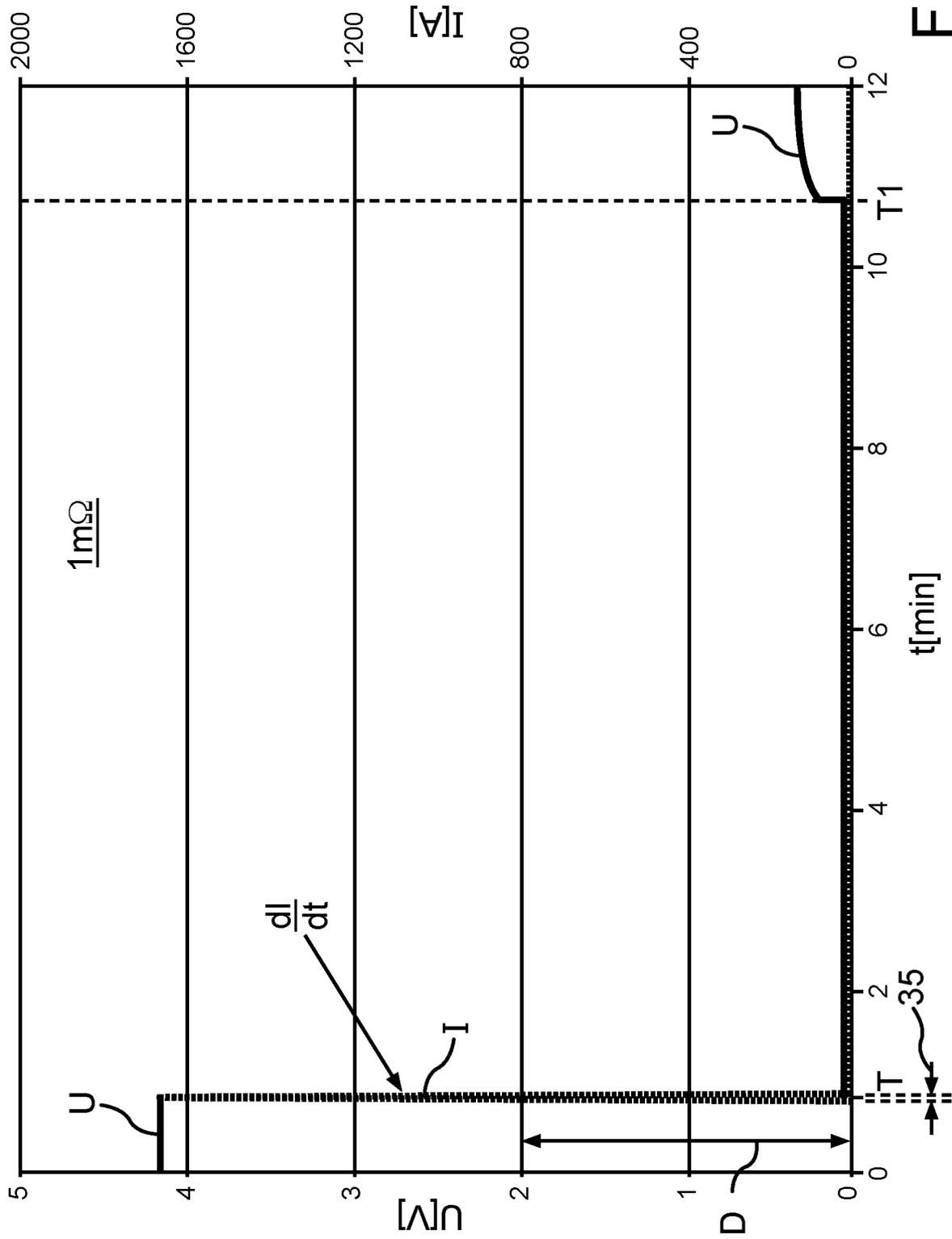


Fig.3

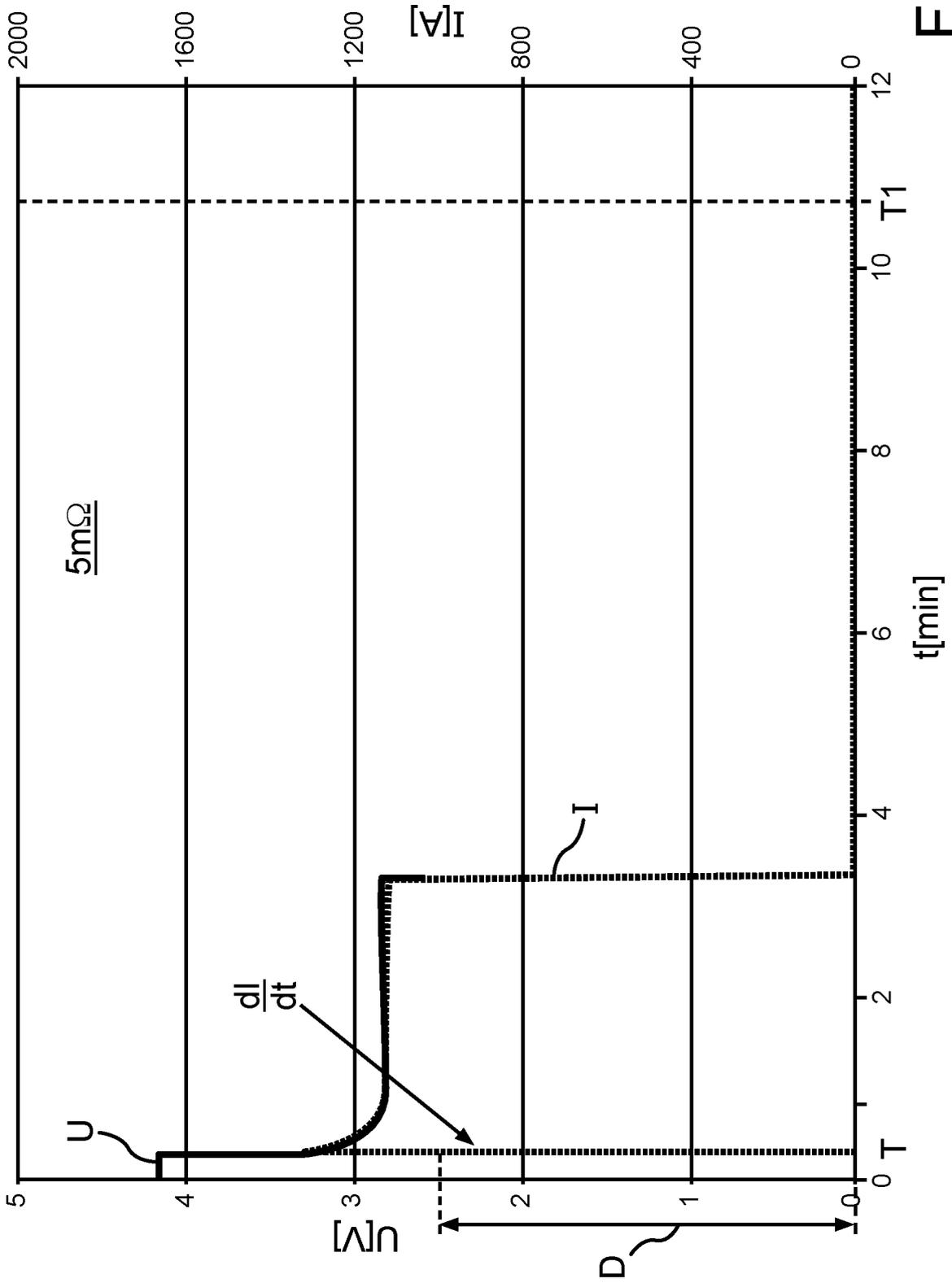


Fig.4

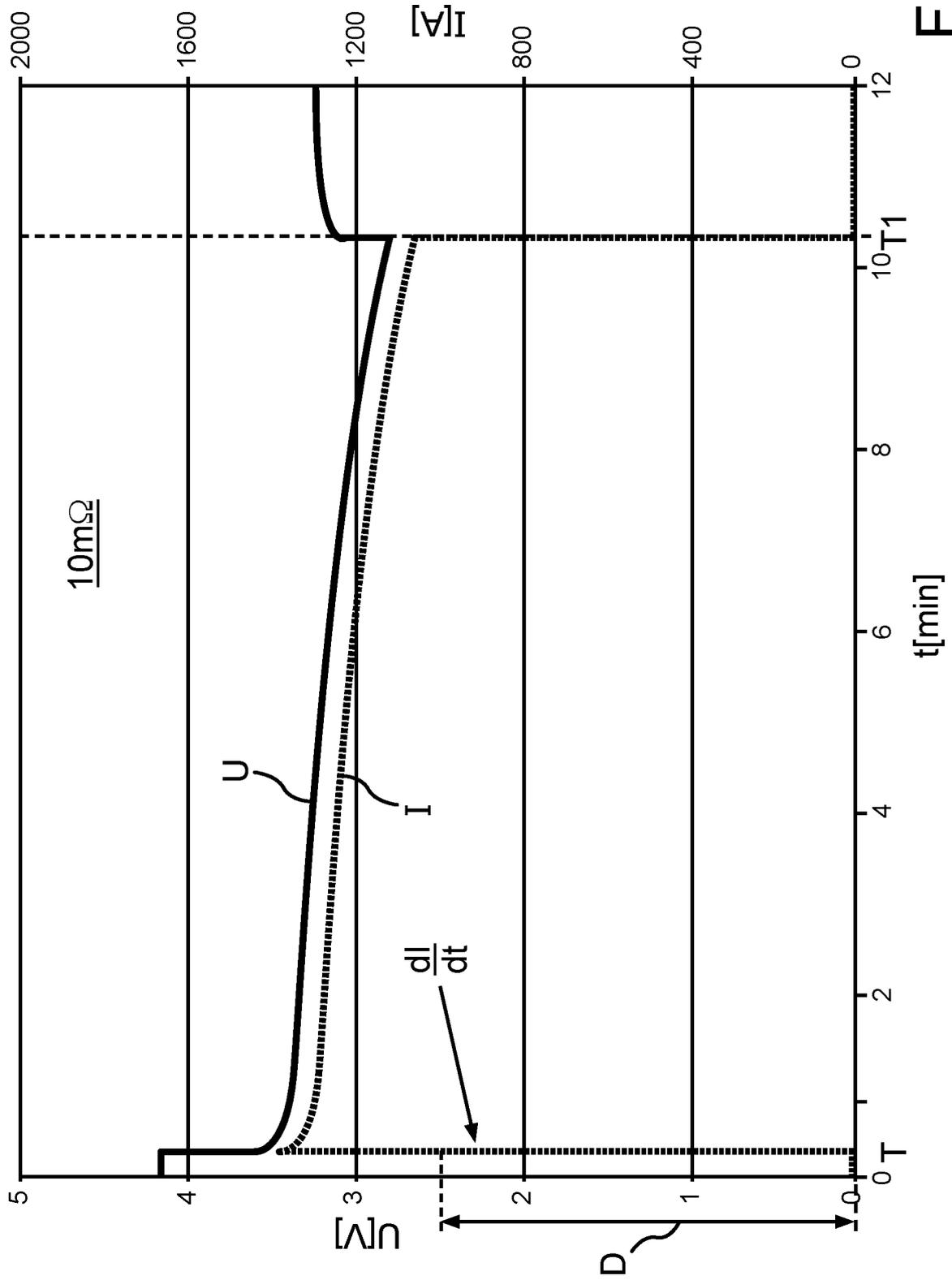


Fig.5