



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 204 586.6**  
(22) Anmeldetag: **11.05.2022**  
(43) Offenlegungstag: **16.11.2023**

(51) Int Cl.: **H03K 17/082** (2006.01)  
**B60R 16/03** (2006.01)  
**G01R 31/52** (2020.01)  
**H02H 9/02** (2006.01)

(71) Anmelder:  
**Robert Bosch Gesellschaft mit beschränkter  
Haftung, 70469 Stuttgart, DE**

(72) Erfinder:  
**Wolf, Mathis, 70825 Korntal-Münchingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

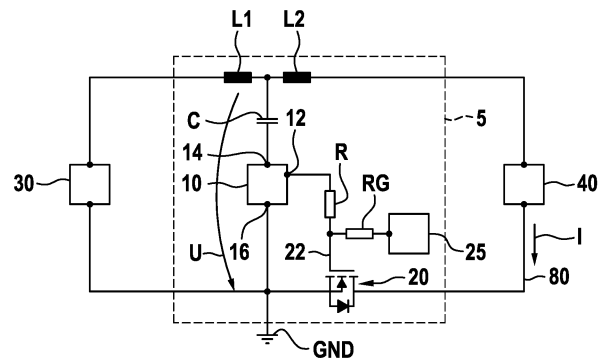
DE	103 55 964	A1
DE	10 2017 123 644	A1
US	6 304 472	B1
WO	2010/ 051 836	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Schaltungsanordnung zur Strombegrenzung und elektrisches System**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung (5) und ein elektrisches System, wobei in der Schaltungsanordnung (5) ein Ausgangsanschluss (12) einer Strombegrenzungssteuerschaltung (10) über einen Widerstand (R) mit einem Steuereingang (22) eines Halbleiterschalter (20) verbunden ist und wobei ein Gate-Treiber (25) über den Gate-Widerstand (RG) mit dem Steuereingang (22) des Halbleiterschalters (20) und mit dem Widerstand (R) verbunden ist. Die Strombegrenzungssteuerschaltung (10) ist eingerichtet, ihre Ausgangsimpedanz am Ausgangsanschluss (12) zu verändern, um den Halbleiterschalter (20) anzusteuern. Ein Source-Anschluss des Halbleiterschalters (20) ist mit einem Bezugspotential (GND) der Schaltungsanordnung (5) verbunden und der Halbleiterschalter (20) ist eingerichtet, einen Strom (I) in einem Stromkreis zwischen einer elektrischen Energiequelle (30) und einer Last (40) einzustellen. Eine erste Induktivität (L1) und eine zweite Induktivität (L2) sind innerhalb des Stromkreises in Reihe geschaltet, wobei ein erster Eingangsanschluss (14) der Strombegrenzungssteuerschaltung (10) über eine Kapazität (C) mit einem Knoten zwischen den Induktivitäten (L1, L2) verbunden ist. Die Strombegrenzungssteuerschaltung (10) ist eingerichtet, ein überstrombedingtes Umladen der Kapazität (C) zu erkennen und als Reaktion darauf eine Ausgangsimpedanz des Halbleiterschalters (20) zu erhöhen, sodass die erhöhte Ausgangsimpedanz dem Überstrom entgegenwirkt.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Strombegrenzung und ein elektrisches System mit einer solchen Schaltungsanordnung.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik sind elektrische Systeme wie Antriebsstränge batterieelektrisch angetriebener Fahrzeuge bekannt, in welchen Fehlerzustände, insbesondere niederimpedante Kurzschlüsse ermittelt werden und in welchen im Fehlerfall geeignete Maßnahmen zur Begrenzung und/oder Verhinderung von Beschädigungen von Komponenten der elektrischen Systeme ausgeführt werden.

**[0003]** Insbesondere in batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen ist es wichtig, einen elektrischen Kurzschluss, beispielsweise in einem Stromkreis zwischen einer Traktionsbatterie und einem Inverter, im Millisekundenbereich zu unterbinden. Herkömmlicherweise wird hierfür eine Spannung über einem Shunt mittels einer Messelektronik überwacht, um bei einer Überschreitung einer bestimmten Spannung ein pyrotechnisches Batterietrennsystem (engl. pyrofuse) anzusteuern, sodass ein den Kurzschluss aufweisender Stromkreis unterbrochen wird.

**[0004]** DE 102019202163 A1 beschreibt eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abschalten einer Batteriezelle in einem Batteriesystem eines Fahrzeugs im Falle eines elektrischen Kurzschlusses. Hierzu wird ein Messelement verwendet, um eine Messspannung basierend auf einem Stromstärkegradienten zu erzeugen. Über eine mit dem Messelement verbundene Anlogschaltung wird der Kurzschluss erkannt, wobei die Anlogschaltung einen Schalter ansteuert, um den Stromfluss zu unterbrechen.

## Offenbarung der Erfindung

**[0005]** Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Schaltungsanordnung zur Strombegrenzung vorgeschlagen, welche vorteilhaft in einem batterieelektrisch betriebenen Fahrzeug einsetzbar ist, um beispielsweise eine Traktionsbatterie und/oder weitere Komponenten, insbesondere eines Antriebsstrangs eines Fahrzeugs im Falle eines auftretenden Überstroms vor einer Beschädigung zu schützen.

**[0006]** Es sei darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung nicht auf einen solchen Anwendungsbereich beschränkt ist und grundsätzlich in beliebigen elektrischen Systemen vorteilhaft einsetzbar ist. Es sei zudem darauf hingewiesen, dass eine durch die erfindungsgemäße

Schaltungsanordnung realisierte Strombegrenzung vorteilhaft eine Begrenzung eines Stroms auf einen von 0 A abweichenden vordefinierten Wert oder Wertebereich sicherstellt, dass aber explizit auch eine vollständige Strombegrenzung auf einen Wert von 0 A oder annähernd 0 A möglich ist.

**[0007]** Die Schaltungsanordnung zur Strombegrenzung weist eine erste Induktivität, eine zweite Induktivität, eine Strombegrenzungssteuerschaltung, einen Widerstand, eine Kapazität, einen Halbleiterschalter, einen Gate-Treiber und einen Gate-Widerstand auf.

**[0008]** Ein Ausgangsanschluss der Strombegrenzungssteuerschaltung ist über den Widerstand mit einem Steuereingang (i. d. R. einem Gate-Anschluss) des Halbleiterschalters verbunden.

**[0009]** Des Weiteren ist der Gate-Treiber über den Gate-Widerstand mit dem Steuereingang des Halbleiterschalters und mit dem Widerstand verbunden und eingerichtet, den Halbleiterschalter zum Öffnen und zum Schließen anzusteuern. Das Öffnen und Schließen umfasst explizit auch mögliche Ansteuerungszustände zwischen einem vollständigen Schließen und einem vollständigen Öffnen des Halbleiterschalters, d. h. unterschiedliche „Aufsteuerungsgrade“ des Halbleiterschalters. Der Gate-Widerstand und der Begrenzungswiderstand bilden entsprechend einen Spannungsteiler aus, welcher in Abhängigkeit der Ausgangsimpedanz der Strombegrenzungssteuerungsschaltung eingestellt wird.

**[0010]** Die Strombegrenzungssteuerschaltung ist eingerichtet, eine Ausgangsimpedanz der Strombegrenzungssteuerungsschaltung am Ausgangsanschluss zu verändern, um den Halbleiterschalter anzusteuern.

**[0011]** Ein Source-Anschluss des Halbleiterschalters ist mit einem Bezugspotential der Schaltungsanordnung (z. B. einem Massepotential oder einem davon abweichenden Potential) verbunden und der Halbleiterschalter ist eingerichtet, einen Strom in einem Stromkreis aus einer elektrischen Energiequelle (nachfolgend verkürzt auch „Energiequelle“ genannt) und einer Last (nachfolgend verkürzt auch „Last“ genannt) in Abhängigkeit einer Ansteuerung durch die Strombegrenzungssteuerschaltung einzustellen.

**[0012]** Hierfür ist eine Laststrecke des Halbleiterschalters (i. d. R. ein Kanal zwischen einem Source- und einem Drain-Anschluss des Halbleiterschalters) in Reihe zwischen die Energiequelle und die Last geschaltet. Es sei darauf hingewiesen, dass der Halbleiterschalter sowohl in einem Zweig zwischen der Energiequelle und der Last angeordnet sein kann, welcher das höhere Potential der beiden

Zweige zwischen der Energiequelle und der Last aufweist, als auch in dem Zweig, welcher das niedrigere Potential aufweist.

**[0013]** Die erste Induktivität und die zweite Induktivität sind innerhalb des Stromkreises in Reihe geschaltet, wobei die erste Induktivität und/oder die zweite Induktivität in dem Zweig mit dem höheren Potential und/oder in dem Zweig mit dem niedrigeren Potential im Stromkreis zwischen der Energiequelle und der Last angeordnet sein können. Darüber hinaus ist es möglich, dass die erste Induktivität zumindest anteilig durch eine Induktivität der elektrischen Energiequelle ausgebildet ist und/oder dass die zweite Induktivität zumindest anteilig durch eine Induktivität der Last ausgebildet ist.

**[0014]** Ein erster Eingangsanschluss der Strombegrenzungssteuerschaltung ist über die Kapazität mit einem Knoten zwischen der ersten Induktivität und der zweiten Induktivität verbunden und ein zweiter Eingangsanschluss der Strombegrenzungssteuerschaltung ist mit dem Bezugspotential verbunden.

**[0015]** Auf Basis dieser Konfiguration ist die Strombegrenzungssteuerschaltung eingerichtet, ein überstrombedingtes Umladen der Kapazität zu erkennen und als Reaktion darauf ihre Ausgangsimpedanz zu reduzieren, um somit auf Basis eines Spannungsabfalls über dem Widerstand eine Ausgangsimpedanz des Halbleiterschalters zu erhöhen, sodass die erhöhte Ausgangsimpedanz im Halbleiterschalter dem Überstrom entgegenwirkt.

**[0016]** Das überstrombedingte Umladen der Kapazität kann insbesondere durch einen niederimpedanten Kurzschluss im Stromkreis verursacht werden, welcher zu jeweiligen Spannungsabfällen über der ersten Induktivität und der zweiten Induktivität führt. Alternativ oder zusätzlich kann das Umladen allgemeiner auch durch einen Stromgradienten im Stromkreis verursacht werden, der einen für den Stromkreis vordefinierten zulässigen Stromgradienten überschreitet. Beispielsweise lässt sich die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung derart auslegen, dass einem auftretenden Kurzschluss durch die Schaltungsanordnung bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt entgegengewirkt wird, zu dem ein für den Kurzschluss charakteristischer Stromgradient erreicht ist, wodurch eine besonders schnelle Kurzschlussgegensteuerung umsetzbar ist.

**[0017]** Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung bietet neben der besonders schnellen Erkennung und schnellen Handhabung eines Überstroms (da beispielsweise Kurzschlüsse mit sehr hohem Stromanstieg bereits bei sehr niedrigen Strömen erkannt und begrenzt werden können) u. a. die Vorteile, dass Komponenten innerhalb des Stromkreises, in dem die Schaltungsanordnung eingesetzt

wird, zuverlässig vor einer Beschädigung durch einen Überstrom geschützt werden können.

**[0018]** Sie bietet zudem den Vorteil, dass durch eine geeignete Festlegung elektrischer Parameter der Schaltungsanordnung eine Energieversorgung der Last und/oder weiterer Lasten im Stromkreis automatisch wiederaufgenommen werden kann, sobald der überstrombedingte Stromgradient abklingt. Ein solcher Fall ist beispielsweise dann denkbar, wenn der Überstrom durch einen in den Stromkreis eingekoppelten zeitlich begrenzten Störimpuls und/oder durch ähnliche temporär auftretenden Ereignisse verursacht wird. Dadurch lässt sich eine Verfügbarkeit von Komponenten des Stromkreises erhöhen, was sich insbesondere bei einer Verwendung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung im Zusammenhang mit einer Überwachung eines Antriebsstrangs eines batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugs vorteilhaft auswirken kann.

**[0019]** Es sei ferner allgemein darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung und insbesondere die Strombegrenzungssteuerschaltung vorteilhaft zusätzlich eine Schutzschaltung und/oder eine Filterschaltung aufweisen können, um beispielsweise eingekoppelte kurze Störpulse zu filtern, sodass sich diese nicht strombegrenzend auf den Stromkreis auswirken, wodurch eine Verfügbarkeit der Schaltungsanordnung verbessert wird.

**[0020]** Besonders vorteilhaft ist die Strombegrenzungsschaltung zudem als Analogschaltung und insbesondere als passive Analogschaltung ausgebildet, da auf diese Weise eine besonders schnelle Reaktion der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung auf einen vorliegenden Überstrom ermöglicht wird.

**[0021]** Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

**[0022]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist der Halbleiterschalter ein Leistungshalbleiterschalter, alternativ oder zusätzlich ein MOSFET, ein IGBT, oder ein JFET, und weiter alternativ oder zusätzlich ein Si, ein SiC, oder ein GaN basierter Halbleiterschalter. Zudem ist es möglich, dass der Halbleiterschalter ein topologischer Halbleiterschalter ist, welcher aus einer Vielzahl (z. B. zwei, drei, vier oder mehr) parallelgeschalteter Einzelhalbleiterschalter ausgebildet ist. Letzteres lässt sich insbesondere dann vorteilhaft einsetzen, wenn hohe Ströme mittels des Halbleiterschalters zu schalten und/oder zu reduzieren sind.

**[0023]** Die erste Induktivität und/oder die zweite Induktivität sind bevorzugt eine parasitäre Induktivität und/oder ein diskretes Bauelement und/oder eine Spule und/oder ein Transformator. Alternativ oder zusätzlich sind diese eine Induktivität eines Shunt-

Elements und/oder eines Drain-Source-Kanals eines Halbleiterschalters und insbesondere des Halbleiterschalters der Schaltungsanordnung und/oder einer Leitung des Stromkreises und/oder einer Stromschiene und/oder einer Leiterbahn einer Leiterplatte. Insbesondere in dem Fall, in dem die erste Induktivität und/oder die zweite Induktivität eine parasitäre Induktivität einer ohnehin vorhandenen Komponente des Stromkreises ist, lässt sich eine besonders kostengünstige und einfache Umsetzung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung erreichen. Die parasitäre Induktivität eines Shunt-Elements ist beispielsweise präzise durch die geometrischen Dimensionen des Shunt-Elements festlegbar. Zudem ist es möglich, mittels eines oder mehrerer zusätzlich hinzugefügter Abgriffe an einer bestehenden Komponente des Stromkreises (z. B. an besagtem Shunt-Element) einen geeigneten Wert für die erfindungsgemäß benötigte Induktivität auf flexible Weise einzustellen.

**[0024]** Vorteilhaft ist die Schaltungsanordnung eingerichtet, die überstrombedingt erhöhte Ausgangsimpedanz des Halbleiterschalters dauerhaft aufrechtzuerhalten (z. B. auf Basis einer Latch-Schaltung), sodass eine Reduzierung des Umladestroms der Kapazität nach einem überstrombedingten Stromgradienten nicht zu einer vollen Wiederaufsteuerung des Halbleiterschalters führt, obwohl die Ursache des Überstroms (z. B. ein Kurzschluss) nach wie vor vorhanden ist. Alternativ ist es möglich, die erhöhte Ausgangsimpedanz nach einem vordefinierten Zeitraum auf einen ursprünglichen Wert vor dem Auftreten des Überstroms zurückzuführen, wenn sich der Spannungsabfall über der ersten Induktivität und der zweiten Induktivität reduziert. Dies bietet u. a. den Vorteil, dass kurzzeitig auftretende Überströme, welche beispielsweise durch eingekoppelte Störpulse verursacht werden, nicht zu einer dauerhaften Reduzierung der Ausgangsimpedanz des Halbleiterschalters führen. Der vordefinierte Zeitraum ist vorteilhaft in Abhängigkeit einer erwarteten Dauer potentiell auftretender Störpulse und/oder davon abweichender überstromverursachender Ereignisse festgelegt.

**[0025]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Schaltungsanordnung eingerichtet, einen Stromfluss durch den Halbleiterschalter vollständig zu unterbinden, wenn ein überstrombedingtes Umladen der Kapazität erkannt wird. Dies erfolgt beispielsweise durch eine Abschalterschaltung, deren Eingang parallel zum ersten Eingangsanschluss und zum zweiten Eingangsanschluss der Strombegrenzungssteuerschaltung geschaltet ist und deren Ausgang direkt mit dem Steuereingang des Halbleiterschalters verbunden ist, sodass der Steuereingang des Halbleiterschalters in Richtung des Source-Potentials oder vorzugsweise auf das Source-Potential des Halbleiterschalters

gezogen wird. Eine Parallelschaltung einer solchen Abschalterschaltung bietet den Vorteil, dass im Falle eines vorliegenden Überstroms mittels der Strombegrenzungssteuerschaltung zunächst mit einer sehr kurzen Ansprechzeit eine Stromreduzierung im Stromkreis auf einen vordefinierten Wert größer als 0 A erfolgen und zeitlich nachgelagert (z. B. nach einer vordefinierten Verzögerungszeit) eine vollständige Unterbrechung des Stromkreises durch die Abschalterschaltung erfolgen kann. Dadurch lässt sich u. a. erreichen, dass der Stromkreis bei zeitlich begrenzten Stromgradienten nicht vollständig unterbrochen werden muss. Alternativ oder zusätzlich zur Abschalterschaltung ist es auch möglich, den Widerstand R auf einen minimalen Widerstandswert zu reduzieren, welcher beispielsweise nur durch den Widerstand einer Verbindungsleitung zwischen dem Ausgangsanschluss der Strombegrenzungssteuerschaltung und dem Steuereingang des Halbleiterschalters ausgebildet ist.

**[0026]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist der Begrenzungswiderstand ein linearer und/oder ein nichtlinearer Begrenzungswiderstand und insbesondere eine Zener-Diode. Im Fall einer Verwendung einer Zener-Diode ergibt sich der Vorteil, dass der Spannungsteiler aus dem Gate-Widerstand und dem Begrenzungswiderstand nicht in Abhängigkeit der konkreten Ausgestaltung der Schaltungsanordnung festgelegt werden muss, da stattdessen der im Wesentlichen konstante Spannungsabfall über der Zenerdiode (z. B. 6 V) für die Ansteuerung des Steuereingangs des Halbleiterschalters maßgeblich ist. Vorzugsweise ist die Strombegrenzungssteuerschaltung auf Basis eines Bipolartransistors und/oder auf Basis eines MOSFET ausgebildet ist, dessen Ausgangsimpedanz im Falle eines vorliegenden Überstroms durch eine Ansteuerung eines Steuereingangs des Bipolartransistors oder des MOSFET angepasst wird.

**[0027]** Besonders vorteilhaft weist die Schaltungsanordnung einen Entladewiderstand auf, welcher mit einem ersten Anschluss mit einem Basisanschluss des Bipolartransistors und welcher mit einem zweiten Anschluss mit einem Knoten zwischen dem Widerstand und dem Steuereingang des Halbleiterschalters verbunden ist. Entsprechend legt der Entladewiderstand fest, wie schnell die Basis des Bipolartransistors wieder auf das Gate-Potenzial hochgezogen wird, d. h., wie lange der Zustand der Strombegrenzung aktiv bleibt. Alternativ oder zusätzlich weist die Schaltungsanordnung einen Dämpfungswiderstand auf, welcher zwischen die Kapazität und den ersten Eingangsanschluss geschaltet ist. Abhängig von der Kapazität und vom Dämpfungswiderstand lassen sich eine Sensitivität und eine Trägheit der Strombegrenzungssteuerschaltung anpassen.

**[0028]** Der Bipolartransistor steuert nur solange durch, wie ein ausreichender hoher Umladestrom durch die Basis des Bipolartransistors fließt.

**[0029]** Vorteilhaft ist die Kapazität eine parasitäre Kapazität, wodurch Kosten für ein eigenständiges Bauelement eingespart werden können. Als parasitäre Kapazität kommen beispielsweise Leiterbahnkondensatoren oder davon abweichende Kapazitäten in Frage. Insbesondere bei einer Kombination der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit einer Latch-Schaltung zum Aufrechterhalten eines Zustandes einer Strombegrenzung, bietet sich die Verwendung von parasitären Kapazitäten an, da in diesem Fall eine besonders geringe Kapazität (z. B. einige Picofarad) ausreicht.

**[0030]** Die elektrische Energiequelle ist beispielsweise eine Batterie und insbesondere eine Antriebsbatterie für ein elektrisch antreibbares Fahrzeug. Die Batterie ist beispielsweise zum Bereitstellen einer Spannung im Bereich von 48 V bis 1000 V und bevorzugt zwischen 200 V und 800 V eingerichtet, ohne dadurch eine Einschränkung auf vorgenannte Spannungsbereiche vorzunehmen. Die Last ist bevorzugt ein Inverter für einen Antriebsstrang eines Fahrzeugs und/oder ein Klimakompressor und/oder eine elektrische Heizung und/oder ein On-Board-Charger, usw. Darüber hinaus ist die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung besonders dann vorteilhaft anwendbar, wenn die Last parallel zu einem Zwischenkreiskondensator geschaltet ist, durch welchen im Falle eines Kurzschlusses in der Last und/oder in einem anderen Teilbereich des Stromkreises, ein besonders hoher Stromgradient erzeugt wird, da sich eine Induktivität der Batterie im Kurzschlussfall zunächst nicht strombegrenzend auswirkt.

**[0031]** Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein elektrisches System vorgeschlagen, welches eine Schaltungsanordnung nach vorstehender Beschreibung, eine elektrische Energiequelle (z. B. eine Batterie), eine Last (z. B. einen Inverter in Verbindung mit einem Elektromotor) und ein Bordnetz für ein Fahrzeug aufweist. Das Fahrzeug ist beispielsweise ein PKW, ein LKW, ein Bus, ein Schienenfahrzeug oder ein Zweirad. Das Bordnetz ist u. a. eingerichtet, elektrische Energie der elektrischen Energiequelle an die Last zu übertragen. Die Schaltungsanordnung ist eingerichtet, einen Strom zwischen der Last und der elektrischen Energiequelle mittels einer Ansteuerung des Halbleiterschalters zu reduzieren, falls ein über das Bordnetz fließender Strom einem Überstrom entspricht.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0032]** Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben. Dabei zeigen:

**Fig. 1** ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen elektrischen Systems mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Strombegrenzung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform; und

**Fig. 2** ein Schaltbild einer Strombegrenzungssteuerschaltung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform.

#### Ausführungsformen der Erfindung

**[0033]** Fig. 1 zeigt ein Schaltbild eines erfindungsgemäßen elektrischen Systems mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 5 gemäß einer ersten Ausführungsform. Das elektrische System ist hier ein elektrisches System eines Antriebsstrangs eines batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugs.

**[0034]** Das elektrische System weist neben der Schaltungsanordnung 5 zur Strombegrenzung eine als Batterie 30 eines Antriebsstrangs des Fahrzeugs ausgebildete elektrische Energiequelle, eine als Inverter 40 des Antriebsstrangs ausgebildete Last und ein Bordnetz 80 des Fahrzeugs auf, welche gemeinsam einen Stromkreis ausbilden.

**[0035]** Die Schaltungsanordnung 5 weist eine erste Induktivität L1 und eine zweite Induktivität L2 auf, welche hier beispielhaft Induktivitäten einer elektrischen Leitung des Bordnetzes 80 sind. Alternativ oder zusätzlich können die Induktivitäten L1, L2 durch Spulen und/oder Transformatoren und/oder durch Induktivitäten der Batterie 30 und des Inverters 40 und/oder durch beliebige weitere induktive Komponenten ausgebildet sein.

**[0036]** Ein Ausgangsanschluss 12 einer Strombegrenzungssteuerschaltung 10 der Schaltungsanordnung 5 ist über einen Widerstand R mit einem Gate-Anschluss 22 eines MOSFET 20 verbunden, welcher hier ein SiC-MOSFET 20 ist. Ein Source-Anschluss des Halbleiterschalters 20 ist mit einem Bezugspotential GND der Schaltungsanordnung 5 verbunden.

**[0037]** Der MOSFET 20 ist eingerichtet, einen Strom I innerhalb des Stromkreises in Abhängigkeit einer Ansteuerung durch die Strombegrenzungssteuerschaltung 10 einzustellen.

**[0038]** Es sei darauf hingewiesen, dass sich der MOSFET 20 aus einer Vielzahl parallelgeschalteter MOSFETs 20 zusammensetzen kann, wenn beispielsweise hohe Ströme mittels des MOSFET 20 zu begrenzen bzw. zu schalten sind.

**[0039]** In einem normalen Betrieb, in welchem innerhalb des Stromkreises kein Kurzschluss bzw. kein kritischer Stromgradient vorliegt, erfolgt eine Ansteuerung des MOSFET 20 demnach nur durch

einen Gate-Treiber 25 der Schaltungsanordnung 5 über einen Gate-Widerstand RG.

**[0040]** Ein erster Eingangsanschluss 14 der Strombegrenzungssteuerschaltung 10 ist über die Kapazität C mit einem Knoten zwischen der ersten Induktivität L1 und der zweiten Induktivität L2 verbunden, während ein zweiter Eingangsanschluss 16 der Strombegrenzungssteuerschaltung 10 mit dem Bezugspotential GND verbunden ist.

**[0041]** Auf Basis dieser Konfiguration ist die Strombegrenzungssteuerschaltung 10 eingerichtet, ein kurzschlussbedingtes Umladen der Kapazität C zu erkennen und als Reaktion darauf ihre Ausgangsimpedanz zu reduzieren, um somit auf Basis eines Spannungsabfalls über dem Widerstand R eine Ausgangsimpedanz des MOSFET 20 zu erhöhen, sodass die erhöhte Ausgangsimpedanz im MOSFET 20 dem Überstrom entgegenwirkt.

**[0042]** Abhängig von einem Verhältnis jeweiliger Höhen der Induktivitäten L1, L2 stellt sich in einem Kurzschlussfall zwischen dem Knoten, welcher die Induktivitäten L1, L2 und die Kapazität C verbindet und dem Bezugspotential GND aufgrund der kurzschlussbedingten Spannungsabfälle über den Induktivitäten L1, L2 eine Spannung U ein, welche kleiner ist, als eine Versorgungsspannung U<sub>BAT</sub> der Batterie 30, wobei die Versorgungsspannung der Batterie 30 hier einem Wert von 800 V entspricht. Werden weitere Widerstände und Induktivitäten innerhalb des Stromkreis vernachlässigt, ergibt sich demnach folgende Spannung  $U = U_{BAT} \cdot L2 / (L2 + L1)$ . Sind die beiden Induktivitäten L1, L2 beispielsweise gleich groß, halbiert sich entsprechend die Spannung U. Der sich hieraus ergebende Spannungsgradient  $dU/dt$  wird in der Strombegrenzungssteuerschaltung 10 für die Kurzschlusserkennung verwendet.

**[0043]** Vorteilhaft wird die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung 5 mit einer (nicht gezeigten) Latch-Schaltung kombiniert, welche eingerichtet ist, einen strombegrenzenden Zustand des MOSFET 20 dauerhaft aufrechtzuerhalten, um die Komponenten des elektrischen Systems zu schützen.

**[0044]** Zudem ist es vorteilhaft möglich, die Kapazität C durch Leitungskapazitäten der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 5 auszubilden, um Kosten einzusparen.

**[0045]** Fig. 2 zeigt ein Schaltbild einer Strombegrenzungssteuerschaltung 10 einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 5 gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform.

**[0046]** Zum leichteren Verständnis sind zusätzlich zur Strombegrenzungssteuerschaltung 10 einige Komponenten (L1, L2, C, R) der übergeordneten

Schaltungsanordnung 5 gezeigt, welche hier zur Vermeidung von Wiederholungen nur dann beschrieben werden, wenn diese Unterschiede zu Fig. 1 aufweisen.

**[0047]** Der Widerstand R der Schaltungsanordnung 5 ist hier als nicht linearer Widerstand in Form einer Zener-Diode ausgebildet, welche im Falle eines Stromflusses durch die Zener-Diode einen im Wesentlichen konstanten Spannungsabfall in Höhe von 6 V erzeugt. Dieser Spannungsabfall wird für die Ansteuerung des MOSFET 20 aus Fig. 1 verwendet, um eine Ausgangsimpedanz des MOSFET 20 in einem Kurzschlussfall zu erhöhen.

**[0048]** Die erfindungsgemäße Reduzierung der Ausgangsimpedanz der Strombegrenzungssteuerschaltung 10 bei einem vorliegenden hohen Stromgradienten (z. B. aufgrund eines Kurzschlusses) in dem in Fig. 1 gezeigten Stromkreis, erfolgt hier durch einen Bipolartransistor 60.

**[0049]** Es sei darauf hingewiesen, dass die Strombegrenzungssteuerschaltung 10 mit veränderter Auslegung auch mittels eines MOSFET und/oder eines davon abweichenden Transistors ausgebildet sein kann.

**[0050]** Die Strombegrenzungssteuerschaltung 10 weist zudem einen Entladewiderstand RD1 auf, welcher festlegt, wie schnell die Basis des Bipolartransistors 60 nach einem erkannten Kurzschluss wieder auf das Gate-Potenzial hochgezogen wird, d. h., wie lange ein Zustand einer Strombegrenzung aktiv bleibt.

**[0051]** Zudem weist die Schaltungsanordnung einen Dämpfungswiderstand RD2 auf, über welchen sich in Verbindung mit der Kapazität C eine Sensitivität und eine Trägheit der Strombegrenzungssteuerschaltung 10 anpassen lassen.

**[0052]** Die erfindungsgemäße Strombegrenzungssteuerschaltung 10, bzw. die übergeordnete erfindungsgemäße Schaltungsanordnung 5 bieten u. a. den Vorteil, dass für die Umsetzung der Strombegrenzungsfunktion keine externen Spannungsversorgungen bereitgestellt werden müssen, da diese einen passiven Schaltkreis ausbilden.

**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 102019202163 A1 [0004]

## Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (5) zur Strombegrenzung aufweisend:

- eine erste Induktivität (L1),
- eine zweite Induktivität (L2),
- eine Strombegrenzungssteuerschaltung (10),
- einen Widerstand (R),
- eine Kapazität (C),
- einen Halbleiterschalter (20),
- einen Gate-Treiber (25), und
- einen Gate-Widerstand (RG), wobei
- ein Ausgangsanschluss (12) der Strombegrenzungssteuerschaltung (10) über den Widerstand (R) mit einem Steuereingang (22) des Halbleiterschalters (20) verbunden ist,
- der Gate-Treiber (25) über den Gate-Widerstand (RG) mit dem Steuereingang (22) des Halbleiterschalters (20) und mit dem Widerstand (R) verbunden ist und eingerichtet ist, den Halbleiterschalter (20) zum Öffnen und zum Schließen anzusteuern,
- die Strombegrenzungssteuerschaltung (10) eingerichtet ist, eine Ausgangsimpedanz der Strombegrenzungssteuerungsschaltung (10) am Ausgangsanschluss (12) zu verändern, um den Halbleiterschalter (20) anzusteuern,
- ein Source-Anschluss des Halbleiterschalters (20) mit einem Bezugspotential (GND) der Schaltungsanordnung (5) verbunden ist und wobei der Halbleiterschalter (20) eingerichtet ist, einen Strom (I) in einem Stromkreis zwischen einer elektrischen Energiequelle (30) und einer Last (40) in Abhängigkeit einer Ansteuerung durch die Strombegrenzungssteuerschaltung (10) einzustellen,
- die erste Induktivität (L1) und die zweite Induktivität (L2) innerhalb des Stromkreises in Reihe geschaltet sind,
- ein erster Eingangsanschluss (14) der Strombegrenzungssteuerschaltung (10) über die Kapazität (C) mit einem Knoten zwischen der ersten Induktivität (L1) und der zweiten Induktivität (L2) verbunden ist,
- ein zweiter Eingangsanschluss (16) der Strombegrenzungssteuerschaltung (10) mit dem Bezugspotential (GND) verbunden ist, und
- die Strombegrenzungssteuerschaltung (10) eingerichtet ist, ein überstrombedingtes Umladen der Kapazität (C) zu erkennen und als Reaktion darauf ihre Ausgangsimpedanz zu reduzieren, um somit auf Basis eines Spannungsabfalls über dem Widerstand (R) eine Ausgangsimpedanz des Halbleiterschalters (20) zu erhöhen, sodass die erhöhte Ausgangsimpedanz im Halbleiterschalter (20) dem Überstrom entgegenwirkt.

2. Schaltungsanordnung (5) nach Anspruch 1, wobei

- der Halbleiterschalter (20) ein Leistungshalbleiterschalter, und/oder ein MOSFET, ein IGBT, oder ein JFET ist, und/oder ein Si, ein SiC, oder ein GaN

basierter Halbleiterschalter ist (20), und/oder ein topologischer Halbleiterschalter (20) ist, welcher aus einer Vielzahl parallelgeschalteter Einzelhalbleiterschalter ausgebildet ist, und/oder

- die Strombegrenzungssteuerschaltung als Analogschaltung ausgebildet ist.

3. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die erste Induktivität (L1) und/oder die zweite Induktivität (L2) jeweils

- eine parasitäre Induktivität, und/oder
- ein diskretes Bauelement, und/oder
- eine Spule, und/oder
- eine Induktivität
  - eines Shunt-Elements, und/oder
  - eines Drain-Source-Kanals, und/oder
  - einer Leitung und/oder eines Leitungsabschnittes des Stromkreises, und/oder
  - einer Stromschiene, und/oder einer Leiterbahn einer Leiterplatte, und/oder
- ein Transformator
- ist.

4. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schaltungsanordnung (5) eingerichtet ist, die erhöhte Ausgangsimpedanz des Halbleiterschalters (20)

- dauerhaft aufrechtzuerhalten, oder
- nach einem vordefinierten Zeitraum auf einen ursprünglichen Wert vor dem Auftreten des Überstroms zurückzuführen.

5. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schaltungsanordnung (5) eingerichtet ist, einen Stromfluss (I) durch den Halbleiterschalter (10) vollständig zu unterbinden, wenn ein überstrombedingtes Umladen der Kapazität (C) erkannt wird.

6. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- der Widerstand (R) ein linearer und/oder ein nicht-linearer Widerstand und insbesondere eine Zener-Diode ist, und/oder
- die Strombegrenzungssteuerschaltung (10) auf Basis eines Bipolartransistors (60) und/oder auf Basis eines MOSFET ausgebildet ist, dessen Ausgangsimpedanz im Falle eines vorliegenden Überstroms anzupassen.

7. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Schaltungsanordnung (5)

- einen Entladewiderstand (RD1) aufweist, welcher mit einem ersten Anschluss mit einem Basisanschluss des Bipolartransistors (60) und welcher mit einem zweiten Anschluss mit einem Knoten zwischen dem Widerstand (R) und dem Steuereingang (22) des Halbleiterschalters (20) verbunden ist, und/oder



- einen Dämpfungswiderstand (RD2) aufweist, welcher zwischen die Kapazität (C) und den ersten Eingangsanschluss (14) geschaltet ist.

8. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kapazität (C) eine parasitäre Kapazität ist.

9. Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- die elektrische Energiequelle (30) eine Batterie und insbesondere eine Antriebsbatterie für ein elektrisch antreibbares Fahrzeug ist, und/oder
- die Last (40) ein Inverter für einen Antriebsstrang eines Fahrzeugs ist, und/oder
- die Last (40) parallel zu einem Zwischenkreiskondensator geschaltet ist.

10. Elektrisches System aufweisend

- eine Schaltungsanordnung (5) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
- eine elektrische Energiequelle (30),
- eine Last (40), und
- ein Bordnetz (80) für ein Fahrzeug, wobei
- das Bordnetz (80) eingerichtet ist, elektrische Energie der elektrischen Energiequelle (30) an die Last (40) zu übertragen, und
- die Schaltungsanordnung (5) eingerichtet ist, einen Strom (I) zwischen der Last (40) und der elektrischen Energiequelle (30) mittels einer Ansteuerung des Halbleiterschalters (20) zu reduzieren, falls ein über das Bordnetz (80) fließender Strom (I) einem Überstrom entspricht.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

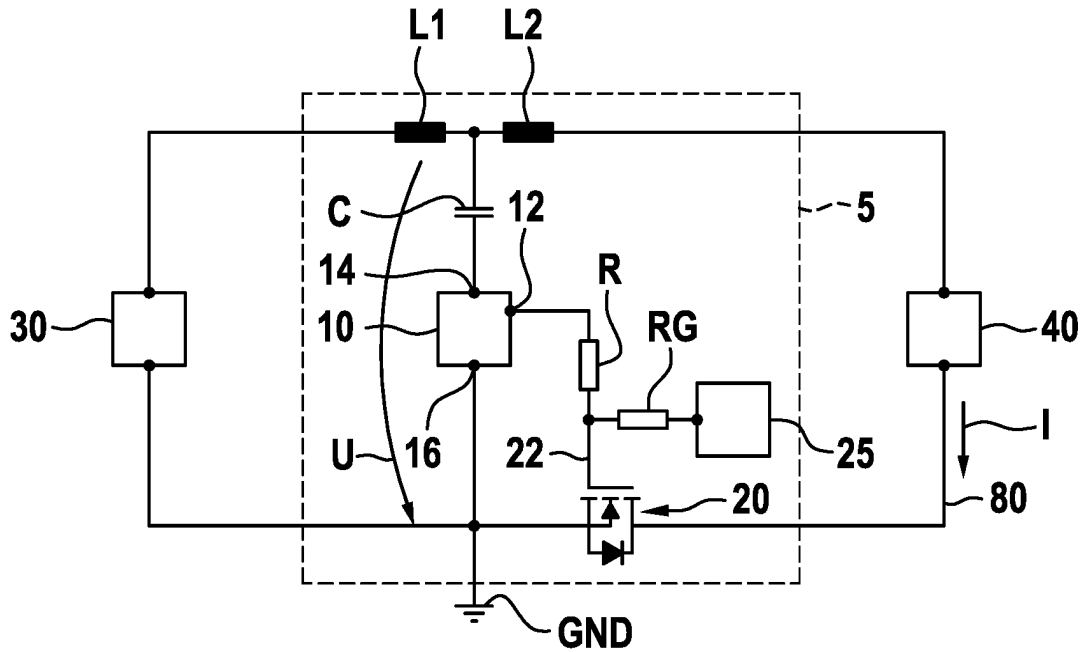


Fig. 2

