



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 105 180.3**

(22) Anmeldetag: **04.03.2022**

(43) Offenlegungstag: **07.09.2023**

(51) Int Cl.: **G01R 31/50 (2020.01)**

(71) Anmelder:  
**Schaeffler Technologies AG & Co. KG, 91074  
Herzogenaurach, DE**

(72) Erfinder:  
**Hemmer, Joachim, 96110 Scheßlitz, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

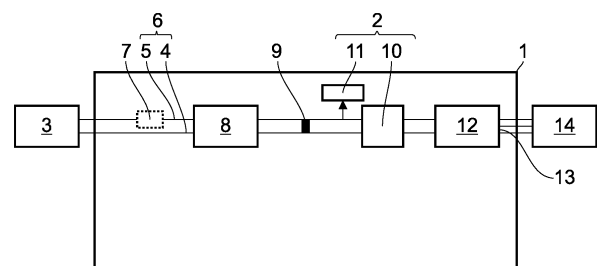
**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses und elektrisches Antriebssystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses und ein elektrisches Antriebssystem, welches die Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses umfasst.

Die Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses (2) im leistungselektronischen Gleichstrom-Pfad (6) eines Steuergeräts (1) für ein elektrisches Antriebssystem umfasst zwischen einem positiv gepolten Leitelement (4) und einem negativ gepolten Leitelement (5) einen Kondensator (10), und umfasst weiterhin eine Detektionseinrichtung (11), mit der durch Vergleich wenigstens eines Wertes einer sich bei einem Abfall der Spannung am Kondensator (31) ändernden charakteristischen physikalischen Größe mit wenigstens einem Referenzwert eine Aussage hinsichtlich des Bestehens eines Kurzschlusses (9) zwischen der positiv gepolten Leitung (4) und der negativ gepolten Leitung (5) generierbar ist.

Mit der hier vorgeschlagenen Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses sowie mit dem elektrischen Antriebssystem werden Einrichtungen zur Verfügung gestellt, mit denen in einfacher, sicherer, kostengünstiger und bauraumsparender Weise die Detektion eines auftretenden Kurzschlusses möglich ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses und ein elektrisches Antriebssystem, welches die Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses umfasst.

**[0002]** Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass elektrische Antriebseinheiten, wie zum Beispiel elektrische Antriebseinheiten von elektromotorisch antreibbaren Kraftfahrzeugen, eine Leistungselektronik aufweisen, zur Bestromung sowie Ansteuerung der elektrischen Antriebseinheiten. Eine derartige Leistungselektronik ist an einen leistungselektronischen Pfad angebunden. Üblicherweise umfasst der leistungselektronische Pfad eine Versorgungsspannungsschnittstelle am Steuergerät, einen EMV-Filter, einen Inverter sowie eine Schnittstelle zur elektrischen Antriebseinheit.

**[0003]** Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass auf der Gleichstrom-Seite des Inverters ein Kurzschluss zwischen einem elektrisch positiv gepolten Leitungselement und einem elektrisch negativ gepolten Leitungselement auftritt.

**[0004]** Zur Erkennung eines derartigen Kurzschlusses wird oftmals ein Stromsensor in einer der beiden Gleichstrom-Leitungen eingebaut. Der Stromsensor kann einen Strom mit ungewöhnlich hoher Stromstärke erkennen und somit einen Kurzschluss detektieren. Insbesondere bei der Anwendung in elektrisch antreibbaren Kraftfahrzeugen bestehen strenge Restriktionen hinsichtlich des zur Verfügung stehenden Bauraums. Um Grenzwerte einzuhalten, die im Automotive-Sektor vorgeschrieben sind, ist die Integration eines EMV Filters notwendig. Dies führt jedoch oftmals dazu, dass aufgrund des vom EMV-Filter benötigten Volumens nur noch wenig Raum zur Verfügung steht, um Sensoren anzuordnen. Jedoch müssen bei anliegenden Stromstärken von bis zu 500 A die von den EMV-Filtern umfassten sogenannten Common Mode Chokes sehr groß dimensioniert sein, da deren Wicklungen für die hohe Stromstärke ausgelegt sein müssen. Entsprechend entfallen derartige EMV-Filter in Antriebseinheiten, in denen nur sehr wenig Bauraum zur Verfügung steht. Als Alternative hinsichtlich der Common Mode Chokes kann ein Ferritkern oder ein Kern aus nanokristallinem Material verwendet werden. Allerdings muss ein solcher Kern um die Leitungselemente gewickelt werden und benötigt entsprechend ebenfalls einen großen Bauraum, der nicht immer zur Verfügung gestellt werden kann. Stromsensoren zur Kurzschlusserkennung im Gleichstrom-Pfad nehmen ebenfalls und besonders bei hohen Strömen einen großen Bauraum in Anspruch und konkurrieren so hinsichtlich des Bauraums mit dem EMV-Filter.

**[0005]** Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses sowie ein elektrisches Antriebssystem zur Verfügung zu stellen, mit denen in einfacher, sicherer, kostengünstiger und bauraumsparender Weise die Detektion eines auftretenden Kurzschlusses möglich ist.

**[0006]** Diese Aufgabe wird gelöst durch die Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses gemäß Anspruch 1 sowie durch das elektrische Antriebssystem gemäß Anspruch 9. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses sind in den Unteransprüchen 2 bis 8 angegeben. Eine vorteilhafte Ausführungsform des elektrischen Antriebssystems ist im Anspruch 10 angegeben.

**[0007]** Die Merkmale der Ansprüche können in jeglicher technisch sinnvoller Art und Weise kombiniert werden, wobei hierzu auch die Erläuterungen aus der nachfolgenden Beschreibung sowie Merkmale aus den Figuren hinzugezogen werden können, die ergänzende Ausgestaltungen der Erfindung umfassen.

**[0008]** Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses im leistungselektronischen Gleichstrom-Pfad eines Steuergeräts für ein elektrisches Antriebssystem. Diese Einrichtung umfasst zwischen einem positiv gepolten Leitelement und einem negativ gepolten Leitelement einen Kondensator, und umfasst weiterhin eine Detektions-einrichtung, mit der durch Vergleich wenigstens eines Wertes einer sich bei einem Abfall der Spannung am Kondensator ändernden charakteristischen physikalischen Größe mit wenigstens einem Referenzwert eine Aussage hinsichtlich des Bestehens eines Kurzschlusses zwischen der positiv gepolten Leitung und der negativ gepolten Leitung generierbar ist.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses ist entsprechend in einem Gleichstrom-Stromkreis integriert.

**[0010]** Der Kondensator ist elektrisch leitfähig mit dem positiv gepolten Leitelement und dem negativ gepolten Leitelement verbunden. Dabei kann ein jeweiliges Leitelement eine elektrische Leitung sein, oder ein elektrischer Kontakt.

**[0011]** Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses ermöglicht mit geringem gerätetechnischem Aufwand und entsprechend geringem Bauraumbedarf die Erkennung eines Kurzschlusses zwischen den Leitelementen.

**[0012]** Insbesondere kann die physikalische Größe die Steigung des Abfalls der Spannung am Kondensator über der Zeit sein.

**[0013]** Als Steigung wird hier der Winkel einer Tangente an einer mathematischen Funktion, die den Abfall der Spannung am Kondensator über der Zeit beschreibt, im Detektionszeitpunkt angesehen.

**[0014]** Überschreitet die Steigung den Referenzwert der Steigung, wird ein Kurzschluss erkannt.

**[0015]** Es gilt die Bedingung:

$$U_c(t) = U_0 * e^{-t/\tau}$$

$U_c(t)$  ist die Spannung am Kondensator in Abhängigkeit von der Zeit.

$U_0$  ist die Spannung zwischen dem positiv gepolten Leitelement und dem negativ gepolten Leitelement.

**[0016]** Dabei bezeichnet  $t$  den Zeitverlauf bzw. den Zeitpunkt der Ermittlung der jeweiligen Spannung  $U_c(t)$ .

**[0017]**  $\tau$  ist eine Zeitkonstante beim Abklingen der Spannung, wobei gilt:  $\tau = R_{ges} * C_{zk}$ .  $R_{ges}$  ist der Widerstand am Kondensator; und  $C_{zk}$  ist die Kapazität des Kondensators. Das bedeutet, dass die Spannung am Kondensator  $U_c(t)$  exponentiell abklingt, und zwar in Abhängigkeit von der Zeitkonstante  $\tau$ . Diese Zeitkonstante  $\tau$  ist wiederum abhängig vom Widerstand am Kondensator  $R_{ges}$  sowie von der Kapazität des Kondensators  $C_{zk}$ .

**[0018]** Die Kapazität des Kondensators  $C_{zk}$  ist bekannt.

**[0019]** Des Weiteren ist ein Referenzwert der Steigung des Abfalls der Spannung am Kondensator bekannt, der in einem Zustand der elektrischen Schaltung ermittelt wurde, von dem bekannt ist, dass kein Kurzschluss vorliegt. Insbesondere kann dieser Referenzwert der maximalen Steigung des Abfalls der Spannung am Kondensator entsprechen, also insbesondere bei Beginn eines Spannungsabfalls.

**[0020]** Wird nun ein starker Abfall der Spannung am Kondensator  $U_c(t)$  erkannt, dessen Steigung größer ist als der Referenzwert der Steigung, so wird das Vorliegen eines Kurzschlusses erkannt.

**[0021]** Die Detektionseinrichtung kann dazu eingerichtet sein, die Spannung zu messen und den Wert der physikalischen Größe daraus abzuleiten. Entsprechend ist für diese Ausführungsform vorgesehen, dass eine Messung der Spannung und ein Vergleich der aus diesem Messwert abgeleiteten

Steigung des Abfalls der Spannung mit dem Referenzwert stattfindet.

**[0022]** Der der Referenzwert kann ein vor dem Vergleich mit dem ermittelten Wert der physikalischen Größe erfasster Kalibrierungswert der physikalischen Größe sein. Wenn die physikalische Größe die Steigung des Abfalls der Spannung am Kondensator über der Zeit ist, dann ist der Referenzwert entsprechend eine Referenzsteigung.

**[0023]** Weiterhin kann die Detektionseinrichtung dazu eingerichtet sein, zu unterschiedlichen definierten Zeitpunkten den Vergleich eines Wertes der sich bei einem Abfall der Spannung am Kondensator ändernden charakteristischen physikalischen Größe mit einem jeweiligen Referenzwert durchzuführen.

**[0024]** Dabei können den unterschiedlichen definierten Zeitpunkten jeweilige definierte Referenzwerte zugeordnet sein.

**[0025]** Entsprechend ist vorgesehen, dass der Vergleich eines Wertes der sich bei einem Abfall der Spannung am Kondensator ändernden charakteristischen physikalischen Größe zu einem definierten Zeitpunkt mit einem diesem Zeitpunkt zugeordneten Referenzwert erfolgt.

**[0026]** Ab einem ersten Zeitpunkt, an dem ein erster Vergleich durchgeführt wird, können weitere Zeitpunkte zum Beispiel in einem Abstand von 0,01 ms definiert sein.

**[0027]** Dabei können alle oder auch einzelne in den einzelnen Zeitpunkten erfassten Steigungen zur Generierung einer Aussage hinsichtlich des Bestehens eines Kurzschlusses erfasst und verwertet werden.

**[0028]** In alternativer Ausführungsform oder hinzukommend kann auch die jeweilige Steigung zwischen zwei Messpunkten ermittelt werden, durch lineare Verbindung dieser Messpunkte.

**[0029]** Wenn in und/ oder zwischen zeitlichen Messpunkten die Steigung des Spannungsabfalls bestimmt wird, kann durch Vergleich der Anzahl der Situationen, in denen die ermittelte Steigung größer ist als die Referenzsteigung, mit einer vorher festgelegten Grenz-Anzahl bestimmt werden, hinsichtlich der Existenz eines Kurzschlusses entschieden werden.

**[0030]** Sind beispielsweise vier Messungen vorgenommen worden und in drei Messungen erkannt worden, dass die Steigung des Spannungsabfalls größer ist als die Referenzsteigung, und ist die vorher festgelegte Grenz-Anzahl zwei, so wird das Vorliegen eines Kurzschlusses erkannt.

**[0031]** Sollte jedoch die Grenz-Anzahl drei betragen, so wird keine Information hinsichtlich des Vorliegens eines Kurzschlusses generiert.

**[0032]** Weiterhin kann die Detektionseinrichtung dazu eingerichtet sein, den Vergleich eines Wertes der physikalischen Größe mit einem Referenzwert erst durchzuführen, wenn die Spannung am Kondensator auf einen Wert unterhalb einer definierten Grenzspannung am Kondensator gesunken ist.

**[0033]** Die definierte Grenzspannung kann beispielsweise 37% der Nennspannung am Kondensator betragen.

**[0034]** Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses ermöglicht die Durchführung eines Verfahrens zur schnellen Kurzschlusserkennung im Gleichstromkreis des leistungselektronischen Pfades. Die Erkennung des Kurzschlusses ist dabei unabhängig davon, ob Gleichstrom einem elektrischen Antriebsmotor zu dessen Betrieb zur Verfügung gestellt wird, oder aber ob der elektrische Antriebsmotor im Generatorbetrieb mechanische Energie in Wechselstrom umwandelt und dieser vom Inverter wiederum in Gleichstrom umgewandelt und zur Verfügung gestellt wird. In beiden Fällen existiert eine Gleichspannung zwischen den Leitelementen, zwischen denen der Kondensator angeordnet ist, sodass durch die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses ein solcher durch Detektion des Spannungsabfalls am Zwischenkreis detektierbar ist.

**[0035]** Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein elektrisches Antriebssystem mit einem Steuergerät und zumindest einer mit dem Steuergerät steuerbaren elektrischen Antriebseinheit. Des Weiteren umfasst das elektrische Antriebssystem zumindest eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses im leistungselektronischen Gleichstrom-Pfad des Steuergeräts.

**[0036]** Des Weiteren kann das elektrische Antriebssystem einen Inverter aufweisen, zur Umwandlung der mit dem Steuergerät bereitgestellten Gleichspannung in Wechselspannung und Wechselstrom zum Betrieb der elektrischen Antriebseinheit. Insbesondere ist das elektrische Antriebssystem zum Antrieb eines zumindest teilweise antreibbaren Kraftfahrzeugs eingerichtet. Dabei können Kurzschlüsse sowohl im Motorbetrieb, als auch im Generatorbetrieb bzw. bei einer realisierten Rekuperation erkannt werden.

**[0037]** Das elektrische Antriebssystem kann eine Sicherheitseinrichtung umfassen, die dazu eingerichtet ist, bei Erkennung eines Kurzschlusses einen Strompfad zwischen einer Spannungsquelle und der elektrischen Antriebseinheit zu trennen.

**[0038]** Weitere Bestandteile des elektrischen Antriebssystems können im leistungselektronischen Pfad eine Versorgungsspannungsschnittstelle am Steuergerät, ein EMV-Filter sowie eine elektrische Schnittstelle zu einer elektrischen Antriebseinheit sein. Die elektrische Leistung kann bis zu 30 kW, beispielsweise bis zu 24 kW betragen. Dies bedeutet bei 48 V Versorgung des leistungselektronischen Pfades Ströme von etwa 500 A. Ebenfalls ist die Anlage einer Spannung von 400 - 800 V bei 500 A möglich, und damit einer Leistung bis zu 400 kW, z. B. bei Elektroantrieben für Sportfahrzeuge.

**[0039]** Das elektrische Antriebssystem kann dabei die genannten Komponenten aufweisen, ohne einen Stromsensor auf der Gleichstrom-Seite des Inverters. In dieser Ausführungsform bietet es sich an, auf der Wechselstrom-Seite des Inverters drei Stromsensoren zu verwenden. Insbesondere diese Ausführungsform ermöglicht es, einen ausreichend dimensionierten EMV-Filter zu integrieren.

**[0040]** Die oben beschriebene Erfindung wird nachfolgend vor dem betreffenden technischen Hintergrund unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen, welche bevorzugte Ausgestaltungen zeigen, detailliert erläutert. Die Erfindung wird durch die rein schematischen Zeichnungen in keiner Weise beschränkt, wobei anzumerken ist, dass die in den Zeichnungen gezeigten Ausführungsbeispiele nicht auf die dargestellten Maße eingeschränkt sind. Es ist dargestellt in

**Fig. 1:** einen möglichen Aufbau einer erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses in einem elektrischen Antriebssystem,

**Fig. 2:** ein Diagramm, welches einen typischen Spannungsabfall darstellt,

**Fig. 3:** ein Diagramm, welches einen Spannungsabfall in der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses über einen längeren Zeitraum darstellt, und

**Fig. 4:** ein Diagramm, welches einen Spannungsabfall in der erfindungsgemäßen Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses über einen kürzeren Zeitraum darstellt.

**[0041]** Zunächst wird der Aufbau der Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses und des erfindungsgemäßen elektrischen Antriebssystems anhand von **Fig. 1** erläutert, die die leistungselektronische Architektur darstellt.

**[0042]** Hier ist ersichtlich, dass die Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses bzw. das elektrische Antriebssystem ein Steuergerät 1 umfasst, welches an eine Versorgungsspannungsschnittstelle 3 mittels eines positiv gepolten Leitelements 4 und eines

negativ gepolten Leitelements 5 angeschlossen ist. Die beiden Leitelemente 4,5 bilden einen Gleichstrom-Pfad 6 aus. In der hier dargestellten Ausführungsform befindet sich im negativ gepolten Leitelement 5 ein Stromsensor 7, der jedoch nicht zwingend vorgesehen sein muss. Weiterhin ist als Bestandteil des Steuergeräts 1 ein EMV-Filter 8 in Gleichstrom-Pfad 6 angeordnet.

**[0043]** Fig. 1 deutet hier zusätzlich einen Kurzschluss 9 zwischen den beiden Leitelementen 4,5 an. Ebenfalls im Gleichstrom-Pfad 6 befindet sich ein Kondensator 10. Dem Kondensator 10 ist eine Detektionseinrichtung 11 zugeordnet, die in der Lage ist, einen Spannungsabfall am Kondensator 10 zu erfassen. Des Weiteren ist in dem Steuergerät 1 ein Inverter 12 angeordnet, zur Umwandlung des Gleichstroms aus dem Gleichstrom-Pfad 6 in Wechselstrom, um dann über eine elektrische Schnittstelle 13 diesen Wechselstrom einer elektrischen Antriebseinheit 14 des elektrischen Antriebssystems zur Verfügung zu stellen.

**[0044]** Wenigstens der Kondensator 10 zusammen mit der Detektionseinrichtung 11 bildet dabei die Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses 2 aus.

**[0045]** Die Funktionsweise der Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses 2 wird anhand der Fig. 2-4 erläutert.

**[0046]** Eine typische Entladekurve hat den Verlauf einer mathematischen Funktion 20, wie sie beispielhaft in Fig. 2 gezeigt ist. Hier ist die mathematische Funktion 20 eine e-Funktion der elektrischen Spannung  $U_c$  über der Zeit  $t$ .

**[0047]** In einem Fall, in dem im System kein Kurzschluss besteht, sinkt die Spannung beim Abschalten einer Spannungsquelle ab. Dies kann der Fall sein, wenn beispielsweise eine Batterie eines elektrisch antreibbaren Kraftfahrzeugs vom System getrennt wird, oder aber auch wenn eine elektrische Antriebseinheit, welche als Generator betrieben wird, den Rekuperationsbetrieb einstellt. Ebenfalls ist aber auch ein Spannungsabfall zu verzeichnen, wenn der Kondensator 10 kurzgeschlossen wird.

**[0048]** Allerdings sind in beiden Fällen die Steigungen der den Spannungsabfall darstellenden mathematischen Funktionen unterschiedlich.

**[0049]** Eine solche-Funktion klingt mit der Zeitkonstanten  $\tau = R_{ges} * C_{zk}$  ab.

**[0050]** Das bedeutet, dass hier die Kapazität des Kondensators  $C_{zk}$  maßgeblich für die Bestimmung der Zeitkonstanten  $\tau$  ist, sowie ein äquivalenter existierender Widerstand bzw. der Widerstand am Kondensator  $R_{ges}$ .

**[0051]** Liegt nun kein Kurzschluss 9 an, so ist der Widerstand  $R_{ges}$  größer als ein bestimmter Wert. Dieser Wert kann beispielsweise durch einen Kalibriervorgang, etwa durch Messung der Zeitkonstanten  $\tau$  für verschiedene Arbeitspunkte, für das Steuergerät 1 ermittelt werden.

**[0052]** Liegt nun ein Kurzschluss 9 parallel zum Kondensator 10 an, wie in Fig. 1 angedeutet, so ändert sich die Zeitkonstante  $\tau$  stark.

**[0053]** Es ist davon auszugehen, dass im Falle der Existenz eines Kurzschlusses 9 ein sehr kleiner Widerstand parallel zum Kondensator 10 existiert, welcher beispielsweise weniger als 10 mOhm beträgt. Dieser Widerstand kann beispielsweise zwischen 1 mOhm, 5 mOhm und 10 mOhm variieren.

**[0054]** Dieser geringe Widerstand ist dem bisherigen Widerstand  $R_{ges}$  parallelgeschaltet und reduziert diesen deutlich, dadurch sinkt die Spannung am Kondensator 10 wesentlich schneller ab als in Situationen, in denen kein Kurzschluss vorhanden ist.

**[0055]** Der Abfall der Spannung bzw. die Steigung des Abfalls der Spannung wird genutzt, um festzustellen, ob ein Kurzschluss vorhanden ist.

**[0056]** Ein detektierter Spannungsabfall bzw. dessen Steigung wird mit einem Referenzwert verglichen, der charakteristisch ist für eine Situation, in der kein Kurzschluss vorhanden ist. Überschreitet die Steigung den Referenzwert, dann wird im System ein Kurzschluss detektiert. In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass aus der Erkennung eines Kurzschlusses ein Befehl generiert wird, welcher das Steuergerät bzw. das gesamte elektrische Antriebssystem in einen sicheren Zustand schaltet.

**[0057]** Fig. 3 zeigt in einem Diagramm den der Spannung am Kondensator 31. Es ist hier bei einer Zeit von 1 s ein schlagartiger Abfall einer Systemspannung bzw. Batteriespannung zu verzeichnen.

**[0058]** Eine Folge davon ist eine Minderung der Spannung am Kondensator 31, wie anhand von Fig. 4 beschrieben wird.

**[0059]** Zur besseren Verdeutlichung des Abfall-Verhaltens der Spannung am Kondensator 31 zeigt Fig. 4 den in Fig. 3 gekennzeichneten Bereich A in einer vergrößerten Ansicht.

**[0060]** In Fig. 4 ist ersichtlich, dass nach dem Abfall der Systemspannung im Punkt  $t_1$  bei  $t = 1,0$  s die Spannung am Kondensator 31 über eine Zeitspanne von 0,05 ms nahezu linear abfällt, bis zum Punkt  $t_2$  bei einer Zeit von  $t = 1,00005$  s. Danach erfolgt ein exponentieller Spannungsabfall, wie durch die meh-

renen Graphen, die für unterschiedliche Entladungssituationen den Abfall der Spannung am Kondensator 31 symbolisieren sollen, dargestellt ist.

**[0061]** Dies deutet auf die Existenz eines Kurzschlusses hin.

**[0062]** In den **Fig. 3** und **Fig. 4** ist also zu erkennen, dass sich der Kondensator erst langsam entlädt, nämlich zwischen 1,0 s und 1,00005 s und dann aufgrund des zugeschalteten Kurzschlusses schneller entlädt. Vergleicht man nun jeweils den Wert der Zwischenkreisspannung mit vorher ermittelten Referenzwerten, so fällt ein sehr schneller Abfall auf und es wird ein Kurzschluss detektiert.

**[0063]** Die jeweilige Steigung der die Spannung am Kondensator 31 darstellenden mathematischen Funktion 20 ist zu definierten Zeitpunkten zu ermitteln. Die Steigung entspricht hier dem Winkel 22 zwischen einer an die mathematische Funktion 20 angelegten Tangente 21 und der Abszisse des Koordinatensystems bzw. der t-Achse. Zur Ermittlung der Steigung sollten in einer vorteilhaften Ausführungsform mehr als zwei Zeitpunkte herangezogen werden, um Messfehler auszuschließen bzw. zu reduzieren. Eine hohe Abtastrate ist insbesondere bei Systemen mit bis zu 20 kHz PWM Frequenz zu empfehlen. Für Systeme mit einer höheren PWM Frequenz, z. B. für Systeme mit Siliziumkarbid- oder Galliumnitrid-Halbleitern eignet sich das vorgestellte Verfahren bzw. die erfindungsgemäße Einrichtung ebenfalls, da dort eine schnellere Abtastung möglich ist.

**[0064]** Außerdem eignet sich die erfindungsgemäße Einrichtung für Leistungselektroniken mit großer Kondensator-Kapazität, da hier die Spannung sehr langsam abfällt und dementsprechend viele Messpunkte aufgenommen werden können, um eine Bewertung durchzuführen.

**[0065]** Wie oben erwähnt, ist der in **Fig. 1** dargestellte Stromsensor in der hier dargestellten Ausführungsform nicht zwingend notwendig. Die erfindungsgemäße Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses bzw. das erfindungsgemäße elektrische Antriebssystem kann stattdessen auch auf einen derartigen Stromsensor 7 verzichten. Die Anordnung des Stromsensors 7 ist jedoch für Systeme mit einem hohen Sicherheitslevel, wie zum Beispiel für autonomes Fahren, zu empfehlen, um mit dem Stromsensor 7 eine zweite Kurzschluss-Überwachung zu implementieren.

**[0066]** Mit der hier vorgeschlagenen Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses sowie mit dem elektrischen Antriebssystem werden Einrichtungen zur Verfügung gestellt, mit denen in einfacher, sicherer, kostengünstiger und bauraumsparender Weise

die Detektion eines auftretenden Kurzschlusses möglich ist.

#### Bezugszeichenliste

1	Steuergerät
2	Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses
3	Versorgungsspannungsschnittstelle
4	positiv gepoltes Leitelement
5	negativ gepoltes Leitelement
6	Gleichstrom-Pfad
7	Stromsensor
8	EMV-Filter
9	Kurzschluss
10	Kondensator
11	Detektionseinrichtung
12	Inverter
13	elektrische Schnittstelle
14	elektrische Antriebseinheit
20	mathematischen Funktion
21	Tangente
22	Winkel
31	Spannung am Kondensator
t <sub>1</sub>	Zeitpunkt Wegfall Systemspannung
t <sub>2</sub>	Zeitpunkt Detektion Kurzschluss

#### Patentansprüche

1. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses (2) im leistungselektronischen Gleichstrom-Pfad (6) eines Steuergeräts (1) für ein elektrisches Antriebssystem, umfassend zwischen einem positiv gepolten Leitelement (4) und einem negativ gepolten Leitelement (5) einen Kondensator (10), sowie umfassend eine Detektionseinrichtung (11), mit der durch Vergleich wenigstens eines Wertes einer sich bei einem Abfall der Spannung am Kondensator (31) ändernden charakteristischen physikalischen Größe mit wenigstens einem Referenzwert eine Aussage hinsichtlich des Bestehens eines Kurzschlusses (9) zwischen der positiv gepolten Leitung (4) und der negativ gepolten Leitung (5) generierbar ist.

2. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die physikalische Größe die Steigung des Abfalls der Spannung am Kondensator (31) über der Zeit ist.

3. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Detektionseinrichtung (11) dazu eingerichtet ist, die Spannung am Kondensator zu messen und den Wert der physikalischen Größe daraus abzuleiten.

4. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Referenzwert ein vor dem Vergleich mit dem ermittelten Wert der physikalischen Größe erfasster Kalibrierungswert der physikalischen Größe ist.

5. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Detektionseinrichtung (11) dazu eingerichtet ist, zu unterschiedlichen definierten Zeitpunkten den Vergleich eines Wertes der sich bei einem Abfall der Spannung am Kondensator (31) ändernden charakteristischen physikalischen Größe mit einem jeweiligen Referenzwert durchzuführen.

6. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass den unterschiedlichen definierten Zeitpunkten jeweilige definierte Referenzwerte zugeordnet sind.

7. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Detektionseinrichtung (11) dazu eingerichtet ist, den Vergleich eines Wertes der physikalischen Größe mit einem Referenzwert erst durchzuführen, wenn die Spannung am Kondensator (31) auf einen Wert unterhalb einer definierten Grenzspannung am Kondensator gesunken ist.

8. Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die definierte Grenzspannung 37% der Nennspannung am Kondensator beträgt.

9. Elektrisches Antriebssystem, umfassend ein Steuergerät und zumindest eine mit dem Steuergerät 1 steuerbare elektrische Antriebseinheit (14) sowie zumindest eine Einrichtung zur Erkennung eines Kurzschlusses (2) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 im leistungselektronischen Gleichstrompfad (6) des Steuergeräts (1).

10. Elektrisches Antriebssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das elektrische Antriebssystem eine Sicherheitseinrichtung umfasst, die dazu eingerichtet ist, bei Erkennung eines Kurzschlusses (9) einen Strompfad zwischen einer

Spannungsquelle und der elektrischen Antriebseinheit (14) zu trennen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

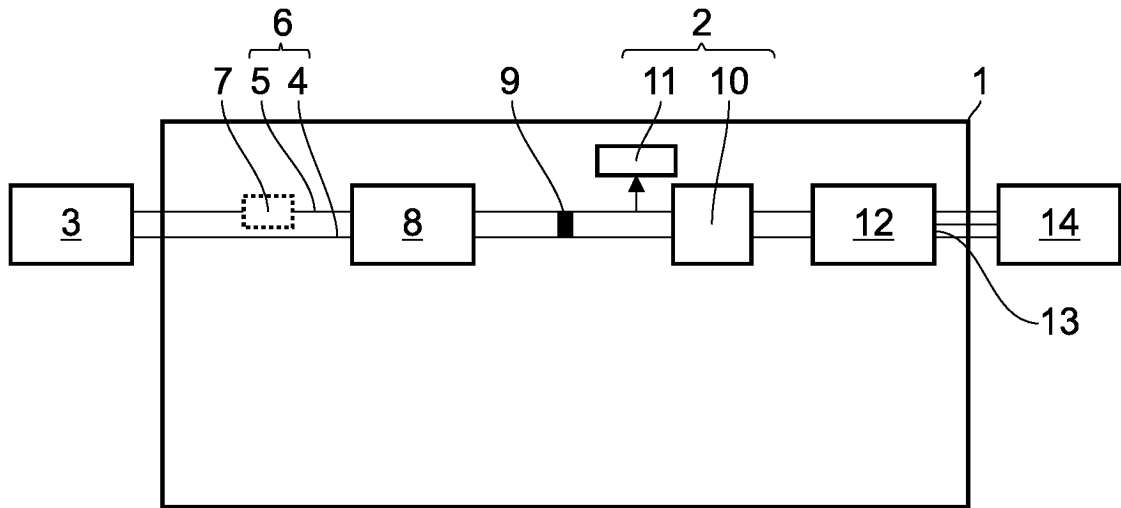


Fig. 1

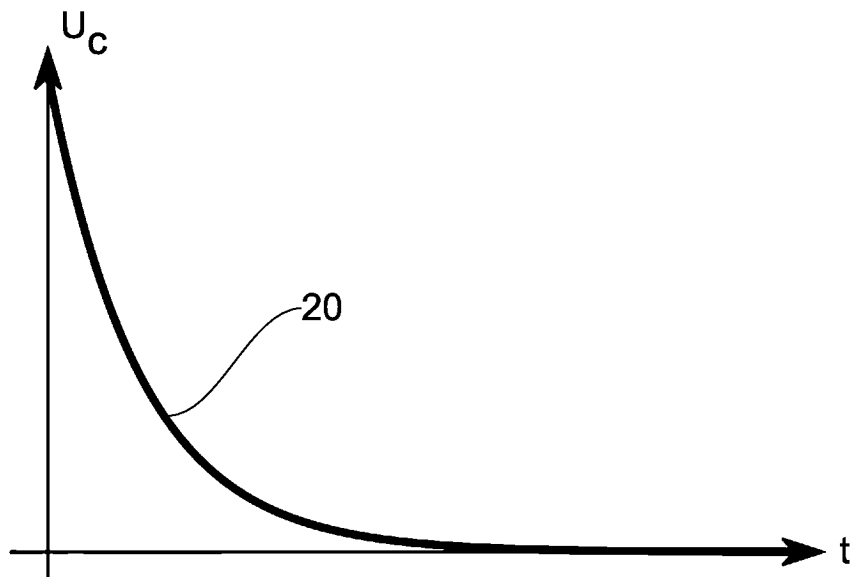


Fig. 2



