



(10) **DE 10 2017 001 849 A1** 2018.08.30

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 001 849.9**  
(22) Anmeldetag: **25.02.2017**  
(43) Offenlegungstag: **30.08.2018**

(51) Int Cl.: **G01R 27/18 (2006.01)**  
**G01R 31/02 (2006.01)**  
**B60R 16/03 (2006.01)**  
**B60L 3/00 (2006.01)**

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

(72) Erfinder:  
**Mörthl, Alexander, Dr., 82110 Germering, DE;**  
**Hubert, Markus, 81247 München, DE; Soboll,**  
**Stefan, 85221 Dachau, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

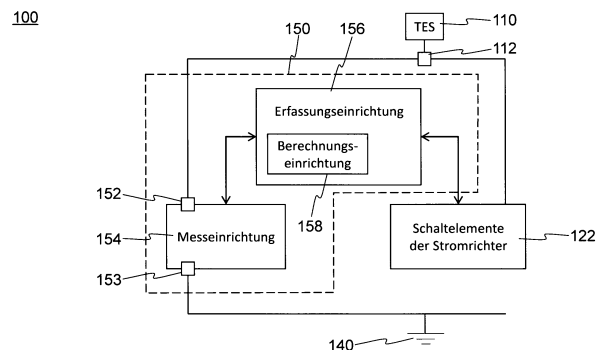
<b>DE</b>	<b>10 2010 054 413</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2015 008 831</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2016 103 883</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>1 909 368</b>	<b>A2</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Technik zur Isolationsüberwachung in Fahrzeugen**

(57) Zusammenfassung: Eine Technik zur Bestimmung von Isolationswiderständen in einem Kraftfahrzeug (100) wird beschrieben. Ein Vorrichtungsaspekt der Technik umfasst eine Erfassungseinrichtung (156), die in mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Betriebszustand (124) mindestens eines mit dem Traktionsenergiespeicher (100) leitend verbundenen Stromrichters (120) des Kraftfahrzeugs (100) erfasst. Die Vorrichtung (150) umfasst ferner eine Messeinrichtung (154) mit einem Messanschluss (152), der mit mindestens einem Gleichspannungspol (112) eines elektrischen Traktionsenergiespeichers (110) des Kraftfahrzeugs (100) leitend verbunden oder verbindbar ist, und einem Masseanschluss (153), der mit einem Bezugspotential (140) des Kraftfahrzeugs (100) leitend verbunden oder verbindbar ist. Die Messeinrichtung (154) misst in den mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Leitwert zwischen dem Messanschluss (152) und dem Masseanschluss (153). Ferner umfasst die Vorrichtung (150) eine Berechnungseinrichtung (158), welche die Isolationswiderstände (162) als Funktion der mindestens zwei gemessenen Leitwerte und der mindestens zwei erfassten Betriebszustände (124) bestimmt.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Technik zur Bestimmung von Isolationswiderständen. Insbesondere sind eine Vorrichtung zur Bestimmung von Isolationswiderständen in einem Kraftfahrzeug und ein mit einer solchen Vorrichtung ausgestattetes Kraftfahrzeug beschrieben.

**[0002]** Kraftfahrzeuge mit elektrifiziertem Antriebsstrang besitzen ein Gleichstromnetz, das die elektrische Energie eines Traktionsenergiespeichers (beispielsweise einer Antriebsbatterie oder einer Brennstoffzelle) an elektrischen Aggregate verteilt, insbesondere an die elektrische Antriebseinheit des Antriebsstrangs und Nebenaggregate des Kraftfahrzeuges. Die elektrischen Aggregate werden in der Regel nicht mit der Gleichspannung des Gleichstromnetzes versorgt, sondern mit Wechselstrom, mehrphasigem Drehstrom, gepulster Gleichspannung oder einer Gleichspannung mit einer vom Gleichstromnetz abweichenden Spannung. Deshalb sind Stromrichter zwischen dem Gleichstromnetz und den jeweiligen Aggregaten angeordnet. Die Stromrichter haben dabei die Aufgabe, den Gleichstrom des Gleichstromnetzes in das jeweilige Stromprofil umzuformen und umgekehrt, beispielsweise zur Rekuperation von Bewegungsenergie des Kraftfahrzeuges. Somit liegen gekoppelte Gleich- und Wechselstromnetze vor.

**[0003]** Aufgrund des hohen Leistungsbedarfs für den elektrischen Antrieb wird das Gleichstromnetz und die daraus gespeisten Wechselstromnetze häufig als Hochspannungsnetz (beispielsweise mit Spannungen zwischen 300 Volt und 1000 Volt) bzw. IT-Netz (frz. Isolé Terre) ausgeführt. Um die elektrische Sicherheit insbesondere für Fahrzeuginsassen beim Betrieb zu gewährleisten, wird der Isolationswiderstand des Stromnetzes gegenüber der elektrischen Masse überwacht. Sinkt der Isolationswiderstand aufgrund von Isolationsfehlern ab, kann ein Nutzer des Kraftfahrzeugs gewarnt werden, beispielsweise um Maßnahmen zur Reparatur des Netzes frühzeitig zu ergreifen.

**[0004]** Herkömmlicherweise ist die Isolationsüberwachung an das Gleichstromnetz des Kraftfahrzeugs elektrisch angebunden, beispielsweise innerhalb der Antriebsbatterie. Im Stand der Technik sind Einrichtungen zur Isolationsüberwachung verbreitet, welche ein passives Messverfahren einsetzen, da diese Einrichtungen sehr kostengünstig sind. Hierbei wird die im Gleichstromnetz vorhandene Gleichspannungsquelle eingesetzt, um einen Messstrom zwischen dem Gesamtnetz und der elektrischen Masse zu treiben. Aus dem sich einstellenden Messstrom kann nach bekannten Verfahren der Isolationswiderstand des Gesamtnetzes gegenüber der elektrischen Masse bestimmt werden.

**[0005]** Jedoch ist das Passivmessverfahren mit Anbindung an das Gleichstromnetz ungenau und häufig systematisch falsch, da der Isolationswiderstand des über die Stromrichter angekoppelten Wechselstromnetzes nicht wertrichtig bestimmt wird. Der sich aufgrund des Isolationswiderstands des Wechselstromnetzes einstellende Messstrom wird durch den Betrieb der Stromrichter verringert und üblicherweise zeitvariabel verändert. Somit ist der mit einer herkömmlichen Überwachungseinrichtung vom Gleichstromnetz her gemessene Isolationswiderstand des Wechselstromnetzes meist deutlich höher als der tatsächliche Wert des Isolationswiderstands. Somit besteht die Gefahr, dass ein im Betrieb im Wechselstromnetz auftretender Isolationsfehler nicht erkannt wird. Zusammenfassend sind herkömmliche Einrichtungen nach dem passiven Messverfahren im Gleichstromnetz nicht geeignet zur Überwachung von galvanisch angekoppelten Wechselstromnetzen.

**[0006]** Aktive Messverfahren, bei denen ein zeitlich kodierte Spannungssignal den Messstrom treibt, der durch einen Lock-in-Verstärker gemessen wird, sind im Vergleich zum passiven Messverfahren kostenintensiv und aufgrund ihrer Komplexität fehleranfälliger.

**[0007]** Das Dokument DE 10 2010 054 413 A1 beschreibt ein Verfahren zum Lokalisieren eines Isolationsfehlers in einem System, das einen Gleichstromabschnitt und einen Wechselstromabschnitt einschließlich eines Wechselrichters aufweist. Der Wechselrichter umfasst Leistungsschalter, die jeweils während eines Messintervalls dauerhaft offen (Freilauf) und dauerhaft geschlossen (Durchschaltzustand) sind. Da solche Schaltzustände im Betrieb des Kraftfahrzeugs nicht vorkommen und ohne Einschränkung des Fahrzeugbetriebs auch nicht umsetzbar sind, ist dieses Verfahren im Fahrzeugbetrieb nicht einsetzbar.

**[0008]** Somit besteht die Aufgabe, eine Technik zur Bestimmung von Isolationswiderständen gekoppelter Gleich- und Wechselstromnetze im Betrieb anzugeben.

**[0009]** Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Bestimmung von Isolationswiderständen in einem Kraftfahrzeug und einem Kraftfahrzeug mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Aus-

fürungen und Anwendungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden im Folgenden unter teilweiser Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert.

**[0010]** Gemäß einem ersten Aspekt umfasste eine Vorrichtung zur Bestimmung von Isolationswiderständen in einem Kraftfahrzeug eine Erfassungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, in mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Betriebszustand mindestens eines mit dem Traktionsenergiespeicher leitend verbundenen Stromrichters des Kraftfahrzeugs zu erfassen; eine Messeinrichtung mit einem Messanschluss, der mit mindestens einem Gleichspannungspol eines elektrischen Traktionsenergiespeichers des Kraftfahrzeugs leitend verbunden oder verbindbar ist, und einem Masseanschluss, der mit einem Bezugspotential des Kraftfahrzeugs leitend verbunden oder verbindbar ist, wobei die Messeinrichtung dazu ausgebildet ist, in den mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Leitwert zwischen dem Messanschluss und dem Masseanschluss zu messen; und eine Berechnungseinrichtung, die dazu ausgebildet ist, die Isolationswiderstände als Funktion der mindestens zwei gemessenen Leitwerte und der mindestens zwei erfassten Betriebszustände zu bestimmen.

**[0011]** Hierbei kann die Bestimmung eines Leitwerts äquivalent durch eine Bestimmung des Widerstands realisiert sein. Dabei können Leitwert und Widerstand reziprok zueinander sein.

**[0012]** Der Traktionsenergiespeicher kann eine Vielzahl von Zellmodulen zur Speicherung elektrischer Energie umfassen. Der Traktionsenergiespeicher kann ferner einen Zwischenkreis und/oder einen Spannungszwischenkreisumrichter umfassen. Der Spannungszwischenkreisumrichter kann eingangsseitig mit den Zellmodulen verbunden sein. Der Umrichter kann ausgangseitig mit dem Zwischenkreis verbunden sein. Der Gleichspannungspol kann ein Ausgangsseitiger Pol des Zwischenkreises sein.

**[0013]** Die Messung des Leitwerts kann durch die Messung eines Gesamtwiderstands realisiert sein. Die Messeinrichtung kann im jeweiligen Messintervall Strom und Spannung zwischen dem Messanschluss und dem Masseanschluss messen, wobei der Leitwert oder der Gesamtwiderstand aus dem gemessenen Strom und der gemessenen Spannung (beispielsweise als Verhältnis) berechnet werden (beispielsweise von der Messeinrichtung oder der Berechnungseinrichtung).

**[0014]** Der Betriebszustand kann einen Schaltzustand und/oder einen Tastgrad mindestens eines Schaltelementes des Stromrichters umfassen. Der Betriebszustand kann durch einen Kopplungsfaktor (beispielsweise eine reelle Zahl zwischen 0 und 1) repräsentiert werden. Der bestimmte Isolationswiderstand kann (beispielsweise bei durch die Messung gegebenem Leitwert) eine streng monoton fallende Funktion des Tastgrads oder des Kopplungsfaktors sein. Beispielsweise kann der Kehrwert des Isolationswiderstands linear sowohl im gemessenen Leitwert als auch dem Tastgrad bzw. Kopplungsfaktor sein. Alternativ kann der Isolationswiderstand linear sowohl zum gemessenen Widerstand (d.h. dem Kehrwert des Leitwerts) als auch dem inversen Tastgrad bzw. Kopplungsfaktors sein.

**[0015]** Der erfasste Tastgrad kann unter 100% und/oder über 0%, beispielsweise über 10%, sein. Der dem erfassten Tastgrad entsprechende Kopplungsfaktor (beispielsweise bei einer multiplikativen Verknüpfung der Kopplungsfaktoren mit den jeweiligen Leitwerten) kann unter 1 und über 0, beispielsweise über 0,1, sein. Der dem erfassten Tastgrad entsprechende Kopplungsfaktor (beispielsweise bei einer multiplikativen Verknüpfung der Kopplungsfaktoren mit den jeweiligen Widerständen) kann größer als 1, und optional kleiner als 10, sein. Der erfasste Tastgrad kann größer als ein Mindestwert (beispielsweise 5%, 10% oder 20%) sein.

**[0016]** Jeder der erfassten Betriebszustände kann im jeweiligen Messintervall zeitlich konstant sein. Die Kombination (oder Zusammensetzung) der in jedem Messintervall erfassten Betriebszustände kann in jedem Messintervall verschieden sein. Alternativ oder ergänzend bestimmt die Erfassungseinrichtung für einen sich im jeweiligen Messintervall zeitlich veränderten Betriebszustand einen zeitlich gemittelten Zustand. Der zeitlich gemittelte Zustand wird in der Berechnungseinrichtung der Bestimmung der Isolationswiderstände zugrunde gelegt.

**[0017]** Der mindestens eine Stromrichter kann einen Wechselrichter und/oder einen Gleichspannungswandler umfassen. Jeder der Stromrichter kann Feldeffekttransistoren als Schaltelemente umfassen.

**[0018]** Der mindestens eine Stromrichter kann jeweils ein Aggregat des Kraftfahrzeugs speisen oder von dieser elektrische Energie ins Gleichstromnetz zurückleiten. Das Aggregat kann eine E-Maschine (Antrieb und/oder Generator) umfassen.

**[0019]** Das Bezugspotential kann eine elektrisch leitende Karosserie des Kraftfahrzeugs umfassen. Durch Faserverbundwerkstoffe elektrisch getrennte Karosserieteile können durch Masseleitungen elektrisch verbunden sein.

**[0020]** Die Erfassungseinrichtung kann dazu ausgebildet sein, die Betriebszustände mehrerer Stromrichter jeweils in mehreren Messintervallen zu erfassen. Die Messeinrichtung kann dazu ausgebildet sein, in jedem der Messintervalle den Leitwert zu messen. Die Berechnungseinrichtung kann dazu ausgebildet sein, für jeden der Stromrichter (oder jedes Schaltelement) einen Isolationswiderstand aufgrund der gemessenen Leitwerte und der erfassten Betriebszustände zu berechnen.

**[0021]** Einer der Stromrichter (beispielsweise ein Wechselrichter) kann mit einer elektrischen Maschine zum Antrieb des Kraftfahrzeugs leitend verbunden sein. Alternativ oder ergänzend kann einer der Stromrichter (beispielsweise ein Gleichspannungswandler) mit einem elektrischen Antrieb einer Servolenkung des Kraftfahrzeugs leitend verbunden sein. Alternativ oder ergänzend kann einer der Stromrichter (beispielsweise ein Gleichspannungswandler oder Umrichter) mit einem Kompressor oder einer Pumpe des Kraftfahrzeugs leitend verbunden sein, beispielsweise dem Kompressor einer Klimaanlage, dem Kompressor zur Verdichtung von Luft oder der Ölpumpe einer Hydraulik des Kraftfahrzeugs.

**[0022]** Die Funktion kann Parameter oder Kopplungsfaktoren zur Gewichtung einer Abhängigkeit des Isolationswiderstands vom erfassten Betriebszustand umfassen. Die Berechnungseinrichtung kann einen Speicher umfassen, in dem Kraftfahrzeug-spezifische Werte der Parameter gespeichert sind. Die Funktion kann Parameter oder Kopplungsfaktoren zur Gewichtung einer linearen Abhängigkeit und/oder einer nichtlinearen Abhängigkeit des Isolationswiderstands vom erfassten Betriebszustand umfassen.

**[0023]** Die Erfassungseinrichtung kann die Messintervalle abhängig von einem Fahrzustand des Kraftfahrzeugs bestimmen. Die Erfassungseinrichtung kann mindestens ein Messintervall bestimmen, in dem mindestens einer der oder alle Betriebszustände zeitlich konstant sind.

**[0024]** Gemäß einem weiteren Aspekt ist ein Kraftfahrzeug bereitgestellt, das eine Vorrichtung gemäß dem vorstehenden Aspekt umfasst. Das Kraftfahrzeug kann einen elektrischen Traktionsenergiespeicher, mindestens einen mit dem Traktionsenergiespeicher leitend verbundenen Stromrichter und die Vorrichtung zum Bestimmen von Isolationswiderständen im Kraftfahrzeug umfassen.

**[0025]** Das Kraftfahrzeug kann ein Nutzfahrzeug, beispielsweise ein Lastkraftwagen oder eine Zugmaschine (zur Güterbeförderung) und/oder ein Bus (zur Personenbeförderung), oder ein Personenkraftwagen sein.

**[0026]** Vorstehend beschriebene Merkmale sind in jeder Kombination realisierbar. Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Kraftfahrzeugs hinsichtlich seines Stromnetzes mit einem ersten Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Bestimmung von Isolationswiderständen im Kraftfahrzeug;

**Fig. 2** ein schematisches Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels der Vorrichtung zur Bestimmung von Isolationswiderständen im Kraftfahrzeug; und

**Fig. 3** ein schematisches Ersatzschaltbild zur Berechnung der Isolationswiderstände, die in einem der Ausführungsbeispiele der Vorrichtung implementierbar ist.

**[0027]** **Fig. 1** zeigt schematisch ein Beispiel eines allgemein mit Bezugszeichen **100** bezeichneten Kraftfahrzeugs, in dem die vorliegende Technik einsetzbar ist. Das Kraftfahrzeug **100** umfasst einen energiespeicherseitigen Bereich **102** und einen fahrzeugseitigen Bereich **104**. Der energiespeicherseitige Bereich **102** und der fahrzeugseitige Bereich **104** sind durch ein Gleichstromnetz **106** verbunden, an das im fahrzeugseitigen Bereich **104** mindestens ein Wechselstromnetz **108** abgekoppelt ist. Typischerweise wird mindestens ein Wechselstromnetz **108** aus dem Gleichstromnetz **104** gespeist. Die gekoppelten Stromnetze **106** und **108** werden auch als Gesamtnetz bezeichnet und können als IT-Netz ausgebildet sein.

**[0028]** Das Kraftfahrzeug **100** umfasst einen Traktionsenergiespeicher **110** zur Speicherung elektrischer Energie. Diese wird über Gleichspannungspole **112** an das Gleichstromnetz **106** abgegeben (und gegebenenfalls bei einer Energierückgewinnung im Traktionsenergiespeicher **110** aufgenommen). Der Traktionsenergiespeicher **110** umfasst eine Vielzahl elektrochemischer Zellen, die in Zellmodulen **114** zusammengeschaltet sind und über ein Schaltschütz **116** schaltbar mit den Gleichspannungspolen **112** verbunden sind.

**[0029]** Ferner umfasst das Kraftfahrzeug **100** im fahrzeugseitigen Bereich **104** mindestens einen mit dem Traktionsenergiespeicher **110** elektrisch leitend verbundenen Stromrichter **120**, der jeweils mindestens ein Aggregat **130** des Kraftfahrzeugs **100** im jeweiligen Wechselstromnetz **108** speist. Hierzu umfasst der Stromrichter **120** Schaltelemente **122**, die jeweils eingangsseitig mit dem Traktionsenergiespeicher **110** und ausgangseitig mit dem jeweiligen Aggregat **130** des Kraftfahrzeugs **100** verbunden sind. Typischerweise ist zwischen den Zellmodulen **114** als primäre Spannungsquelle und der Eingangsseite der Schaltelemente **122** ein Zwischenkreis **118** geschaltet, der Teil des Traktionsenergiespeichers **110**, eigenständiger Teil des Gleichstromnetzes **106** oder (wie in **Fig. 1** gezeigt) Teil des Stromrichters **120** sein kann.

**[0030]** Das in **Fig. 1** gezeigte Aggregat **130** umfasst eine elektrische Antriebsmaschine (auch Traktions-E-Maschine oder TEM) des Kraftfahrzeugs **100**, die als mehrphasige Drehstrommaschine ausgeführt ist. Die jeweiligen Phasen **132** werden von jeweils zwei als Halbbrücken geschalteten Schaltelementen **122** angesteuert. Das in **Fig. 1** gezeigte mehrphasige Wechselstromnetz **108** ist lediglich beispielhaft. Die Technik kann mit jedem Stromprofil, beispielsweise einphasigem Wechselstrom und/oder durch Pulsweitenmodulation (engl. „Pulse Width Modulation“ oder PWM) gesteuerter Gleichspannung eingesetzt werden. Insbesondere kann das Kraftfahrzeug **100** aus dem Gleichstromnetz **106** mehrere Wechselstromnetze **108** speisen, die beispielsweise jeweils unterschiedliche Stromprofile für unterschiedliche Aggregate **130** bereitstellen.

**[0031]** Einem Betriebszustand des Stromrichters **120** gemäß nehmen dessen Schaltelemente **122** einen (im Allgemeinen dynamischen) Schaltzustand an. Die Schaltelemente **122** haben dabei die Aufgabe, den vom Gleichstromnetz **106** entnommenen Gleichstrom in einen entsprechend geformten Wechselstrom des Wechselstromnetzes **108** umzuformen und ggf. umgekehrt, beispielsweise zur Rekuperation. Vorzugsweise umfassen die Schaltelemente **122** schaltende Halbleiterelemente, die im Betrieb des Kraftfahrzeugs **100** gemäß einem (im Allgemeinen zeitabhängigen) Schaltzustand mit hohen Schaltfrequenzen, beispielsweise mindestens 1 kHz, angesteuert werden.

**[0032]** Der Schaltzustand ist beispielsweise durch einen Tastgrad (auch: Taktverhältnis) bestimmt. Der Tastgrad der Schaltelemente **122** ist ein Beispiel für einen Parameter des Betriebszustands des Stromrichters **120**. Dabei ist der Tastgrad das Verhältnis von Impulsdauer bei geschlossenem Schaltelement **122** zur Periodendauer des dynamischen Schaltzustands (d.h., der reziproken Schaltfrequenzen).

**[0033]** Zur Bestimmung von Isolationswiderständen der Stromnetze **106** und **108** gegenüber einer elektrischen Masse **140** des Kraftfahrzeugs **100**, beispielsweise dem durch einen metallischen Fahrzeugrahmen definierten Bezugspotential, umfasst das Kraftfahrzeug **100** eine Vorrichtung **150** zur Bestimmung von Isolationswiderständen im Kraftfahrzeug **100**. Die Vorrichtung **150** kann auch als „Insulation Monitoring Device“ (IMD) bezeichnet werden.

**[0034]** Das in **Fig. 1** gezeigte erste Ausführungsbeispiel der Vorrichtung **150** umfasst mindestens einen Messanschluss **152**, der mit mindestens einem Gleichspannungspol **112** oder **113** eines elektrischen Traktionsenergiespeichers **110** leitend verbunden ist. Ferner umfasst die Vorrichtung **150** einen Masseanschluss **153**, der mit einem Bezugspotential **140** des Kraftfahrzeugs **100** leitend verbunden ist.

**[0035]** Die Vorrichtung **150** kann, beispielsweise wie in **Fig. 1** schematisch gezeigt, innerhalb des Traktionsenergiespeichers **110** angeordnet sein. Alternativ kann die Vorrichtung **150** als eigenständige Baugruppe im Gleichstromnetz **106** angeordnet sein. Ferner kann die Vorrichtung teilweise im Traktionsenergiespeicher **110** integriert sein. Vorteilhafterweise ist der Messanschluss **152** mit einem Gleichspannungspol **113** der Zellmodule **114** unabhängig vom Zustand des Schaltschützes **116** verbunden, beispielsweise zur Bestimmung von Isolationswiderständen bei geöffnetem Schaltschütz **116**.

**[0036]** Zur Bestimmung der Isolationswiderstände erfasst die Vorrichtung **150** den Betriebszustand des Stromrichters **120**, d.h. einen durch einen zeitlichen Schaltverlauf der Schaltelemente **122** bestimmten Schaltzustand, beispielsweise einen durch einen Tastgrad bestimmten Betriebszustand mindestens eines Schaltelements **122**. In mehreren zeitlich getrennten Messintervallen misst die Vorrichtung **150** jeweils den Leitwert zwischen Messanschluss **152** und Masseanschluss **153**. Hierbei definiert der Betriebszustand einen für das jeweilige Messintervall stationären und im Allgemeinen (beispielsweise zwischen den Messintervallen) dynamischen Schaltzustand oder Tastgrad. Beispielsweise öffnet und schließt sich das mindestens eine Schaltelement **122** mehrfach (beispielsweise mehr als 100- oder 1000-mal) innerhalb eines Messintervalls gemäß dem Schaltzustand oder Tastgrad.

**[0037]** Die Vorrichtung **150** nutzt den Betriebszustand des Stromrichters **120**, d.h. den Schaltzustand oder Tastgrad der das Gleichstromnetz **106** mit dem Wechselstromnetz **108** verbindenden Schaltelemente **122**, zur wertrichtigen Bestimmung des Isolationswiderstandes auch in Wechselstromnetzen **108**. Der Schaltzustand oder Tastgrad der Schaltelemente **122** kann dabei von einer Erfassungseinrichtung der Vorrichtung **150** zur Bestimmung des Isolationswiderstandes aktiv beeinflusst werden und/oder kann dieser zur Verfügung gestellt werden. Beispielsweise umfasst die Erfassungseinrichtung eine Schnittstelle zum Stromrichter **120** zum Erfassen oder Abfragen des Betriebszustands des Stromrichters **120**. Beispielsweise werden über die Schnittstelle Zustandsvorgaben oder Zustandsmeldungen ausgetauscht, z.B. eine Schließstellung oder Offenstellung eines der Schaltelemente **122** oder ein Tastgrad eines Halbleiter-Umrichters als Stromrichter **120**.

**[0038]** Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels der Vorrichtung **150** zur Bestimmung von Isolationswiderständen in einem Kraftfahrzeug **100**. Mit dem ersten Ausführungsbeispiel austauschbare oder übereinstimmende Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen versehen.

**[0039]** Die Vorrichtung **150** umfasst eine Erfassungseinrichtung **156**, die dazu ausgebildet ist, in mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Betriebszustand mindestens eines mit dem Traktionsenergiespeicher **100** leitend verbundenen Stromrichters des Kraftfahrzeugs **100** bzw. dessen Schaltelemente **122** zu erfassen.

**[0040]** Die Vorrichtung **150** umfasst ferner eine Messeinrichtung **154** mit einem Messanschluss **152**, der mit mindestens einem Gleichspannungspol **112** eines elektrischen Traktionsenergiespeichers **110** des Kraftfahrzeugs **100** leitend verbunden ist, und einem Masseanschluss **153**, der mit einem Bezugspotential **140** des Kraftfahrzeugs **100** leitend verbunden ist. Die Messeinrichtung **154** ist dazu ausgebildet, in den mindestens zwei Messintervallen jeweils mindestens einen Leitwert zwischen dem Messanschluss **152** und dem Masseanschluss **153** zu messen.

**[0041]** Hierzu kann die Messeinrichtung **154** räumlich getrennt von anderen Einrichtungen der Vorrichtung **150** angeordnet sein, beispielsweise innerhalb des Traktionsenergiespeichers **110**. Die Erfassungseinrichtung **156** kann als übergeordnete Einrichtung ausgebildet sein, welche die passive Erfassung der Betriebszustände der Stromrichter **120** (beispielsweise der Schaltzustände oder Tastgrade der Schaltelemente **122**) mit der Messeinrichtung **154** zur Messung des Leitwerts koordiniert.

**[0042]** Die Vorrichtung **150** umfasst ferner eine Berechnungseinrichtung **158**, die dazu ausgebildet ist, die Isolationswiderstände als Funktion der mindestens zwei gemessenen Leitwerte und der mindestens zwei erfassten Betriebszustände zu bestimmen. Die Berechnungseinrichtung **158** kann, wie in Fig. 2 gezeigt, Teil der Erfassungseinrichtung **156** sein.

**[0043]** Fig. 3 zeigt ein Ersatzschaltbild für das Kraftfahrzeug **100** bezüglich des Isolationswiderstandes **162** (bezeichnet mit  $R_{\text{Iso,DC}}$ ) eines Gleichstromnetzes **106** sowie der Isolationswiderstände (bezeichnet mit  $R_{\text{Iso,AC1}}$  bzw.  $R_{\text{Iso,AC2}}$ ) zweier Wechselstromnetze **108**. Das Ersatzschaltbild bzw. die entsprechende Berechnung durch die Berechnungseinrichtung **158** kann in jedem Ausführungsbeispiel der Vorrichtung **150** implementiert sein. In jedem Messintervall wird der Leitwert **160** zwischen Messanschluss **152** und Masseanschluss **153** (oder äquivalent dessen Kehrwert als kombinierter Isolationswiderstand) gemessen.

**[0044]** Die Wechselstromnetze **108** sind jeweils über die Schaltelemente **122** des zugehörigen Stromrichters **120** mit dem Gleichstromnetz **106** parallelgeschaltet. Die Ankopplung der Wechselstromnetze **108** über die jeweiligen Stromrichter **120** geht mittels vom Betriebszustand **124** des jeweiligen Stromrichters **120** oder Schaltelements **122** bestimmte Faktoren  $K_1$  bzw.  $K_2$  in die Bestimmung der Isolationswiderstände ein. Beispielsweise entspricht der Faktor  $K_i$  dem Tastgrad des jeweiligen Stromrichters **120** oder Schaltelements **122**.

**[0045]** Die Stromrichter **120** können durch eine Leistungselektronik (LE) realisiert sein. Insbesondere können die Stromrichter **120** einen AC-/DC-Umrichter und/oder einen AC-/DC-Wandler umfassen. Die in den mindestens zwei Messintervallen jeweils erfassten Betriebszuständen **124** können jeweils einen aktiven Betriebszustand (Index „A“) oder passiven Betriebszustand (Index „P“) umfassen. Der aktive Betriebszustand kann beispielsweise einen Tastgrad von 50% umfassen, d.h., das angesteuerte Aggregat arbeitet. Der passive Betriebszustand kann beispielsweise einen Tastgrad von 0% oder weniger als 5% umfassen, d.h. das angesteuerte Aggregat arbeitet nicht. Hierbei sind „aktiv“ und „passiv“ beispielhafte Bezeichnungen für zwei unterschiedliche Betriebszustände.

**[0046]** Werden die Schaltelemente **122** für die Dauer des Messintervalls vollständig geschlossen (z.B. aktiver Kurzschluss der Wechselstromphasen aller Umrichter **120** bei dem dessen drei Wechselstromphasen mit

jeweils einem Gleichspannungspol verbunden werden, d.h. es werden entweder nur die oberen oder nur die unteren drei Schaltelemente **122** geschlossen, da sonst die beiden Gleichspannungspole ebenfalls kurzgeschlossen würden), ist bereits eine einzelne Messung zur wertrichtigen Bestimmung oder Abschätzung des Isolationswiderstandes des Gesamtnetzes ausreichend. Dabei kann aufgrund der Parallelschaltung bestimmt oder abgeschätzt werden, dass die Isolationswiderstände der einzelnen Phasen (d.h. die Einzelwerte der Teilnetze) alle größer oder gleich dem gemessenen kombinierten Wert des Isolationswiderstands sind. Damit kann die Einhaltung eines Grenzwerts ohne Sicherheitszuschlag sichergestellt werden. Vorzugsweise wird dabei vorausgesetzt, dass der Widerstand des Umrichters im aktiven Kurzschluss vernachlässigbar ist, d.h. die Näherung, dass der Kopplungsfaktor = 1 ist. Das Schließen der Schaltelemente **122** wird dabei zeitlich koordiniert mit der Messung durchgeführt.

**[0047]** Die Berechnungseinrichtung **158** bestimmt gemäß der Parallelschaltung der Stromkreise **106** und **108** im jeweiligen Betriebszustand **124** und des gemessenen Leitwerts **160** die Isolationswiderstände **162**. Die Auswirkung des Betriebszustands **124** des Stromrichters **120** bzw. dessen Schaltelemente **122** (z.B. Tastgrad eines Umrichters **120**) kann vorab analytisch oder experimentell bestimmt und in der Berechnungseinrichtung **158** hinterlegt werden, z.B. mittels der Faktoren  $K_i$  in Abhängigkeit des Tastgrads in einfachster Form oder in Form von linearen oder nichtlinearen Funktionen (beispielsweise einer Reihenentwicklung). Diese Funktionen können, beispielsweise Fahrzeug-spezifisch oder Typen-spezifisch (für ein Serienmodell), vor der Herstellung des Kraftfahrzeugs **100** (beispielsweise in einem Messaufbau anhand bekannter Isolationswiderstände im Wechselstromnetz **108** oder an einem Prototypen des Kraftfahrzeugs **100**) ermittelt werden.

**[0048]** Für ein Gesamtnetz mit einem Gleichstromnetz **106** und einem Wechselstromnetz **108** müssen mindestens zwei Messungen des Leitwerts **160**, d.h. zwei erfasste Messintervalle, mit mindestens zwei unterschiedlichen Betriebszuständen **124** (beispielsweise Schaltzustände oder Tastgrade der Schaltelemente) durchgeführt werden. Allgemeine können die  $N$  Isolationswiderstände von  $N$  Wechselstromnetzen **108** und der Isolationswiderstand eines Gleichstromnetzes **106** aufgrund von mindestens  $N+1$  Messungen des Leitwerts **160** in jeweils einem Messintervall mit entsprechend  $N+1$  unterschiedlichen Betriebszuständen bestimmt werden. Falls mehr als  $N+1$  Messungen vorliegen, kann die Berechnungseinrichtung **158** eine lineare Regression durchführen.

**[0049]** Das durch die Erfassungseinrichtung **156** ausgeführte passive Verfahren umfasst das Erfassen oder Abfragen unterschiedlicher Betriebszustände **124** (beispielsweise Schaltzustände oder Tastgrade) der Stromrichter **120** oder deren Schaltelemente **122**. Die Betriebsanforderungen an den Stromrichter **120** (bzw. die Betriebsanforderungen an dessen Schaltelemente **122**) stören somit nicht die Nutzerfunktionen (z.B. Fahren, Kühlen, Lenkunterstützung).

**[0050]** Beispielsweise ändern sich die Betriebszustände **124** aufgrund der Betriebsanforderungen (z.B. einer Leistungsanforderung für die Wechselstrommaschine), insbesondere durch zeitvariable Ansteuerung des Tastgrads des Stromrichters **120** für den Fahrantrieb (je nach Fahrerwunschmoment), eines Stromrichters **120** für die Lenkunterstützung (je nach Lenkeinschlag, eines Stromrichters **120** für den Klimakompressor (je nach Kühlbedarf). Die Erfassungseinrichtung **156** erfasst die Betriebsanforderung und bestimmt auf dieser Grundlage das Messintervall und die Betriebszustände **124**. Beispielsweise kann in der Betriebsanforderung ein vorausbestimmter Verlauf der Betriebszustände **124** enthalten sein. Vorzugsweise bestimmt die Erfassungseinrichtung das Messintervall in einer Phase zeitlich konstanter Betriebszustände. Alternativ oder in Kombination mit teilweise zeitkonstanten betriebszuständen **124** werden zeitveränderliche Betriebszustände **124** über das Messintervall gemittelt. Dies erleichtert die wertrichtige Bestimmung des Leitwerts **160** bzw. des entsprechenden kombinierten Isolationswiderstandes.

**[0051]** Alternativ oder ergänzend ist die Dauer des Messintervalls (z.B. 500 ms bis 30 s) von der Variabilität des erfassten Betriebszustands **124** abhängig. Eine Mindestdauer der Messintervalle, d.h. der Messdauern, kann sich aufgrund Ableitkapazitäten des IT-Netzes und/oder einer (von der Messeinrichtung **154** ausgeführten) Filterung ergeben.

**[0052]** Sind mindestens zwei Messwerte des Leitwerts **160** (beispielsweise des kombinierten Isolationswiderstands) und jeweils der (ggf. gemittelte) Betriebszustand **124** (beispielsweise die zugehörige funktionale Abhängigkeit des Isolationswiderstands **162** beim jeweiligen Betriebszustand **124** oder die Werte der Faktoren  $K_i$  in Abhängigkeit des Betriebszustands **124**) bekannt, bestimmt die Berechnungseinrichtung **158** die unbekanntenen Größen **162** des Isolationswiderstands  $R_{\text{Iso,DC}}$  im Gleichstromnetz **106** und des jeweiligen Isolationswiderstands  $R_{\text{Iso,ACi}}$  im  $i$ -ten Wechselstromnetz **108**, beispielsweise mittels Regression. Grundsätzlich ist durch die Berechnungseinrichtung **158** die Bestimmung aller Isolationswiderstände **162** ermöglicht, wenn die Anzahl der Messungen (d.h. der Messintervalle) größer oder gleich der Anzahl der Teilnetze **106** und **108** ist.

**[0053]** Beispielsweise berechnet die Berechnungseinrichtung **158** die Isolationswiderstände **162** aufgrund der gemessenen Leitwerte **160** ( $L_i$  bzw. der kombinierten Isolationswiderstände  $R_{Iso,i}=1/L_i$ ) und den jeweiligen Kopplungsfaktoren  $K_i$  der Betriebszustände **124** wie folgt.

**[0054]** Aufgrund von beispielsweise  $N+1=3$  Messintervallen sind die Datensätze  $(R_{Iso,1}, K_{1P}, K_{2P})$ ,  $(R_{Iso,2}, K_{1A}, K_{2P})$ ,  $(R_{Iso,3}, K_{1A}, K_{2A})$  bekannt. Berechnet werden die Isolationswiderstände **162**, d.h.  $R_{Iso,DC}$ ,  $R_{Iso,AC1}$ ,  $R_{Iso,AC2}$ , der jeweiligen Stromnetze **106** und **108**. Genauer bestimmt die Berechnungseinrichtung **158** die Isolationswiderstände **162** als Funktion der Datensätze aufgrund der funktionalen Abhängigkeiten im jeweiligen Messintervall:

$$R_{Iso,1} = R_{Iso,DC} \parallel K_{1P} \parallel R_{Iso,AC1} \parallel K_{2P} \parallel R_{Iso,AC2} \parallel \dots \quad \text{Messintervall 1:}$$

$$R_{Iso,2} = R_{Iso,DC} \parallel K_{1A} \parallel R_{Iso,AC1} \parallel K_{2P} \parallel R_{Iso,AC2} \parallel \dots \quad \text{Messintervall 2:}$$

$$R_{Iso,3} = R_{Iso,DC} \parallel K_{1A} \parallel R_{Iso,AC1} \parallel K_{2A} \parallel R_{Iso,AC2} \parallel \dots \quad \text{Messintervall 3:}$$

**[0055]** Dabei bezeichnet „ $\parallel$ “ die elektrische Parallelschaltung von Widerständen, d.h., die Summe der Kehrwerte der Widerstände. Liegen der Berechnungseinrichtung **158** die Datensätze von  $N+1$  Messintervallen vor, können (bei disjunkten erfassten Betriebszuständen) alle Isolationswiderstände **162** berechnet werden, beispielsweise durch Inversion einer durch die Kopplungsfaktoren bestimmten Matrix. Liegen Datensätze von mehr als  $N+1$  Messintervallen vor, werden die Isolationswiderstände **162** durch Regression bestimmt.

**[0056]** Beispielsweise werden die Isolationswiderstände wie folgt berechnet.

$$R_{Iso,1} = 1 / \left( 1/R_{Iso,DC} + 1 / (K_{1P} \cdot R_{Iso,AC1}) + 1 / (K_{2P} \cdot R_{Iso,AC2}) + \dots \right) \quad \text{Messintervall 1:}$$

$$R_{Iso,2} = 1 / \left( 1/R_{Iso,DC} + 1 / (K_{1A} \cdot R_{Iso,AC1}) + 1 / (K_{2P} \cdot R_{Iso,AC2}) + \dots \right) \quad \text{Messintervall 2:}$$

$$R_{Iso,3} = 1 / \left( 1/R_{Iso,DC} + 1 / (K_{1A} \cdot R_{Iso,AC1}) + 1 / (K_{2A} \cdot R_{Iso,AC2}) + \dots \right) \quad \text{Messintervall 3:}$$

**[0057]** Alternativ können reziproke Kopplungsfaktoren (beispielsweise bei einer Berechnung mittels der Leitwerte) verwendet werden:

$$G_{Iso,1} = G_{Iso,DC} + K_{1P} \cdot G_{Iso,AC1} + K_{2P} \cdot G_{Iso,AC2} + \dots \quad \text{Messintervall 1:}$$

$$G_{Iso,2} = G_{Iso,DC} + K_{1A} \cdot G_{Iso,AC1} + K_{2P} \cdot G_{Iso,AC2} + \dots \quad \text{Messintervall 2:}$$

$$G_{Iso,3} = G_{Iso,DC} + K_{1A} \cdot G_{Iso,AC1} + K_{2A} \cdot G_{Iso,AC2} + \dots \quad \text{Messintervall 3:}$$

**[0058]** Die Technik skaliert auf mehr als ein Wechselstromnetz **108** (beispielsweise mehrere Wechselstrommaschinen, z.B. Fahrantriebe und/oder Nebenaggregate), wodurch nur die Anzahl der erforderlichen (mindestens  $N+1$ ) Messintervalle mit jeweils unterschiedlichen Betriebszuständen **124** steigt, um alle Isolationswiderstände **162** im Gesamtnetz durch die Vorrichtung **150** zu bestimmen.

**[0059]** Während vorstehend zwischen Stromrichtern **120** jeweils in Zuordnung zu einem Wechselstromnetz **108** und dessen Schaltelementen **122** jeweils in Zuordnung zu einer Phase des Wechselstromnetzes **108** unterschieden wurde, kann die Vorrichtung **150** auch zur Bestimmung der Isolationswiderstände der einzelnen Phasen angewandt werden. Dabei kann die Näherung



## Lastwiderstand &lt;&lt; Isolationswiderstand

**[0060]** verwendet werden. In diesem Fall können die Begriffe Stromrichter **120** und Schaltelementen 122 austauschbar sein.

**[0061]** Wie anhand vorstehender exemplarischer Ausführungsbeispiele dem Fachmann ersichtlich ist, kann die Technik eine kostengünstige Bestimmung von Isolationswiderständen in gekoppelten Stromnetzen eines Kraftfahrzeugs im Betrieb ermöglichen.

**[0062]** Die Technik kann ein kostengünstiges, passives Messverfahren zur wertrichtigen Bestimmung des Isolationswiderstands in angekoppelten Wechselstromnetzen implementieren. Dagegen ist im Stand der Technik dafür bisher ein deutlich kostenintensiveres, aktives Messverfahren mit einer auf die Netzspannung modulierten Prüfspannung erforderlich.

**[0063]** Ausführungsbeispiele der Technik können einzelne Isolationswiderstandswerte jeweils pro Teilnetz (insbesondere je Gleich- und Wechselstromnetz) bestimmen. Somit kann auch vorteilhaft der Ort eines Isolationsfehlers mit der Technik bestimmt werden. Dies erleichtert die Fehlersuche und Fehlerbehebung.

**[0064]** Das gezielte, passive Erfassen von während der Messintervalle jeweils konstanten Betriebszuständen (beispielsweise Schaltzuständen oder Tastgraden) ermöglicht die wertrichtige Messungen und/oder verbessert die Messgenauigkeit der wertrichtigen Messungen des Isolationswiderstands.

**[0065]** Der Betrieb der Gleich- und Wechselstromnetze (z.B. für die Nutzfunktion Fahren eines Elektrofahrzeugs) kann durch das Verfahren unbeeinflusst bleiben, insbesondere indem die Messintervalle vor und/oder nach der Betriebsphase stattfinden.

**[0066]** Obwohl die Erfindung in Bezug auf exemplarische Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann ersichtlich, dass verschiedene Änderungen vorgenommen werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können. Ferner können viele Modifikationen vorgenommen werden, um eine bestimmte Situation oder ein bestimmtes Fahrzeugmodell an die Lehre der Erfindung anzupassen. Folglich ist die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfasst alle Ausführungsbeispiele, die in den Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen.

## Bezugszeichenliste

<b>100</b>	Kraftfahrzeug
<b>102</b>	Speicherseitiger Bereich
<b>104</b>	Fahrzeugseitiger Bereich
<b>106</b>	Gleichstromnetz
<b>108</b>	Wechselstromnetz
<b>110</b>	Traktionsenergiespeicher
<b>112, 113</b>	Gleichspannungspol
<b>114</b>	Zellmodule
<b>116</b>	Schalterschütz
<b>118</b>	Zwischenkreis
<b>120</b>	Stromrichter
<b>122</b>	Schaltelement des Stromrichters
<b>124</b>	Betriebszustand des Stromrichters
<b>130</b>	Aggregat
<b>132</b>	Phasen des Aggregats
<b>140</b>	Bezugspotential des Kraftfahrzeugs
<b>150</b>	Vorrichtung zur Bestimmung von Isolationswiderständen

<b>152</b>	Messanschluss
<b>153</b>	Masseanschluss
<b>154</b>	Messeinrichtung
<b>156</b>	Erfassungseinrichtung
<b>158</b>	Berechnungseinrichtung
<b>160</b>	Leitwert
<b>162</b>	Isolationswiderstand

**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 102010054413 A1 [0007]

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung (150) zur Bestimmung von Isolationswiderständen (162) in einem Kraftfahrzeug (100), umfassend:  
eine Erfassungseinrichtung (156), die dazu ausgebildet ist, in mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Betriebszustand (124) mindestens eines mit dem Traktionsenergiespeicher (100) leitend verbundenen Stromrichters (120) des Kraftfahrzeugs (100) zu erfassen;  
eine Messeinrichtung (154) mit einem Messanschluss (152), der mit mindestens einem Gleichspannungspol (112) eines elektrischen Traktionsenergiespeichers (110) des Kraftfahrzeugs (100) leitend verbunden oder verbindbar ist, und einem Masseanschluss (153), der mit einem Bezugspotential (140) des Kraftfahrzeugs (100) leitend verbunden oder verbindbar ist, wobei die Messeinrichtung (154) dazu ausgebildet ist, in den mindestens zwei Messintervallen jeweils einen Leitwert (160) zwischen dem Messanschluss (152) und dem Masseanschluss (153) zu messen; und  
eine Berechnungseinrichtung (158), die dazu ausgebildet ist, die Isolationswiderstände (162) als Funktion der mindestens zwei gemessenen Leitwerte (160) und der mindestens zwei erfassten Betriebszustände (124) zu bestimmen.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Betriebszustand einen Schaltzustand und/oder einen Tastgrad mindestens eines Schaltelementes (122) des Stromrichters (120) umfasst.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei der bestimmte Isolationswiderstand (162) eine streng monoton fallende Funktion des Tastgrads ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei der erfasste Tastgrad unter 100% und/oder über 10% ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Erfassungseinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, für jeden der erfassten Betriebszustände (124) im jeweiligen Messintervall einen mittleren Betriebszustand zu bestimmen.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der mindestens eine Stromrichter (120) einen Wechselrichter und/oder einen Gleichspannungswandler umfasst.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der mindestens eine Stromrichter (120) jeweils ein Aggregat (130) des Kraftfahrzeugs (100) speist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Bezugspotential (140) eine elektrisch leitende Karosserie des Kraftfahrzeugs (100) umfasst.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Erfassungseinrichtung (156), dazu ausgebildet ist, die Betriebszustände (124) mehrerer Stromrichter (120) jeweils in mehreren Messintervallen zu erfassen, die Messeinrichtung (154) dazu ausgebildet ist, in jedem der Messintervalle den Leitwert (160) zu messen, und die Berechnungseinrichtung (158) dazu ausgebildet ist, für jeden der Stromrichter (120) einen Isolationswiderstand (162) aufgrund der gemessenen Leitwerte (160) und der erfassten Betriebszustände (124) zu berechnen.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Funktion Parameter zur Gewichtung einer Abhängigkeit des Isolationswiderstands vom erfassten Betriebszustand umfasst, und wobei die Berechnungseinrichtung (158) einen Speicher umfasst, in dem Kraftfahrzeug-spezifische Werte der Parameter gespeichert sind.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Funktion Parameter zur Gewichtung einer linearen Abhängigkeit und/oder einer nichtlinearen Abhängigkeit des Isolationswiderstands vom erfassten Betriebszustand umfasst.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Erfassungseinrichtung (156) die Messintervalle abhängig von einem Fahrzustand des Kraftfahrzeugs (100) bestimmt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei die Erfassungseinrichtung (156) mindestens ein Messintervall bestimmt, in dem mindestens einer der Betriebszustände zeitlich konstant ist.
14. Kraftfahrzeug (100), insbesondere ein Nutzfahrzeug, umfassend:

einen elektrischen Traktionsenergiespeicher (110);  
mindestens einen mit dem Traktionsenergiespeicher (110) leitend verbundenen Stromrichter (120); und  
eine Vorrichtung (150) zur Bestimmung von Isolationswiderständen (162) im Kraftfahrzeug (100) gemäß einem  
der Ansprüche 1 bis 13.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

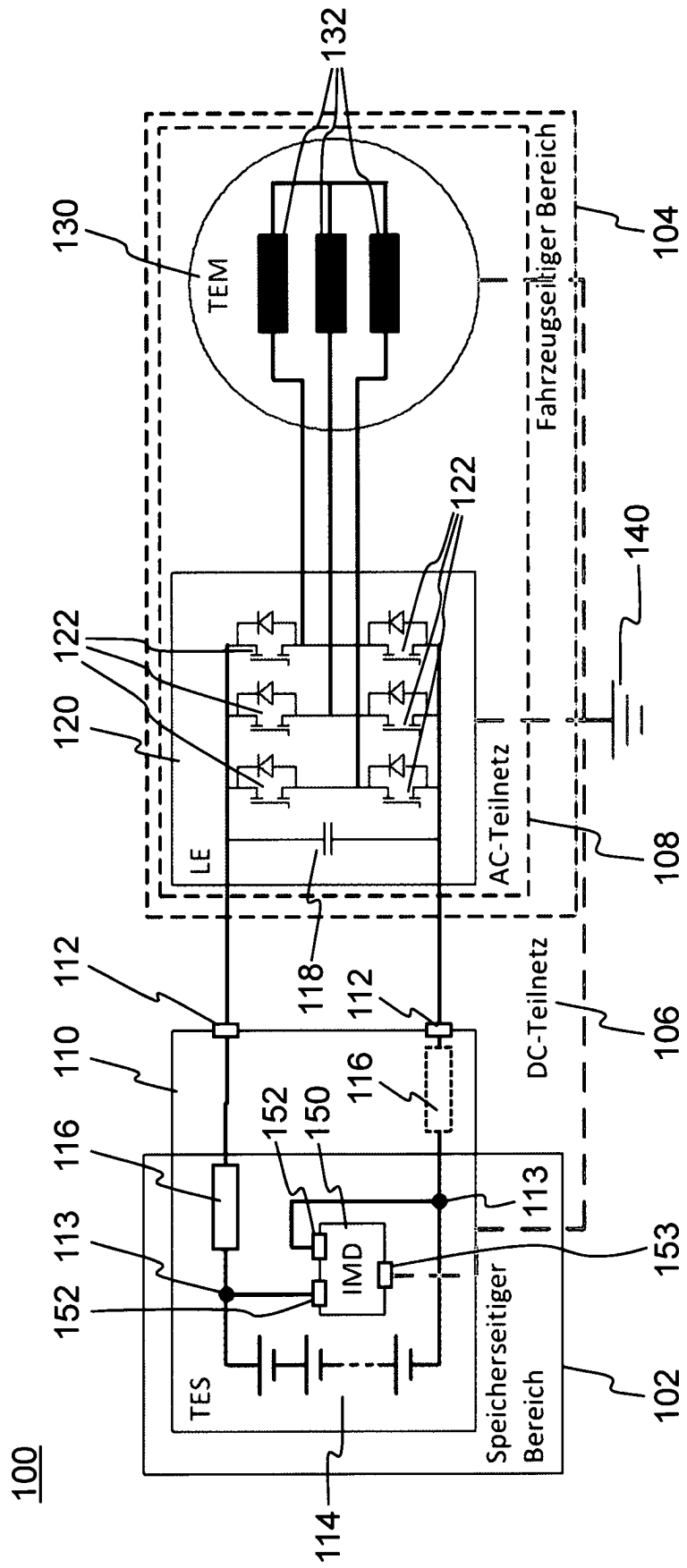


FIG. 2

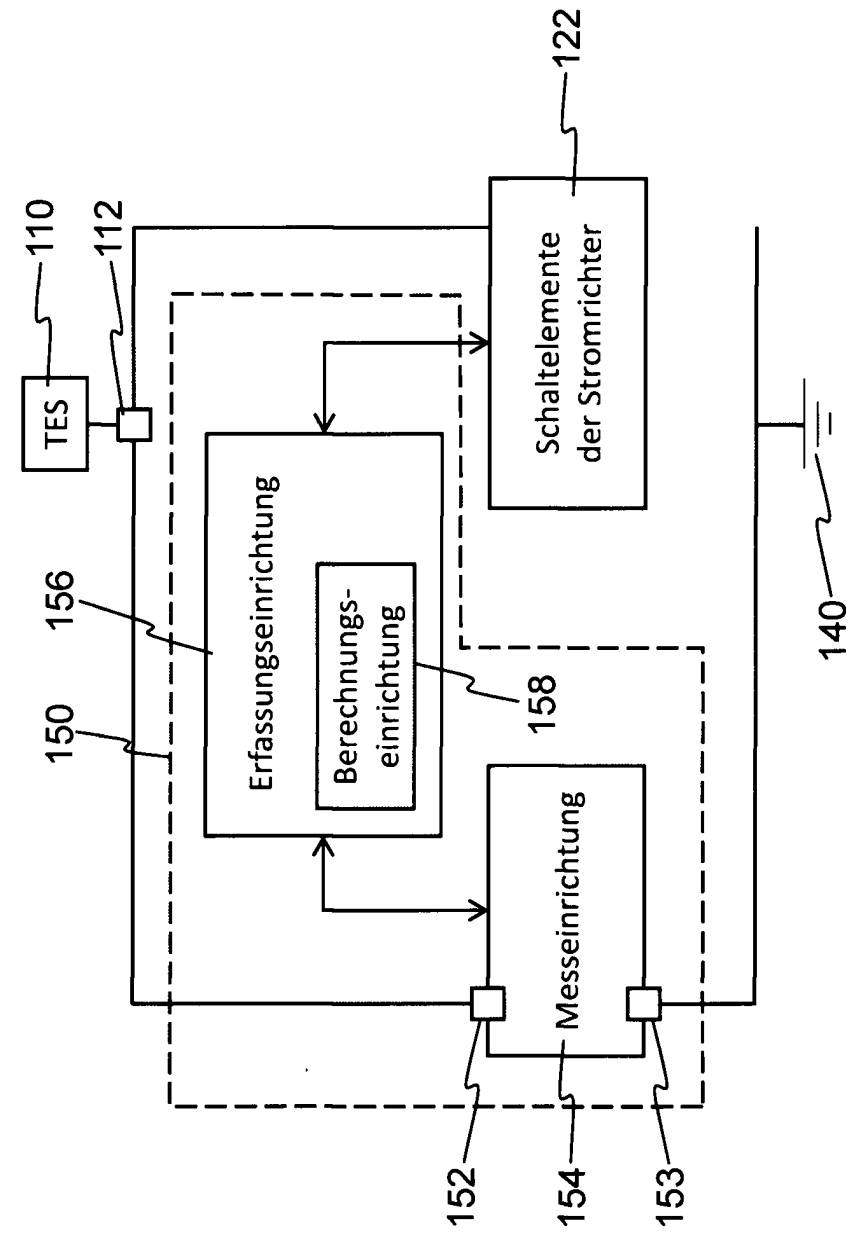


FIG. 3

