



(10) **DE 10 2022 103 473 A1** 2023.08.17

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 103 473.9**

(22) Anmeldetag: **15.02.2022**

(43) Offenlegungstag: **17.08.2023**

(51) Int Cl.: **H02M 1/36** (2007.01)

H02M 1/00 (2007.01)

B60L 3/00 (2019.01)

B60L 50/50 (2019.01)

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

(72) Erfinder:
Ruppert, Daniel, 85101 Lenting, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

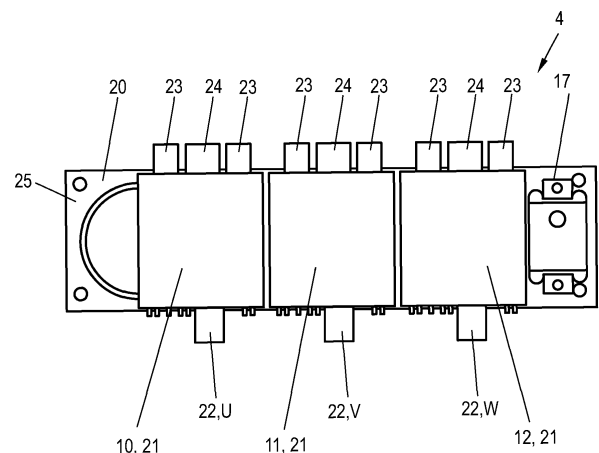
DE	10 2017 121 579	A1
DE	10 2019 132 685	A1
US	2018 / 0 342 945	A1
US	2022 / 0 105 793	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Schaltungseinrichtung, elektrische Antriebsanordnung und Kraftfahrzeug**

(57) Zusammenfassung: Elektrische Schaltungseinrichtung zum Betrieb einer elektrischen Maschine (3) umfassend eine Inverterschaltung (5), eine Erregerschaltung (6) und eine Kühleinrichtung (20), wobei die Erregerschaltung (6) durch wenigstens ein Schaltungsmodul (17) gebildet ist, wobei das Schaltungsmodul (17) thermisch mit der Kühleinrichtung (20) gekoppelt ist und eine mit der Inverterschaltung (5) verbundene, zur Entladung wenigstens eines Energiespeichers (26) der Inverterschaltung (5) ausgebildete Entladeschaltung (13) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Schaltungseinrichtung zum Betrieb einer elektrischen Maschine umfassend eine Inverterschaltung, eine Erregerschaltung und eine Kühleinrichtung, wobei die Erregerschaltung durch wenigstens ein Schaltungsmodul gebildet ist und das Schaltungsmodul thermisch mit der Kühleinrichtung gekoppelt ist. Weiterhin betrifft die Erfindung eine elektrische Antriebsvorrichtung sowie ein Kraftfahrzeug.

[0002] Hybridkraftfahrzeuge und Kraftfahrzeuge mit rein elektrischem Antrieb umfassen in der Regel ein Hochvoltbordnetz, über welches unterschiedliche Leistungselektronik-Komponenten des Kraftfahrzeugs versorgt werden. Bei diesen Leistungselektronik-Komponenten kann es sich beispielsweise um einen Antriebsumrichter, einen Gleichspannungswandler zum Wandeln der Spannung des Hochvoltbordnetzes in eine niedrigere Spannung, ein Onboard-Ladegerät des Kraftfahrzeugs, einen elektrischen Klimakompressor und/oder einen elektrischen Heizer handeln. Diese Komponenten werden über das Hochvoltbordnetz aus einem Hochvolt-Energiespeicher des Kraftfahrzeugs, beispielsweise einer Traktionsbatterie, gespeist. Die Gleichspannung in dem Hochvoltbordnetz beträgt bei Elektrofahrzeugen beispielsweise zwischen 350 V oder 860 V.

[0003] Aus Gründen der Gebrauchssicherheit sowie der funktionalen Sicherheit muss in jeder Komponente des Hochvolt-Bordnetzes, welche einen Hochvolt-Zwischenkreiskondensator bzw. einen X-Kondensator zur Filterung von elektromagnetischen Störungen aufweist, eine Schaltung zur aktiven Entladung vorgesehen werden, da das Spannungsniveau dieser Kondensatoren grundsätzlich der Spannung des Hochvolt-Bordnetzes entsprechen kann. Durch eine solche Schaltung zur aktiven Entladung kann der Kondensator entladen werden, beispielsweise wenn das Hochvolt-Bordnetz des Kraftfahrzeugs außer Betrieb genommen wird oder wenn ein Fehlerfall auftritt, welcher ein Abschalten des Hochvolt-Bordnetzes erforderlich macht.

[0004] Die Schaltung zur aktiven Entladung besteht in der Regel aus einem Schalter, beispielsweise einem Transistor, sowie einem ohmschen Widerstand, über den die im Kondensator gespeicherte elektrische Energie beim Entladen in Wärme umgewandelt wird. Dies reduziert die Spannung am Zwischenkreiskondensator, sodass diese innerhalb einer kurzen Zeitspanne, insbesondere innerhalb einer vorgegebenen Entladezeit, auf ein beispielsweise für Berührungen ungefährliches Niveau bzw. ein zu erreichendes Mindestspannungsniveau abgesenkt werden kann.

[0005] Der zum Entladen verwendete Widerstand muss aufgrund der hohen, in einem Kraftfahrzeugbordnetz auftretenden Zwischenkreisspannung sowie der hohen, zum Erreichen der vorgegebenen Entladezeit erforderlichen Entladeleistung in der Regel sehr massiv bzw. belastbar ausgelegt werden, um der gegebenenfalls hohen thermischen Belastung während des Entladens standhalten zu können. Dies bedingt, dass die zum Entladen verwendbaren Widerstände in der Regel vergleichsweise groß sind und somit erheblichen Bauraum beanspruchen können. Dies betrifft dabei insbesondere auch Schaltungsanordnungen, welche einen Energiespeicher in einer Schaltung zum Betrieb einer elektrischen Maschine entladen sollen. Aus dem Stand der Technik sind dazu verschiedene Schaltungsanordnungen bekannt.

[0006] In DE 10 2018 201 321 A1 wird ein Verfahren zum Betreiben einer Anordnung aus einer elektrischen Maschine und einem Gleichrichter beschrieben. Dabei wird eine an einer Zwischenkreiskapazität anliegende Spannung durch eine überwachte Größe charakterisiert, wobei bei einem Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwerts durch die überwachte Größe elektrische Energie aus dem Zwischenkreis in wenigstens einen in der Anordnung befindlichen Lastwiderstand überführt wird, um die überwachte Größe oder die an der Zwischenkreiskapazität anliegende Spannung zu reduzieren.

[0007] EP 2 556 982 A1 beschreibt eine Entladevorrichtung zum Entladen eines Hauptkondensators in einer elektrischen Leistungsschaltung. Die Entladeschaltung umfasst dabei neben einem Entladetransistor auch einen Widerstand, welcher zur Umsetzung der zu entladenden elektrischen Energie in Wärme dient.

[0008] Aus DE 10 2012 218 604 A1 sind eine Schaltungsanordnung zum Entladen eines elektrischen Energiespeichers sowie ein Stromrichter mit einer derartigen Schaltungsanordnung bekannt. Dabei sind die Entladeschaltung sowie weitere Komponenten, an denen eine hohe Spannung anliegt, monolithisch in einem Schaltungsbauteil integriert.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte elektrische Schaltungseinrichtung anzugeben, welche insbesondere eine verbesserte Bereitstellung einer Möglichkeit zum Entladen eines Energiespeichers einer Inverterschaltung der elektrischen Schaltungseinrichtung ermöglicht.

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einer elektrischen Schaltungseinrichtung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Schaltungsmodul eine mit der Inverterschaltung verbundene, zur Entladung wenigstens eines Energie-

speichers der Inverterschaltung ausgebildete Entladeschaltung aufweist.

[0011] Die elektrische Schaltungseinrichtung dient insbesondere zum Betrieb einer elektrischen Maschine. Dazu kann die Inverterschaltung beispielsweise mit einem Stator der elektrischen Maschine verbunden werden und die Erregerschaltung der elektrischen Schaltungseinrichtung kann beispielsweise mit einem Rotor der elektrischen Maschine verbunden werden. Auf diese Weise kann über die elektrische Schaltungseinrichtung insbesondere eine fremderregte elektrische Maschine betrieben werden.

[0012] Die Erregerschaltung ist dabei zur Begrenzung ihrer Erwärmung mit der Kühleinrichtung der elektrischen Schaltungseinrichtung thermisch gekoppelt, sodass bei Betrieb der Erregerschaltung entstehende Wärme über die Kühleinrichtung abgeführt werden kann. Auch die Inverterschaltung kann mit der Kühleinrichtung thermisch gekoppelt sein, sodass auch die bei Betrieb in der Inverterschaltung entstehende Wärme über die Kühleinrichtung abgeführt werden kann. Die Erregerschaltung wird durch wenigstens ein Schaltungsmodul gebildet, wobei sich das Schaltungsmodul zur thermischen Kopplung beispielsweise in direktem Kontakt mit der Kühleinrichtung befinden kann. Auch ein Anbinden des Schaltungsmoduls über wenigstens ein wärmeleitendes Medium, beispielsweise eine Wärmeleitpaste, ein Wärmeleitpad oder ähnliches, ist möglich.

[0013] Neben den zur Realisierung der Erregerschaltung benötigten Komponenten umfasst das Schaltungsmodul die Entladeschaltung, über welche wenigstens ein Energiespeicher der Inverterschaltung entladen werden kann. Aufgrund der thermischen Anbindung des Schaltungsmoduls an die Kühleinrichtung findet vorteilhaft auch eine thermische Anbindung der Entladeschaltung an die Kühleinrichtung statt. Auf diese Weise kann also eine insbesondere aktive Kühlung der Komponenten der Entladeschaltung über die Kühleinrichtung erfolgen, sodass die Entladeschaltung bzw. ihre Komponenten während eines Entladevorgangs vorteilhaft nur einer verringerten Erwärmung ausgesetzt sind. In anderen Worten kann also durch die Integration der Entladeschaltung in das mit der Kühleinrichtung gekoppelte Schaltungsmodul der Erregerschaltung eine effiziente Kühlung der Entladeschaltung erreicht werden.

[0014] Gegenüber herkömmlichen Entladeschaltungen, welche zum Beispiel mit diskreten Bauelementen auf separaten Leiterplatten realisiert sind und daher beispielsweise über freie Konvektion an Luft gekühlt werden müssen, kann vorteilhaft eine verbesserte Kühlung der Entladeschaltung erreicht werden.

[0015] Insbesondere, da bei einer Inverterschaltung umfassenden elektrischen Schaltungseinrichtung in der Regel eine Kühlung nur über Luft mit der vergleichsweise hohen Umgebungstemperatur im Inneren einer Leistungselektronikeinheit erfolgen kann, wird somit vorteilhaft eine signifikante Verbesserung der Kühlung der Entladeschaltung erreicht.

[0016] Die Anbindung der Entladeschaltung an die Kühleinrichtung hat weiterhin den Vorteil, dass auch bei mehrfachen Entladevorgängen direkt hintereinander, bei denen innerhalb einer kurzen Zeitspanne eine erhebliche Menge an elektrischer Energie in Wärme umgewandelt wird, eine Erwärmung der Entladeschaltung minimiert werden kann, sodass sich insbesondere die Robustheit und die Lebensdauer der Entladeschaltung und somit auch der gesamten elektrischen Schaltungseinrichtung verbessern können.

[0017] Vorteilhaft kann durch das Anbinden der Entladeschaltung an die Kühleinrichtung auch die Größe und/oder die Anzahl von zur Entladung verwendeten Entladewiderständen in der Entladeschaltung reduziert werden. Dadurch können vorteilhaft hohe Material- und Herstellungskosten für die Entladewiderstände vermieden werden. Insbesondere wird es ermöglicht, zum Entladen nur einen einzelnen, vergleichsweise klein dimensionierten Entladewiderstand in der Entladeschaltung einzusetzen. Bei einer verringerten Anzahl bei Entladewiderständen kann sich vorteilhaft auch die Anzahl der zum Schalten der Entladewiderstände benötigten Ansteuerhalbleiter reduzieren, was sich weiterhin vorteilhaft auf den Kostenaufwand für das Material und für die Herstellung der Entladeschaltung auswirkt.

[0018] Das Bereitstellen eines Schaltungsmoduls, welches neben der Erregerschaltung auch eine Entladeschaltung umfasst, reduziert vorteilhaft auch den Kostenaufwand bei der Herstellung sowie der Montage der elektrischen Schaltungseinrichtung. Die Bestückung einer Leiterplatte und/oder die Verschraubung von einem oder mehreren Entladewiderständen, beispielsweise in einem Gehäuse der elektrischen Schaltungseinrichtung, sind vorteilhafterweise nicht mehr notwendig, sodass die Kosten für den Aufbau und die Verbindungstechnik, insbesondere für die mechanische und/oder elektrische Anbindung der Entladewiderstände, reduziert werden können.

[0019] Durch die Kühlanbindung der Entladeschaltung an die Kühleinrichtung der elektrischen Schaltungseinrichtung kann vorteilhaft auch eine Überdimensionierung der Entladeschaltung bzw. ihrer Komponenten aufgrund von schlechter Kühlanbindung vermieden werden. Vorteilhaft kann somit die Entladeschaltung erheblich verkleinert und somit hinsichtlich ihres Bauraumbedarfs optimiert werden,

insbesondere da die Verwendung kleinerer Entladewiderstände möglich ist.

[0020] Neben einem reduzierten Integrationsaufwand für Entladewiderstände der Ladeschaltung wird aufgrund der aktiven Kühlung der Entladeschaltung auch nur eine geringere thermische Masse der Entladeschaltung bzw. ihrer Komponenten benötigt. Insgesamt kann somit der Bauraumbedarf bzw. die Größe der Entladeschaltung und somit auch der elektrischen Schaltungseinrichtung vorteilhaft reduziert werden.

[0021] Eine verringerte Erwärmung der Entladeschaltung bewirkt weiterhin, dass ein Wärmeeintrag der Entladeschaltung bzw. ihrer Komponenten in weitere elektrische Komponenten der Schaltungseinrichtung, beispielsweise in die Erregerschaltung und/oder die Inverterschaltung, reduziert werden kann. Dies kann sich insbesondere vorteilhaft auf die zu erwartende Lebensdauer der elektrischen Komponenten der elektrischen Schaltungseinrichtung auswirken.

[0022] Bei einer ausreichenden Kühlung der Entladeschaltung kann weiterhin vorteilhaft auf eine Temperaturmessung zur Überwachung der Entladeschaltung bzw. ihrer Entladewiderstände verzichtet werden. Dies hat weiterhin den Vorteil, dass auch Filter- und/oder Entstörmaßnahmen der Temperaturmessung nicht mehr benötigt werden.

[0023] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Entladeschaltung wenigstens ein Schaltelement und wenigstens einen Entladewiderstand umfasst und/oder dass die Erregerschaltung wenigstens eine Vollbrücke oder wenigstens zwei Reihenschaltungen aus jeweils wenigstens einem Schaltelement und wenigstens einer Diode umfasst.

[0024] Die Entladeschaltung kann insbesondere eine oder mehrere Reihenschaltungen aus einem Schaltelement und einem Entladewiderstand umfassen. Diese Reihenschaltungen können dabei insbesondere parallel zu dem zu entladenden Energiespeicher geschaltet sein, sodass bei geschlossenem Schaltelement der zu entladende Energiespeicher über das Schaltelement und den Entladewiderstand kurzgeschlossen ist. Neben der Verwendung eines einzelnen Entladewiderstands kann die Entladeschaltung auch eine Reihenschaltung und/oder Parallelschaltung von mehreren Entladewiderständen aufweisen, welche über ein oder mehrere Schaltelemente insbesondere parallel zu dem zu entladenden Energiespeicher geschaltet werden können.

[0025] Die Erregerschaltung kann insbesondere eine Vollbrücke oder wenigstens zwei Reihenschaltungen aus jeweils wenigstens einem Schaltelement

und wenigstens einer Diode umfassen. Eine zu bestromende Teilschaltung, beispielsweise die Rotorwicklung einer fremderregten elektrischen Maschine, kann dabei beispielsweise in den Brückenkreis der als Quasi-Halbbrücke verschalteten Schaltelemente und Dioden geschaltet sein.

[0026] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Schaltungsmodul eine Leiterplatte umfasst, auf der die Entladeschaltung und die Erregerschaltung ausgebildet sind, und/oder dass das Schaltungsmodul ein Gehäuse umfasst, innerhalb dem die Entladeschaltung und die Erregerschaltung angeordnet sind, und/oder dass das Schaltungsmodul ein Halbleiterbauteil, welches die Entladeschaltung und/oder die Erregerschaltung bildet, ist oder umfasst.

[0027] Das Schaltungsmodul kann eine Leiterplatte umfassen, auf der die Bauteile zur Ausbildung der Entladeschaltung und der Erregerschaltung angeordnet sind. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Schaltungsmodul ein Gehäuse umfassen, welches die Entladeschaltung und die Erregerschaltung umgibt. Es ist auch möglich, dass das Schaltungsmodul als ein Halbleiterbauteil ausgeführt ist oder ein Halbleiterbauteil umfasst, durch das die Entladeschaltung und die Erregerschaltung gebildet werden.

[0028] Das Schaltungsmodul kann eine Kühlfläche aufweisen, welche beispielsweise an einer Seite einer Leiterplatte bzw. einer Seite eines Gehäuses und/oder eines Halbleiterbauteils ausgebildet sein kann. Über diese Kühlfläche kann das Schaltungsmodul an der Kühleinrichtung, beispielsweise unter Verwendung einer wärmeleitfähigen Zwischenschicht wie einer Wärmeleitpaste, eines Wärmeleitpads oder ähnlichem, an der Kühleinrichtung thermisch angebunden werden. Auf diese Weise kann in dem Schaltungsmodul entstehende Wärme, welche bei Betrieb der Erregerschaltung bzw. bei Betrieb der Entladeschaltung entsteht, aus dem Schaltungsmodul und somit insbesondere auch aus den Komponenten der Entladeschaltung abgeführt werden.

[0029] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Kühleinrichtung als ein, insbesondere von einem Kühlmedium durchströmbarer, Kühlkörper ausgebildet ist. Die Kühleinrichtung kann beispielsweise einen oder mehrere Anschlüsse aufweisen, über die ein im Inneren der Kühleinrichtung ausgebildeter Kühlkanal mit einem Kühlkreislauf verbunden werden kann. Die Kühleinrichtung kann beispielsweise aus Metall bestehen und ein oder mehrere Seitenflächen aufweisen, an denen die zu kühlenden Komponenten der elektrischen Schaltungseinrichtung, wie das Schaltungsmodul, angeordnet sind.

[0030] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Inverterschaltung wenigstens ein Leistungsmodul umfasst, wobei das Leistungsmodul mit der Kühleinrichtung thermisch gekoppelt ist. Das Leistungsmodul der Inverterschaltung kann beispielsweise als ein Halbbrückenmodul ausgeführt sein, wobei die Inverterschaltung mehrere derartige Halbbrückenmodule, beispielsweise drei Halbbrückenmodule, zur Ausbildung eines ein- oder mehrphasigen, bevorzugt dreiphasigen Inverters umfassen kann. Analog zu dem Schaltungsmodul kann auch das wenigstens eine Leistungsmodul der Inverterschaltung thermisch mit der Kühleinrichtung gekoppelt sein, sodass auch bei Betrieb der Inverterschaltung entstehende Wärme an die Kühleinrichtung abgegeben werden kann.

[0031] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass das wenigstens eine Leistungsmodul und das Schaltungsmodul nebeneinander an einer Kühlfläche der Kühleinrichtung angeordnet sind. Bei einer Inverterschaltung, welche mehrere Leistungsmodul umfasst, können zum Beispiel die mehreren Leistungsmodul sowie das Schaltungsmodul in einer Reihe an einer Kühlfläche der Kühleinrichtung angeordnet sein. Auf diese Weise wird ein kompakter und robuster Aufbau der elektrischen Schaltungseinrichtung erreicht.

[0032] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Energiespeicher der Inverterschaltung ein Kondensator ist. Bei dem Kondensator kann es sich beispielsweise um einen Kondensator in einem Gleichspannungszwischenkreis der Inverterschaltung bzw. einen sogenannten Zwischenkreiskondensator umfassen. Der Kondensator kann insbesondere als ein X-Kondensator in der Inverterschaltung angeordnet sein. Zum Entladen des Kondensators kann die Entladeschaltung parallel zu dem Kondensator geschaltet sein, sodass in dem Kondensator gespeicherte elektrische Energie über die Entladeschaltung in Wärme umgewandelt werden kann. Die Inverterschaltung kann insbesondere mehrere derartige, insbesondere parallel zueinander geschaltete, Kondensatoren als über die Entladeschaltung entladbare Energiespeicher aufweisen.

[0033] Für eine erfindungsgemäße elektrische Antriebsanordnung ist vorgesehen, dass sie eine elektrische Maschine sowie eine erfindungsgemäße elektrische Schaltungseinrichtung umfasst, wobei eine Statorwicklung der elektrischen Maschine mit der Inverterschaltung verbunden ist und eine Rotorwicklung der elektrischen Maschine mit der Erregerschaltung verbunden ist.

[0034] Die elektrische Maschine ist dabei insbesondere als eine fremderregte elektrische Maschine, beispielsweise als eine fremderregte Synchronma-

schine, ausgebildet. Über die Inverterschaltung der elektrischen Schaltungseinrichtung kann die Statorwicklung der elektrischen Maschine bestromt werden, wobei über die Erregerschaltung entsprechend die Rotorwicklung der elektrischen Maschine bestrombar ist. Auf diese Weise kann die elektrische Maschine über die elektrische Schaltungseinrichtung in einem Motorbetrieb betrieben werden. Ferner ist es möglich, dass in einem Generatorbetrieb der elektrischen Maschine über die Inverterschaltung ein von der elektrischen Maschine erzeugter Wechselstrom in einen Gleichstrom gewandelt wird.

[0035] Für ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug ist vorgesehen, dass es wenigstens eine erfindungsgemäße elektrische Antriebsanordnung umfasst.

[0036] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die elektrische Maschine der elektrischen Antriebsanordnung ein elektrischer Traktionsmotor des Kraftfahrzeugs ist. Es ist möglich, dass das Kraftfahrzeug zwei oder mehr elektrische Antriebsanordnungen umfasst, wobei deren elektrische Maschinen insbesondere jeweils einen elektrischen Traktionsmotor des Kraftfahrzeugs bilden.

[0037] Sämtliche vorangehend in Bezug zu der erfindungsgemäßen elektrischen Schaltungseinrichtung beschriebenen Vorteile und Ausgestaltungen gelten entsprechend auch für die erfindungsgemäße elektrische Antriebsanordnung sowie für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug und umgekehrt.

[0038] Weiterhin gelten alle in Bezug zu dem erfindungsgemäßen Kraftfahrzeug beschriebenen Vorteile und Ausgestaltungen auch für die elektrische Antriebsanordnung und für die erfindungsgemäße elektrische Schaltungseinrichtung und umgekehrt.

[0039] Weitere Vorteile und Einzelheiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Diese sind schematische Darstellungen und zeigen:

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs, umfassend ein Ausführungsbeispiel einer elektrischen Antriebsanordnung,

Fig. 2 ein Schaltplan des Ausführungsbeispiels der elektrischen Schaltungseinrichtung sowie

Fig. 3 eine Aufsicht auf die erfindungsgemäße elektrische Schaltungseinrichtung.

[0040] In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel eines Kraftfahrzeugs 1 dargestellt. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst eine elektrische Antriebsanordnung 2, welche eine elektrische Maschine 3 sowie eine elektrische Schaltungseinrichtung 4 umfasst. Die elektri-

sche Maschine 3 ist beispielsweise als fremderregte Synchronmaschine ausgeführt und bildet einen Traktionselektromotor des Kraftfahrzeugs 1.

[0041] Die elektrische Schaltungseinrichtung 4 dient zum Betrieb der elektrischen Maschine 3 und umfasst dafür eine Inverterschaltung 5 sowie eine Erregerschaltung 6. Die Inverterschaltung 5 ist dabei mit einer Statorwicklung 7 eines Stators der elektrischen Maschine 3 verbunden. Vorliegend kann die Statorwicklung 7 beispielsweise dreiphasig sein und über eine einen dreiphasigen Inverter bildende bzw. umfassende Inverterschaltung 5 bestromt werden.

[0042] Die Erregerschaltung 6 der elektrischen Schaltungseinrichtung 4 ist mit einer Rotorwicklung 8 eines Rotors der elektrischen Maschine 3 verbunden. Auf diese Weise kann die Rotorwicklung 8 über die elektrische Schaltungseinrichtung 4 bzw. die Erregerschaltung 6 bestromt werden. Die elektrische Schaltungseinrichtung 4, insbesondere die Inverterschaltung 5 sowie die Erregerschaltung 6, sind mit einem Energiespeicher 9 des Kraftfahrzeugs 1 verbunden. Über den Energiespeicher 9, welcher beispielsweise als eine Traktionsbatterie des Kraftfahrzeugs 1 ausgeführt ist, kann ein Gleichstrom bereitgestellt werden, welcher über die Inverterschaltung 5 in einen vorliegend dreiphasigen Wechselstrom zum Bestromen des Stators 7 gewandelt wird.

[0043] Über die Erregerschaltung 6 kann der dem Energiespeicher 9 entnommene Gleichstrom zum Bestromen des Rotors 8 verwendet werden, sodass die elektrische Maschine 3 in einem Motorbetrieb betrieben werden kann. Weiterhin ist es möglich, dass über die elektrische Schaltungseinrichtung 4, insbesondere durch die Inverterschaltung 5, auch ein von der elektrischen Maschine 3 in einem Generatorbetrieb erzeugter Wechselstrom in einen Gleichstrom gewandelt und beispielsweise zum Laden des Energiespeichers 9 herangezogen wird.

[0044] In **Fig. 2** ist ein Schaltplan der elektrischen Schaltungseinrichtung 4 dargestellt. Die Invertereinrichtung 5 umfasst vorliegend einen als dreiphasigen B6-Brückengleichrichter ausgeführten Inverter, welcher aus drei Halbbrücken 10, 11, 12 gebildet wird. Die Halbbrücken 10, 11, 12 können beispielsweise jeweils durch ein einzelnes Leistungsmodul gebildet werden.

[0045] Über die mit HV+ und HV- gekennzeichneten Anschlüsse ist die Inverterschaltung 5 mit dem Energiespeicher 9 verbunden. Durch die Inverterschaltung 5 wird in einem Motorbetrieb der elektrischen Maschine 3 ein dreiphasiger Wechselstrom mit den Phasen U, V, W erzeugt, welcher zum Bestromen der Statorwicklung 7 der elektrischen Maschine 3 dient. Die Inverterschaltung kann weiterhin eine Treiber-

schaltung (nicht dargestellt) und/oder eine Steuereinrichtung (nicht dargestellt) zur Ansteuerung der Treiberschaltung und/oder der Halbbrücken 10, 11, 12 aufweisen.

[0046] Mit der Gleichstromseite der Inverterschaltung 5 verbunden sind die Erregerschaltung 6, welche zum Bestromen der Rotorwicklung 8 der elektrischen Maschine 3 dient, sowie eine Entladeschaltung 13 der elektrischen Schaltungseinrichtung 4. Die Entladeschaltung 13 umfasst ein Schaltelement 14 sowie einen Entladewiderstand 15. Dabei sind das Schaltelement 14 und der Entladewiderstand 15 in Reihe geschaltet.

[0047] Die Reihenschaltung aus Schaltelement 14 und Entladewiderstand 15 ist parallel zu mehreren, als Kondensatoren 16 ausgebildeten Energiespeichern 26 der Inverterschaltung 5 geschaltet, sodass die Kondensatoren 16 über die Entladeschaltung 13 entladen werden können. Die dargestellte Anzahl von insgesamt vier Kondensatoren 16 ist dabei rein beispielhaft, die Inverterschaltung 5 kann auch eine andere Anzahl an Kondensatoren 16 aufweisen. Die Kondensatoren 16 sind zum Beispiel jeweils als Zwischenkreiskondensator bzw. als X-Kondensator ausgeführt und befinden sich dazu in einem Gleichstrom-Teilnetz der Inverterschaltung 5 bzw. auf der Gleichstromseite des durch die Halbbrücken 10, 11, 12 gebildeten Inverters.

[0048] Vorliegend sind die Entladeschaltung 13 sowie die Erregerschaltung 6 als ein gemeinsames Schaltungsmodul 17 ausgebildet. Die Erregerschaltung 6, welche zwei Reihenschaltungen aus jeweils einem Schaltelement 18 sowie einer Diode 19 umfasst, ist als eine Quasi-Halbbrücke ausgeführt, sodass über sie eine Wicklung des Rotors 8 der elektrischen Maschine 3 bestromt werden kann.

[0049] Das Bordnetz des Kraftfahrzeugs 1, welches den Energiespeicher 9 sowie die elektrische Schaltungseinrichtung 4 umfasst, ist insbesondere ein Hochvoltbordnetz, welches eine hohe Spannung, beispielsweise zwischen 350 V bis 860 V, aufweisen kann. Da die Spannung des Energiespeichers 9 entsprechend an den Anschlüssen HV+ und HV- der Inverterschaltung 5 anliegt, fällt diese auch über den Kondensatoren 16 ab, insbesondere wenn diese vollständig geladen sind.

[0050] Da derartige Spannungen weit oberhalb eines zulässigen Spannungsniveaus, beispielsweise einer berührungssicheren Kleinspannung unterhalb von 60V, liegen, ist es erforderlich, die Kondensatoren 16 bei einer Betriebsbeendigung des Kraftfahrzeugs 1 bzw. beim Auftreten eines Fehlerfalls über die Entladeschaltung 13 zu entladen. Dazu kann das Schaltelement 14 der Entladeschaltung 13 geschlossen werden, sodass die Kondensatoren 16

jeweils über den Entladewiderstand 15 kurzgeschlossen sind und sich somit entladen.

[0051] In Fig. 3 ist eine Aufsicht auf die elektrische Schaltungseinrichtung 4 dargestellt. Die elektrische Schaltungseinrichtung 4 umfasst eine Kühleinrichtung 20, an dem das Schaltungsmodul 17 sowie drei Leistungsmodule 21, welche jeweils eine der Halbbrücken 10, 11, 12 der Inverterschaltung 5 bilden, angeordnet sind. Die Leistungsmodule 21 umfassen jeweils einen Leistungsanschluss 22 zur Bereitstellung einer Phase U, V, W des über die Inverterschaltung 5 erzeugbaren Wechselstroms. Weiterhin umfassen die Leistungsmodule 21 mehrere Leistungsterminals 23, 24 über welche insbesondere ein DC+ und DC- Anschluss zur Verbindung der Leistungsmodule 21 mit den Kondensatoren 16 bereitgestellt sein kann.

[0052] Die Kühleinrichtung 20 der elektrischen Schaltungseinrichtung 4 ist als ein Kühlkörper ausgeführt, welcher von einem Kühlmedium durchströmbar ist. Dazu kann die Kühleinrichtung einen oder mehrere Kühlkanäle (nicht dargestellt) umfassen, welche sich in ihrem Inneren erstrecken und über welche Wärme aus der Kühleinrichtung 20 mithilfe eines Kühlmediums abgeführt werden kann.

[0053] Die Kühleinrichtung 20 kann einen oder mehrere Anschlüsse (nicht dargestellt) umfassen, über welche die sich in ihrem Inneren erstreckenden Kühlkanäle mit einem Kühlkreislauf, insbesondere einem Kühlkreislauf des Kraftfahrzeugs 1, verbunden werden können. Auf diese Weise kann eine aktive Kühlung der an der Kühleinrichtung 20 angeordneten Komponenten erfolgen.

[0054] Die Kühleinrichtung 20 umfasst eine Kühlfläche 25, an der die Leistungsmodule 22 sowie das Schaltungsmodul 7, welches die Erregerschaltung 6 sowie die Entladeschaltung 13 ausbildet, angeordnet sind. Aufgrund der Anordnung des Schaltungsmoduls 17 unmittelbar an der Kühleinrichtung 20 wird eine effiziente Wärmeabfuhr aus der Entladeschaltung 13, insbesondere aus dem Entladewiderstand 15 der Entladeschaltung 13, ermöglicht.

[0055] Die Leistungsmodule 21 sowie das Schaltungsmodul 17 sind mit dem Kühleinrichtung 20 thermisch gekoppelt. Dazu können beispielsweise die Leistungsmodule 22 sowie das Schaltungsmodul 17 jeweils eine Kühlfläche aufweisen, welche in direktem Kontakt mit der Kühlfläche 25 der Kühleinrichtung 20 angeordnet ist. Es ist möglich, dass zwischen den Kühlflächen des Schaltungsmoduls 17 bzw. der Leistungsmodule 22 und der Kühlfläche 25 der Kühleinrichtung 20 jeweils ein wärmeleitfähiges Medium wie eine Wärmeleitpaste oder ein Wärmeleitpad angeordnet ist, um den thermischen Übergangswiderstand zu verringern und somit eine ver-

besserte Wärmeabfuhr in die Kühleinrichtung 20 zu erreichen.

[0056] Das Schaltungsmodul 17 kann beispielsweise eine Leiterplatte umfassen, auf der die Entladeschaltung 13 und die Erregerschaltung 6 ausgebildet sind. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Schaltungsmodul 17 ein Gehäuse umfassen, innerhalb dem die Entladeschaltung 13 und die Erregerschaltung 6 angeordnet sind. Zusätzlich oder alternativ dazu kann das Schaltungsmodul 17 einen Halbleiterbauteil sein oder umfassen, wobei durch das Halbleiterbauteil die Entladeschaltung 13 und die Erregerschaltung 6 gebildet werden.

[0057] In allen Varianten kann das Schaltungsmodul 17, wie vorangehend beschrieben wurde, über eine Kühlfläche, beispielsweise eine Seite der Leiterplatte bzw. eine Seite des Gehäuses und/oder des Halbleiterbauteils, an der Kühleinrichtung 20 thermisch angekoppelt werden, um eine Wärmeabfuhr aus der Erregerschaltung 6 sowie der Entladeschaltung 13 zu bewirken. Dabei kann insbesondere der Entladewiderstand 15 derart in dem Schaltungsmodul 17 angeordnet bzw. ausgebildet sein, dass insbesondere die in ihm beim Entladen der Kondensatoren 16 entstehende Wärme unmittelbar über die Kühlfläche des Schaltungsmoduls 17 abgeführt werden kann. Grundsätzlich ist es möglich, neben den Kondensatoren 16 auch andere Energiespeicher 26 der Inverterschaltung 5 über die Entladeschaltung 13 zu entladen.

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 102018201321 A1 [0006]
- EP 2556982 A1 [0007]
- DE 102012218604 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Elektrische Schaltungseinrichtung zum Betrieb einer elektrischen Maschine (3) umfassend eine Inverterschaltung (5), eine Erregerschaltung (6) und eine Kühleinrichtung (20), wobei die Erregerschaltung (6) durch wenigstens ein Schaltungsmodul (17) gebildet ist, wobei das Schaltungsmodul (17) thermisch mit der Kühleinrichtung (20) gekoppelt ist und eine mit der Inverterschaltung (5) verbundene, zur Entladung wenigstens eines Energiespeichers (26) der Inverterschaltung (5) ausgebildete Entladeschaltung (13) aufweist.

2. Elektrische Schaltungseinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Entladeschaltung (13) wenigstens ein Schaltelement (14) und wenigstens einen Entladewiderstand (15) umfasst und/oder die Erregerschaltung (6) wenigstens eine Vollbrücke oder wenigstens zwei Reihenschaltungen aus jeweils wenigstens einem Schaltelement (18) und wenigstens einer Diode (19) umfasst.

3. Elektrische Schaltungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schaltungsmodul (17) eine Leiterplatte umfasst, auf der die Entladeschaltung (13) und die Erregerschaltung (6) ausgebildet sind, und/oder dass das Schaltungsmodul (17) ein Gehäuse umfasst, innerhalb dem die Entladeschaltung (13) und die Erregerschaltung (6) angeordnet sind, und/oder dass das Schaltungsmodul (17) ein Halbleiterbauteil, welches die Entladeschaltung (13) und die Erregerschaltung (6) bildet, ist oder umfasst.

4. Elektrische Schaltungseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kühleinrichtung (20) als ein, insbesondere von einem Kühlmedium durchströmbarer, Kühlkörper ausgebildet ist.

5. Elektrische Schaltungseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inverterschaltung (5) wenigstens ein Leistungsmodul (21) umfasst, wobei das Leistungsmodul (21) mit der Kühleinrichtung (20) thermisch gekoppelt ist.

6. Elektrische Schaltungseinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Leistungsmodul (20) und das Schaltungsmodul (17) nebeneinander an einer Kühlfläche (25) der Kühleinrichtung (20) angeordnet sind.

7. Elektrische Schaltungseinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Energiespeicher (26) der Inverterschaltung (5) ein Kondensator (16) ist.

8. Elektrische Antriebsanordnung umfassend eine elektrische Maschine (3) und eine elektrische Schaltungseinrichtung (4) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei eine Statorwicklung (7) der elektrischen Maschine (3) mit der Inverterschaltung (5) verbunden ist und eine Rotorwicklung (8) der elektrischen Maschine (3) mit der Erregerschaltung (6) verbunden ist.

9. Kraftfahrzeug umfassend wenigstens eine elektrische Antriebsanordnung (2) nach Anspruch 8.

10. Kraftfahrzeug nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Maschine (3) der elektrischen Antriebsanordnung (2) ein elektrischer Traktionsmotor des Kraftfahrzeugs (1) ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

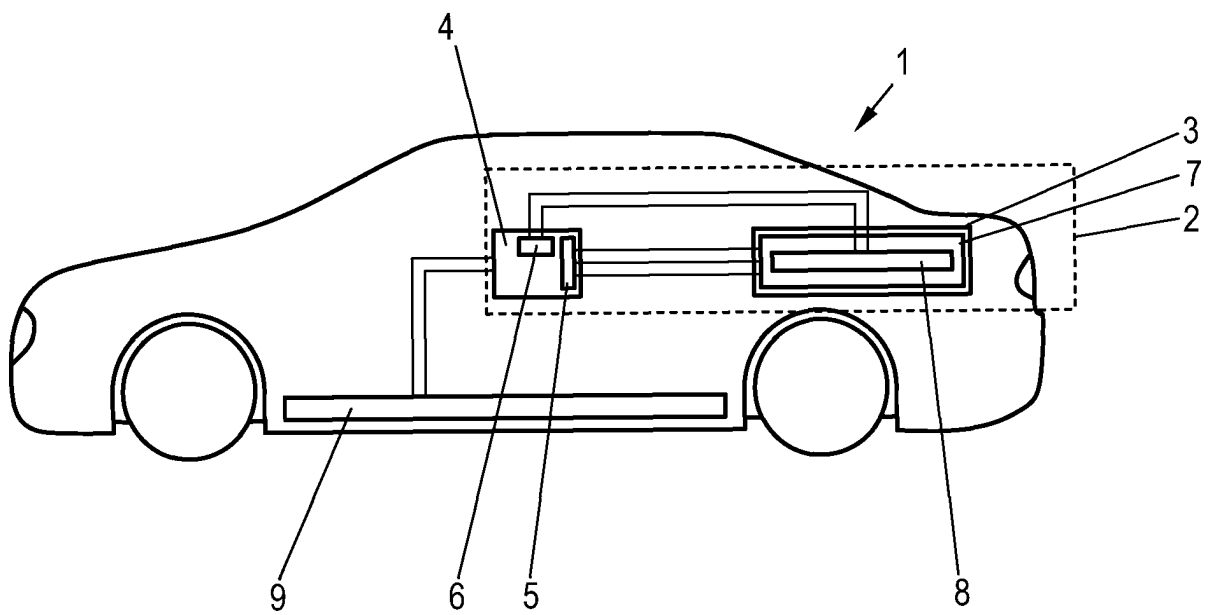


FIG. 2

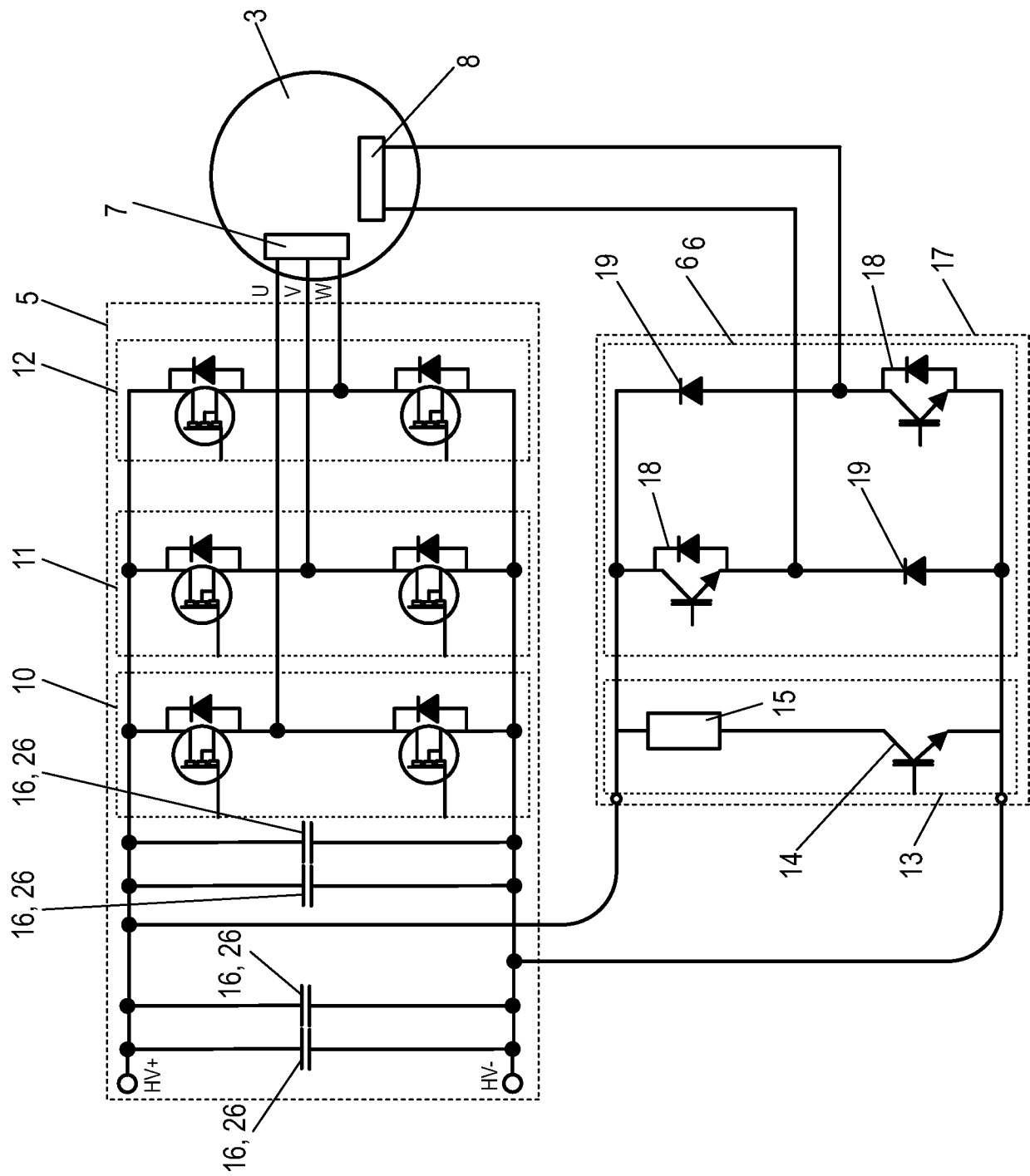


FIG. 3

