



(10) **DE 10 2019 132 685 B4** 2022.05.25

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2019 132 685.0**
(22) Anmeldetag: **02.12.2019**
(43) Offenlegungstag: **02.06.2021**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.05.2022**

(51) Int Cl.: **H02M 1/00 (2007.01)**
H02M 7/48 (2007.01)
B60L 50/60 (2019.01)
B60L 15/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

(72) Erfinder:
Ruppert, Daniel, 85101 Lenting, DE; Apelsmeier, Andreas, 85131 Pollenfeld, DE; Söhnle, Benjamin, 85049 Ingolstadt, DE; Schiedermeier, Maximilian, 85049 Ingolstadt, DE

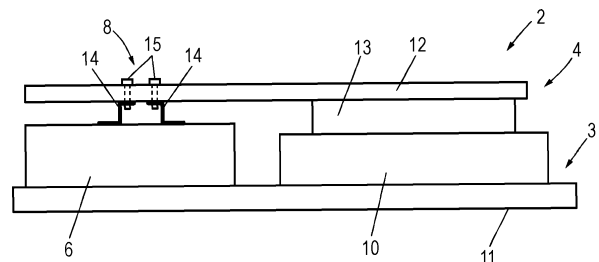
(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE	10 2008 007 659	A1
DE	10 2011 083 223	A1
DE	10 2013 219 833	A1
DE	10 2014 114 122	A1
DE	10 2017 209 456	A1
DE	11 2013 001 936	T5
US	2017 / 0 237 358	A1
US	4 539 623	A

REIMERS, J. et al.: Automotive Traction Inverters: Current Status and Future Trends. In: IEEE Transactions on Vehicular Technology, April 2019, S. 3337-3350. doi: 10.1109/TVT.2019.2897899 [abgerufen am 26.04.2021]. [IEEE Xplore]

(54) Bezeichnung: **Elektrische Schaltungsanordnung umfassend eine Erregerschaltung und eine Inverterschaltung und Kraftfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Elektrische Schaltungsanordnung umfassend eine Erregerschaltung (4) und eine Inverterschaltung (3), wobei die Inverterschaltung (3) auf einem ersten Trägerelement (11) angeordnet ist und einen auf einer Gleichstromseite der Inverterschaltung (3) angeordneten Zwischenkreiskondensator (6) umfasst, wobei der Zwischenkreiskondensator (6) wenigstens einen Anschluss (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Erregerschaltung (4) auf einem zweiten Trägerelement (12) angeordnet ist, wobei die Erregerschaltung (4) über eine unmittelbare Verbindung (8) des zweiten Trägerelements (12) mit wenigstens einem Anschluss (14) des Zwischenkreiskondensators (6) verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Schaltungsanordnung umfassend eine Erregerschaltung und eine Inverterschaltung, wobei die Inverterschaltung auf einem ersten Trägerelement angeordnet ist und einen auf einer Gleichstromseite der Inverterschaltung angeordneten Zwischenkreiskondensator umfasst, wobei der Zwischenkreiskondensator wenigstens einen Anschluss aufweist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug.

[0002] Bei Kraftfahrzeugen mit elektrischem Antrieb, wie batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen und/oder Hybridfahrzeugen, wird in der Regel ein Wechselrichter eingesetzt, um aus einem Traktionsenergiespeicher entnommenen Gleichstrom in einen Wechselstrom zu wandeln und damit eine als Traktionsmotor eingesetzte elektrische Maschine zu betreiben. Als elektrische Maschine können dabei sowohl permanenterrregte als auch fremderregte elektrische Maschinen eingesetzt werden. Eine fremderregte elektrische Maschine, beispielsweise eine fremderregte Synchronmaschine, hat gegenüber einer permanenterrregten Elektromaschine den Vorteil, dass die fremderregte Elektromaschine ohne Magnetmaterialien auf dem Rotor auskommt, da das Rotormagnetfeld durch eine bestromte Wicklung im Rotor erzeugt wird. Die Bestromung des Rotors kann dabei beispielsweise über Schleifring-Kontakte erfolgen.

[0003] Die Felderzeugung im Rotor bringt zusätzliche Freiheitsgrade bei der Regelung und der Auslegung der fremderregten elektrischen Maschine mit sich, wodurch Wirkungsgradsteigerungen und/oder Performancesteigerungen beim Betrieb der elektrischen Maschine erzielt werden können. Bei der zur Steuerung der Elektromaschine eingesetzten Leistungselektronik muss zusätzlich zu dem mit dem Stator der elektrischen Maschine verbundenen Wechselrichter eine weitere Schaltung zur Erzeugung des Rotorstromes vorgesehen werden, welche den Rotorstrom beispielsweise aus einem Gleichstrom, der einem Traktionsenergiespeicher entnommen wird, erzeugt.

[0004] Sowohl beim Betrieb des Wechselrichters zum Erzeugen des Statorstroms als auch beim Betrieb der weiteren Schaltung zum Erzeugen des Rotorstroms kann es zum Auftreten von Störungen, welche sich negativ auf die elektromagnetische Verträglichkeit der Schaltung auswirken, kommen. Um die Auswirkungen dieser Störungen zu reduzieren, ist es bekannt, dass beispielsweise ein Wechselrichter mit einem Zwischenkreiskondensator ausgestattet wird, welcher beispielsweise aufgrund von Schaltvorgängen im Wechselrichter auftretende Störungen filtert bzw. glättet. Bei der Verwendung einer weiteren Schaltung zur Erzeugung des Rotorstromes wer-

den jedoch zusätzliche Störungen erzeugt, welche unter anderem aus dem Betrieb der weiteren Schaltung und/oder ihrer Anordnung in Bezug zu dem Wechselrichter resultieren und weitere Filtermittel erforderlich machen. Aus dem Stand der Technik sind zum Betrieb von elektrischen Maschinen verschiedene Schaltungsanordnungen bekannt.

[0005] In DE 10 2008 007 659 A1 wird ein Umrichter beschrieben, welcher einen netzseitigen und einen lastseitigen Stromrichter, die gleichspannungsseitig miteinander leitend verbunden sind, aufweist. Durch den Einsatz eines lastseitigen modularen Multilevel-Konverters wird ein Spannungszwischenkreis-Umrichter für Mittelspannung vorgeschlagen, welcher netzseitig eine einfache und kostengünstige Einspeiseschaltung aufweist.

[0006] DE 10 2017 209 456 A1 beschreibt eine modulare Zwischenkreisschaltung eines Umrichters, welche wenigstens zwei oder mehr parallel in einer Kette geschaltete Zwischenkreiskondensatormodule aufweist. Dabei hat jedes Zwischenkreiskondensatormodul einen ersten Anschluss, einen zweiten Anschluss und mindestens einen Zwischenkreiskondensator, der mit dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss elektrisch verbunden ist. Die ersten Anschlüsse einer Kette von mehreren Zwischenkreiskondensatormodulen sind jeweils über eine niederohmige, hochinduktive Verbindung verbunden. Weiterhin sind die Anschlüsse parallel dazu über eine hochohmige und niederinduktive Verbindung verbunden.

[0007] US 4 539 623 A betrifft ein Kondensatorbauteil mit vier Anschlüssen, wobei auf jeder Seite des Kondensators jeweils zwei der Anschlüsse elektrisch leitfähig miteinander verbunden sind. Mittels der Anschlüsse kann der damit verbundene Kondensator auf der Oberfläche einer Leiterplatte montiert werden.

[0008] DE 10 2014 114 122 A1 betrifft eine drehende elektrische Maschine, die in einem Fahrzeug befestigt ist. Dabei wird das Problem diskutiert, dass die Schutzschaltung instabil werden kann, falls sich das Ladekabel von den Anschlüssen der Batterie löst, was einen Lastabfall hervorruft. Nachdem es bei den bekannten Problemlösungen jedoch zu lange dauert, bis die Ausgangsspannung zu dem normalen Wert zurückkehrt, wird ein Lastabfall-Handhabungsabschnitt zum Durchführen eines Lastabfall-Schutzbetriebs vorgeschlagen, welcher über eine separate Leistungs-Zuführungsleitung versorgt wird.

[0009] DE 10 2011 083 223 A1 betrifft ein Leistungshalbleitermodul mit integrierter Dickschichtleiterplatte. Dabei wird als problematisch dargestellt, dass bei der ansteigenden Leistungsdichte es

immer problematischer wird, die beim Betrieb anfallende Verlustwärme abzuführen, weshalb eine in einem Teilabschnitt als elektrischer Anschluss herausragende dicke Leiterschicht verwendet wird, sodass kein Platz für einen externen Anschlusspin vorgehalten werden muss und ergänzend zu einem bereits vorhandenen Kühlkörper ein weiterer Kühlkörper verwendet werden kann, um eine effiziente zweiseitige Kühlung bereitzustellen.

[0010] US 2017/0237358 A1 betrifft einen Konverter mit einer Gleichspannungsverbindung zum Konvertieren einer Eingangsspannung in eine Wechselspannung mit einer vorbestimmten Amplitude und Frequenz, die eine Anzahl stapelbare Module aufweist. Jedes Modul umfasst einen keramischen Kühlkörper mit einer Bestückungsoberfläche, auf der elektronische Komponenten einer Phase montiert werden, während der keramische Kühlkörper Kanäle für ein Kühlmittel umfasst. Durch die Nutzung keramischer Kühlkörper wird ein kompakter und modularer Aufbau des Converters ermöglicht.

[0011] DE 10 2013 219 833 A1 betrifft ein Halbleitermodul mit einer Leiterplatte und ein Verfahren zur Herstellung desselben. Dabei soll ein kostengünstiger Aufbau oder eine gute Abfuhr von Verlustwärme dadurch erreicht werden, dass eine Leiterplatte und ein Keramiksubstrat umfasst sind, wobei die Leiterplatte ein Isoliermaterial aufweist, eine in dem Isoliermaterial ausgebildete Aussparung, sowie eine erste Metallisierungsschicht, die teilweise in das Isoliermaterial eingebettet ist und die einen Leiterbahnvorsprung aufweist, der in die Aussparung hineinragt. Das Keramiksubstrat enthält einen dielektrischen keramischen Isolationsträger sowie eine obere Substratmetallisierung, die auf eine Oberseite des Isolationsträgers aufgebracht ist. Auf der oberen Substratmetallisierung und damit auch auf dem Keramiksubstrat ist ein Halbleiterchip angeordnet. Die erste Metallisierungsschicht ist an dem Leiterbahnvorsprung mit der oberen Substratmetallisierung elektrisch leitend verbunden.

[0012] DE 11 2013 001 936 T5 betrifft eine Wechselrichtervorrichtung. Dabei sollen die positiven Verbindungsanschlüsse einer DC-Buskarte, auf der ein Glättungskondensator montiert ist, und die positiven Anschlüsse von Leistungsmodulen durch gemeinsame Befestigungsbauteile an einem Fixierungsbauteil befestigt werden, was auch für die negativen Verbindungsanschlüsse und Anschlüsse gilt. Die DC-Buskarte, auf der der Glättungskondensator montiert ist, und die Leistungsmodule sind folglich an dem Fixierungsbauteil fixiert. So muss der Glättungskondensator nicht separat fixiert werden, wobei die DC-Buskarte auch als Sammelschienen, die die positive Elektrode und die negative Elektrode der DC-Leistungsversorgung mit den Leistungsmodulen verbinden, dient. So kann eine Wechselrichter-

schaltung in einem relativ kleinen Bereich gebildet werden.

[0013] In einem Artikel von John Reimers et al., „Automotive Traction Inverters: Current Status and Future Trends“, in: IEEE Transactions on Vehicular Technologie, April 2019, S. 3337-3350, wird ein unabhängiges Review aktueller Traktionsinverterdesigns gegeben. Zukünftige Trends werden identifiziert.

[0014] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte elektrische Schaltungsanordnung anzugeben, die eine bessere elektromagnetische Verträglichkeit aufweist.

[0015] Zur Lösung dieser Aufgabe ist bei einer elektrischen Schaltungsanordnung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Erregerschaltung auf einem zweiten Trägerelement angeordnet ist, wobei die Erregerschaltung über eine unmittelbare Verbindung des zweiten Trägerelements mit wenigstens einem Anschluss des Zwischenkreiskondensators mit dem Zwischenkreiskondensator verbunden ist.

[0016] Durch die unmittelbare Verbindung der auf dem zweiten Trägerelement angeordneten und/oder zumindest teilweise durch das zweite Trägerelement gebildeten Trägerschaltung an den Anschluss des Zwischenkreiskondensators der Inverterschaltung wird eine besonders niederinduktive Anbindung der Erregerschaltung an die Inverterschaltung ermöglicht, welche beim Betrieb der elektrischen Schaltungsanordnung auftretende Störungen vorteilhaft vermeidet. Insbesondere wird es ermöglicht, eine bestehende Inverterschaltung mit der auf einem separaten Trägerelement angeordneten Erregerschaltung zu ergänzen, ohne dass dafür Kabel für eine Verbindung zwischen der Erregerschaltung und der Inverterschaltung eingesetzt werden müssen.

[0017] Eine unmittelbare Verbindung, das heißt eine Verbindung ohne Kabel oder elektrische Leitungen, hat den Vorteil, dass durch die Anbindung der Erregerschaltung an die Inverterschaltung keine oder zumindest weniger Streuinduktivitäten auftreten, als es bei einer Verbindung über Kabel oder anderer elektrische Leitungen der Falle wäre. Durch die unmittelbare Verbindung kann somit die elektromagnetische Verträglichkeit der gesamten elektrischen Schaltungsanordnung reduziert werden. Vorteilhaft kann durch die unmittelbare Verbindung ein die Erregerschaltung umfassender Kommutierungskreis klein gehalten werden, wodurch seine parasitären Induktivitäten, insbesondere bei einer ebenfalls niederinduktiven Ausführung der Erregerschaltung, gering gehalten werden können.

[0018] Die erfindungsgemäß vorgesehene unmittelbare Verbindung zwischen der Erregerschaltung und dem Zwischenkreiskondensator der Inverterschaltung ermöglicht es weiterhin vorteilhaft, die Größe des Zwischenkreiskondensators und/oder die Kapazitäten von zusätzlich, beispielsweise als Teil der Erregerschaltung, eingesetzten Entstörkondensatoren, auch als X-Kondensatoren bezeichnet, zu reduzieren, da insgesamt weniger Störungen von der elektrischen Schaltungsanordnung erzeugt werden. Je nach Stärke der auftretenden Störungen ist auch ein vollständiger Verzicht auf die Entstörkondensatoren möglich. Weiterhin kann durch die unmittelbare Verbindung und den damit einhergehenden Verzicht auf Kabelzuleitungen zur Verbindung der Erregerschaltung mit der Inverterschaltung die Herstellung der elektrischen Schaltungsanordnung vereinfacht werden, da auf Verfahrensschritte wie eine Bereitstellung von Kabeln, ein Crimpen von Kabelschuhen oder Ähnliches verzichtet werden kann. Weiterhin kann durch den Verzicht auf die Kabel auch auf Stecker und/oder Steckverbinder sowie auf fehleranfällige Kabelschuhe oder Ähnliches verzichtet werden, so dass vorteilhaft die Robustheit der elektrischen Schaltungsanordnung gesteigert werden kann.

[0019] Die niederinduktive Anbindung der Erregerschaltung an die Inverterschaltung ermöglicht weiterhin höhere Schaltgeschwindigkeiten bei dem Betrieb der Inverterschaltung und/oder der Erregerschaltung. Dadurch kann der Wirkungsgrad der elektrischen Schaltungsanordnung gesteigert werden, was sich beispielsweise bei einem Einsatz der elektrischen Schaltungsanordnung zum Betrieb eines Traktionselektromotors in einem Kraftfahrzeug in einer Erhöhung einer Reichweite bei einem elektrischen Betrieb des Kraftfahrzeugs auswirken kann.

[0020] Darüber hinaus wird durch die unmittelbare Verbindung auch ein möglichst kompakter Aufbau der gesamten elektrischen Schaltungsanordnung erreicht, was insbesondere ihre Anordnung in einem Kraftfahrzeug erleichtert. Das Verwenden eines Anschlusses des Zwischenkreiskondensators zum Anschluss der Erregerschaltung an die Inverterschaltung ermöglicht ein Anbinden der Erregerschaltung an die Inverterschaltung, ohne dass bereits bestehende Aufbauten von Inverterschaltungen geändert werden müssen. Dies trägt zu einer Reduktion von Entwicklungs- und Herstellungsaufwänden bei.

[0021] Der Zwischenkreiskondensator ist in der Regel auf einer Gleichspannungsseite der Inverterschaltung angeordnet. Der Zwischenkreiskondensator kann beispielsweise jeweils parallel zu den ebenfalls parallel geschalteten Halbbrücken einer beispielsweise als Pulswechselrichter ausgebildeten, dreiphasigen Inverterschaltung geschaltet sein. Dazu weist der Zwischenkreiskondensator insbeson-

dere mehrere jeweils als eine hervorstehende Anschlusslasche ausgebildete Anschlüsse auf, über die er mit weiteren Komponenten der Inverterschaltung verbunden ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Zwischenkreiskondensator mehrere Anschlüsse aufweist, wobei die Erregerschaltung mit wenigstens zwei Anschlüssen des Zwischenkreiskondensators unmittelbar verbunden ist. Auf diese Weise kann der gesamte Kommutierungskreis, das heißt die Anbindung der Erregerschaltung an den Zwischenkreiskondensator und somit gegebenenfalls auch an eine mit der Gleichstromseite der Inverterschaltung verbundene Energiequelle, über die unmittelbare Verbindung geschlossen werden. Über die wenigstens zwei Anschlüsse können dann sowohl ein DC⁺-Potential als auch ein DC⁻-Potential einer an der Gleichstromseite der Inverterschaltung angeschlossenen Energiequelle, insbesondere einer Hochvoltbatterie, an die Erregerschaltung übertragen und von dieser als Eingangsspannung genutzt werden.

[0022] Für die unmittelbare Verbindung kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass sie wenigstens eine formschlüssige und/oder kraftschlüssige und/oder stoffschlüssige Verbindung zwischen dem wenigstens einen Anschluss des Zwischenkreiskondensators und dem zweiten Trägerelement und/oder wenigstens einem Verbindungsabschnitt des zweiten Trägerelements umfasst. Das zweite Trägerelement kann einen Verbindungsabschnitt aufweisen, welcher insbesondere elektrisch leitfähig ausgeführt ist, damit eine elektrische Verbindung zwischen der Erregerschaltung und dem wenigstens einen Anschluss des Zwischenkreiskondensators ermöglicht wird. Durch die unmittelbare Verbindung des wenigstens einen Anschlusses des Zwischenkreiskondensators mit dem zweiten Trägerelement und/oder dem wenigstens einen Verbindungsabschnitt des zweiten Trägerelements kann die Erregerschaltung insbesondere von einer auf der Gleichstromseite der Inverterschaltung anliegenden Gleichspannung gespeist werden.

[0023] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die unmittelbare Verbindung wenigstens eine Verschraubung, eine Press-Fit-Verbindung, eine Lötverbindung, eine Schweißverbindung und/oder eine Nietverbindung umfasst. Auch mehrere der vorangehend genannten Verbindungsarten können kombiniert vorliegen. Beispielsweise kann die unmittelbare Verbindung auch eine verschweißte oder verlötete Schraubverbindung oder Nietverbindung umfassen. Es ist auch möglich, dass die unmittelbare Verbindung mehrere Verschraubungen und/oder mehrere Nietverbindungen und/oder mehrere Press-Fit-Verbindungen und/oder mehrere Lötverbindungen und/oder mehrere Schweißverbindungen und/oder mehrere Nietverbindungen umfasst.

[0024] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die unmittelbare Verbindung als wenigstens ein Befestigungspunkt des zweiten Trägerelements an dem Zwischenkreiskondensator ausgebildet ist. Unter einen Befestigungspunkt ist in diesem Zusammenhang eine Fixierungsstelle zur mechanisch stabilen und insbesondere ortsfesten und/oder starren Befestigung des zweiten Trägerelements zu verstehen. Die Ausbildung der unmittelbaren Verbindung als wenigstens ein Befestigungspunkt stellt dabei eine stabile Befestigung dar, welche eine ortsfeste Anordnung des zweiten Trägerelements in Bezug zu dem Zwischenkreiskondensator ermöglicht. Der Zwischenkreiskondensator ist insbesondere mechanisch stabil und ortsfest als Teil der Inverterschaltung auf dem ersten Trägerelement befestigt, so dass durch die Ausbildung der unmittelbaren Verbindung als ein Befestigungspunkt des zweiten Trägerelements auch eine mechanisch stabile Befestigung des zweiten Trägerelements in Bezug zu dem ersten Trägerelement erreicht wird.

[0025] Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise bei Verwendung der elektrischen Schaltungsanordnung in einem sich bewegenden Kraftfahrzeug eine stabile Befestigung der Erregerschaltung an der Inverterschaltung möglich ist und somit die Robustheit der elektrischen Schaltungsanordnung vorteilhaft gesteigert werden kann. Weiterhin ermöglicht die Ausbildung der unmittelbaren Verbindung als wenigstens ein Befestigungspunkt des zweiten Trägerelements einen kompakten Gesamtaufbau der elektrischen Schaltungsanordnung, da durch die unmittelbare Verbindung wenigstens ein Befestigungspunkt, welcher ohne die unmittelbare Verbindung erforderlich wäre, eingespart werden kann.

[0026] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass der Zwischenkreiskondensator wenigstens einen weiteren Anschluss und die Inverterschaltung wenigstens ein Leistungselektronikmodul aufweisen, wobei das wenigstens eine Leistungselektronikmodul mit dem wenigstens einen weiteren Anschluss verbunden ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass an dem wenigstens einen Anschluss, an dem die Erregerschaltung über die unmittelbare Verbindung angeschlossen ist, kein Leistungselektronikmodul der Inverterschaltung angeschlossen ist. Bevorzugt ist an dem wenigstens einen Anschluss, an dem die Erregerschaltung angeschlossen ist, nur die Erregerschaltung und kein weiteres Bauteil der Inverterschaltung angeschlossen.

[0027] Es ist beispielsweise möglich, dass der Zwischenkreiskondensator mit jedem Leistungselektronikmodul der Inverterschaltung über jeweils zwei Anschlüsse oder über jeweils drei Anschlüsse verbunden ist. Ein Leistungselektronikmodul kann dabei beispielsweise als eine Halbbrücke ausgebil-

det sein, wobei die Inverterschaltung beispielsweise drei Halbbrücken umfasst, um einen dreiphasigen Pulswechselrichter zu bilden. Der Zwischenkreiskondensator kann mit jedem der Leistungselektronikmodule über einen DC⁺-Anschluss sowie einen DC⁻-Anschluss, also einen Gleichstromanschluss mit hohem Potential sowie einen Gleichstromanschluss mit niedrigem Potential, verbunden sein.

[0028] Zur Reduktion von elektromagnetischen Feldern kann insbesondere vorgesehen sein, dass der Zwischenkreiskondensator mit jedem der Leistungselektronikmodule über drei Anschlüsse verbunden ist, so dass beispielsweise zur Bildung einer möglichst symmetrischen Leitungsführung zwei DC⁺-Anschlüsse und ein DC⁻-Anschluss, welcher zwischen den beiden DC⁺-Anschlüssen angeordnet ist, vorhanden sind.

[0029] Grundsätzlich ist es auch möglich, die Erregerschaltung über die unmittelbare Verbindung auch mit einem Anschluss zu verbinden, an dem auch ein Leistungselektronikmodul der Inverterschaltung angeschlossen ist. Dabei kann es jedoch zu einer unsymmetrischen Belastung des Zwischenkreiskondensators und/oder der Inverterschaltung kommen. Die Verwendung eines zusätzlichen Anschlusses zur Verbindung der Erregerschaltung, das heißt die Verwendung eines Anschlusses des Zwischenkreiskondensators, an dem kein Leistungselektronikmodul und insbesondere kein weiteres Bauteil der Inverterschaltung angeschlossen ist, ermöglicht vorteilhaft eine symmetrische Belastung des Zwischenkreiskondensators und/oder der Inverterschaltung durch die angebundene Erregerschaltung.

[0030] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Erregerschaltung wenigstens ein auf dem zweiten Trägerelement angeordnetes Leistungselektronikbauteil aufweist, wobei das Leistungselektronikbauteil in direktem Kontakt mit wenigstens einem Kühlkörper der Inverterschaltung ist. Der Kühlkörper der Inverterschaltung kann insbesondere auf dem ersten Trägerelement angeordnet sein. Das Leistungselektronikbauteil der Erregerschaltung kann beispielsweise ein Leistungselektronikmodul sein und/oder ein oder mehrere schaltbare Halbleiterbauteile umfassen.

[0031] Der Kühlkörper der Inverterschaltung kann beispielsweise mit einem oder mehreren Leistungselektronikmodulen der Inverterschaltung verbunden sein. Durch direkten Kontakt auch des Leistungselektronikbauteils der Erregerschaltung zu dem Kühlkörper wird eine effiziente Kühlung des Leistungselektronikbauteils der Erregerschaltung ermöglicht. Gleichzeitig wird der Bauraumbedarf der gesamten elektrischen Schaltungsanordnung geringgehalten, da auch das Leistungselektronikbauteil der Erregerschaltung den Kühlkörper der Inverterschaltung nut-

zen kann. Bei dem Leistungselektronikbauteil der Erregerschaltung kann es sich insbesondere um ein schaltbares Halbleiterbauteil handeln, welches beispielsweise zur Gleichspannungswandlung einer über den Zwischenkreiskondensator abgegriffenen Gleichspannung dient.

[0032] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Erregerschaltung als Zweiquadrantensteller und/oder als Gleichspannungswandler ausgebildet ist. Die Erregerschaltung kann beispielsweise zwei Transistoren und zwei Freilaufdioden umfassen. Es ist möglich, dass die zwei Transistoren und/oder die zwei Freilaufdioden als ein oder mehrere Leistungselektronikbauteile der Erregerschaltung ausgeführt sind. Durch die als Zweiquadrantensteller und/oder als Gleichspannungswandler ausgebildete Erregerschaltung kann eine über den Zwischenkreiskondensator abgegriffene Gleichspannung, beispielsweise eine Hochvolt-Gleichspannung eines mit der Gleichstromseite der Inverterschaltung verbundenen Hochvoltenergiespeichers, beispielsweise mit einer Hochvoltbatterie, gewandelt werden, wobei die Ausgangsspannung der Erregerschaltung auf die Rotorwicklung einer mit der Wechselstromseite der Inverterschaltung verbundenen, fremderregten elektrischen Maschine gegeben wird. Bei einer als Zweiquadrantensteller ausgebildeten Erregerschaltung erzeugt die Erregerschaltung ein pulsweitenmoduliertes Signal aus der über den Zwischenkreiskondensator abgegriffenen Eingangsspannung, wobei das pulsweitenmodulierte Signal über die Erregerschaltung an die Rotorwicklung einer elektrischen Maschine abgebar ist. Aufgrund der durch die Rotorwicklung gebildeten Induktivität kann auf weitere Induktivitäten als Bestandteil der Erregerschaltung vorteilhaft verzichtet werden, da es möglich ist, direkt das pulsweitenmodulierte Signal von der Erregerschaltung auf die Rotorwicklung einer elektrischen Maschine zu geben, welche das Signal aufgrund ihrer Induktivität glättet.

[0033] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Erregerschaltung mit einer Rotorwicklung einer elektrischen Maschine der elektrischen Schaltungsanordnung verbunden ist und eine Wechselspannungsseite der Inverterschaltung mit wenigstens einer Statorwicklung der elektrischen Maschine verbunden ist, wobei die elektrische Maschine insbesondere eine fremderregte Synchronmaschine oder eine fremderregte Asynchronmaschine ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die elektrische Maschine eine dreiphasige elektrische Maschine ist, wobei auch die Inverterschaltung als ein insbesondere bidirektional betreibbarer, dreiphasiger Wechselrichter ausgeführt ist. Die fremderregte elektrische Maschine kann insbesondere Schleifringkontakte aufweisen, über die der Rotor durch die Erregerschaltung bestrombar ist.

[0034] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Inverterschaltung ein insbesondere dreiphasiger Pulswechselrichter ist und/oder dass das erste Trägerelement und das zweite Trägerelement in einem gemeinsamen Gehäuse der elektrischen Schaltungsanordnung angeordnet sind und/oder dass das erste Trägerelement und/oder das zweite Trägerelement jeweils als eine Leiterplatte ausgeführt sind. Das erste und/oder das zweite Trägerelement können insbesondere als eine gedruckte Leiterplatte (printed circuit board, PCB) ausgeführt sein.

[0035] Für ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug ist vorgesehen, dass es eine erfindungsgemäße elektrische Schaltungsanordnung umfasst. Die elektrische Schaltungsanordnung kann dabei insbesondere zum Betrieb eines Traktionselektromotors des Kraftfahrzeugs eingesetzt werden. Bei dem Traktionselektromotor kann es sich insbesondere um eine fremderregte elektrische Maschine handeln, deren Stator über die Inverterschaltung und deren Rotor über die Erregerschaltung der elektrischen Schaltungsanordnung bestromt werden. Dazu kann die Gleichspannungsseite der Inverterschaltung und somit auch die Eingangsseite der Erregerschaltung mit einem Traktionsenergiespeicher, insbesondere einem Hochvoltenergiespeicher wie einer Hochvoltbatterie, des Kraftfahrzeugs verbunden sein. Ein Betrieb der Inverterschaltung und der Erregerschaltung kann dabei insbesondere über eine gemeinsame Steuereinrichtung erfolgen, beispielsweise in Abhängigkeit eines von der Steuereinrichtung ermittelten oder an die Steuereinrichtung übermittelten, einzustellenden Arbeitspunkts der elektrischen Maschine.

[0036] Sämtliche vorangehend in Bezug zur erfindungsgemäßen elektrischen Schaltungsanordnung beschriebenen Vorteile und Ausgestaltungen gelten entsprechend auch für das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug.

[0037] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Diese sind schematische Darstellungen und zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs,

Fig. 2 ein Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 3 eine Seitenansicht auf ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Fig. 4 eine Aufsicht zu dem Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gemäß **Fig. 3**, und

Fig. 5 einen Schaltplan einer Erregerschaltung einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung.

[0038] In **Fig. 1** ist eine Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Kraftfahrzeugs 1 dargestellt. Das Kraftfahrzeug 1 umfasst eine elektrische Schaltungsanordnung 2, welche eine Inverterschaltung 3 sowie eine Erregerschaltung 4 umfasst. Der Aufbau der elektrischen Schaltungsanordnung 2 wird nachfolgend in Bezug zu den **Fig. 2** bis **Fig. 5** näher erläutert.

[0039] Das Kraftfahrzeug 1 umfasst weiterhin einen Hochvoltenergiespeicher 5, welcher als eine Hochvoltbatterie ausgeführt ist und mit einem Zwischenkreiskondensator 6 der Inverterschaltung 3 verbunden ist. Eine von dem Hochvoltenergiespeicher 5, welcher einen Traktionsenergiespeicher des Kraftfahrzeugs 1 darstellt, erzeugte Gleichspannung stellt die Eingangsgleichspannung der Inverterschaltung 3 dar und wird durch die Inverterschaltung 3 in eine dreiphasige Wechselspannung zum Betrieb einer elektrischen Maschine 7 gewandelt. Die elektrische Maschine 7 ist eine fremderregte Synchronmaschine, deren Stator durch die Inverterschaltung 3 bestromt wird. Die elektrische Maschine 7 stellt einen Traktionselektromotor des Kraftfahrzeugs 1 dar.

[0040] Die Erregerschaltung 4 der elektrischen Schaltungsanordnung 2 ist über eine unmittelbare Verbindung 8 mit dem Zwischenkreiskondensator 6 der Inverterschaltung 3 verbunden, so dass die von dem Hochvoltenergiespeicher 5 erzeugte Gleichspannung auch die Eingangsspannung der Erregerschaltung 4 darstellt. Die Erregerschaltung 4 ist hierbei als Zweiquadrantensteller und/oder als Gleichspannungswandler ausgeführt, wobei durch die Erregerschaltung 4 die von dem Hochvoltenergiespeicher 5 erzeugte Gleichspannung in eine Gleichspannung zur Bestromung eines Rotors der elektrischen Maschine 7, mithin also zur Erzeugung des Rotorfelds in der fremderregten elektrischen Maschine 7, umwandelbar ist. Weiterhin umfasst das Kraftfahrzeug 1 eine Steuereinrichtung 8, welche zum Betrieb der elektrischen Schaltungsanordnung 2 ausgebildet ist.

[0041] In **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 2 dargestellt. Wie vorangehend in Bezug zu **Fig. 1** erläutert wurde, umfasst die elektrische Schaltungsanordnung 2 eine Inverterschaltung 3, eine Erregerschaltung 4, einen Hochvoltenergiespeicher 5 sowie eine elektrische Maschine 7. Die Inverterschaltung 3 ist als dreiphasiger Pulswechsel-

richter ausgebildet. Die Erregerschaltung 4 ist als Zweiquadrantensteller und/oder als Gleichspannungswandler zur Gleichspannungswandlung einer von dem Hochvoltenergiespeicher 5 erzeugten Gleichspannung (hier durch die Potentiale DC+ und DC- dargestellt) ausgebildet.

[0042] Über die Erregerschaltung 4 wird der Rotor der elektrischen Maschine 7 bestromt, um das Rotorfeld zum Betrieb der elektrischen Maschine 7 zu erzeugen. Über die Inverterschaltung 3 wird der Stator der elektrischen Maschine 7 bestromt, um die elektrische Maschine 7 in einem Motorbetrieb betreiben zu können. Auch die Inverterschaltung 3 ist dazu auf ihrer Gleichstromseite mit dem Hochvoltenergiespeicher 5 verbunden. Die Erregerschaltung 4 ist mit der Inverterschaltung 3 über eine unmittelbare Verbindung 8, welche im Nachfolgenden genauer erläutert wird, verbunden.

[0043] In **Fig. 3** ist eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 2 dargestellt. Die Inverterschaltung 3 umfasst den Zwischenkreiskondensator 6 sowie einen Kühlkörper 10, wobei der Zwischenkreiskondensator 6 und der Kühlkörper 10 auf einem ersten Trägerelement 11 der Inverterschaltung 3 angeordnet sind. Die Erregerschaltung 4 ist auf einem zweiten Trägerelement 12 angeordnet und umfasst ein Leistungselektronikbauteil 13. Die Erregerschaltung 4 ist über die unmittelbare Verbindung 8 mit zwei Anschlüssen 14 des Zwischenkreiskondensators 6 verbunden. Die unmittelbare Verbindung 8 umfasst dazu zwei Schraubverbindungen 15, mit denen die Erregerschaltung 4 elektrisch leitfähig mit den jeweils als eine hervorstehende Anschlusslasche ausgebildeten Anschlüssen 14 des Zwischenkreiskondensators 6 verbunden ist. Dabei kann beispielsweise an einem der Anschlüsse 14 das Potential DC+ und an dem anderen Anschluss 14 das Potential DC-, wie in **Fig. 2** dargestellt ist, anliegen, wobei die Erregerschaltung 4 über die beiden Verschraubungen 15 elektrisch mit dem Zwischenkreiskondensator 6 und somit mit der von dem Energiespeicher 5 erzeugten Gleichspannung verbunden ist.

[0044] Weiterhin ist die unmittelbare Verbindung 8 als ein Befestigungspunkt des zweiten Trägerelements 12 ausgebildet, so dass das zweite Trägerelement 12 an dem Zwischenkreiskondensator 6 und somit auch an dem Trägerelement 11 über die unmittelbare Verbindung 8 mechanisch stabil befestigt ist.

[0045] Die unmittelbare Verbindung 8 kann zusätzlich oder alternativ zu den zwei Verschraubungen 15 auch wenigstens eine formschlüssige und/oder kraftschlüssige und/oder stoffschlüssige Verbindung zwischen wenigstens einem der Anschlüsse 14 des Zwischenkreiskondensators 6 und dem zweiten Trägerelement 12 aufweisen. Die unmittelbare Verbindung

8 kann dazu neben den beiden Verschraubungen 15 auch wenigstens eine Press-Fit-Verbindung, wenigstens eine Lötverbindung, wenigstens eine Schweißverbindung und/oder wenigstens eine Nietverbindung umfassen. Auch eine Kombination von verschiedenen Verbindungen, beispielsweise in Form einer verschweißten Verschraubung oder einer verlöteten Nietverbindung, ist möglich.

[0046] Die unmittelbare Verbindung 8 kann zwischen den Anschlüssen 14 und einem Verbindungsabschnitt des zweiten Trägerelements 12 erfolgen, wobei der Verbindungsabschnitt beispielsweise einen oder mehrere Kontaktabschnitte aufweist, über die das zweite Trägerelement 12 jeweils elektrisch leitfähig mit wenigstens einem der Anschlüsse 14 des Zwischenkreiskondensators 6 verbunden werden kann.

[0047] Die Anordnung des zweiten Trägerelements 12 in Bezug zu dem ersten Trägerelement 11 ist derart, dass das Leistungselektronikbauteil 13 der Erregerschaltung 4 in direktem Kontakt zu dem Kühlkörper 10 der Inverterschaltung 3 ist. Dadurch wird ermöglicht, dass auch das Leistungselektronikbauteil 13 der Erregerschaltung 4 über den Kühlkörper 10 der Inverterschaltung 3 gekühlt werden kann.

[0048] In **Fig. 4** ist eine Aufsicht zu der in **Fig. 3** dargestellten Seitenansicht gezeigt. Dabei ist das bezogen auf die Blickrichtung an der Unterseite des zweiten Trägerelements 12 der Erregerschaltung 4 angeordnete Leistungselektronikbauteil 13 gestrichelt dargestellt. Neben dem Leistungselektronikbauteil 13, welches sich in direktem Kontakt mit dem Kühlkörper 10 befindet, dient der Kühlkörper 10 ebenso zur Kühlung eines Leistungselektronikmoduls 16 der Inverterschaltung 4.

[0049] Weiterhin dargestellt sind drei weitere Anschlüsse 17, 18, 19 des Zwischenkreiskondensators 6, wobei der Zwischenkreiskondensator 6 über die Anschlüsse 17, 18 und 19 mit dem Leistungselektronikmodul 16 der Inverterschaltung 4 verbunden ist. Dabei kann beispielsweise vorgesehen sein, dass an den Anschlüssen 17 und 19 die Spannung DC+ und am Anschluss 18 die Spannung DC- (oder umgekehrt) anliegt. Durch die Verwendung von drei Anschlüssen 17, 18, 19 zum Anschluss des Leistungsmoduls 16 an den Zwischenkreiskondensator 6 kann die elektromagnetische Verträglichkeit der elektrischen Schaltungsanordnung 2 erhöht werden. Nicht dargestellt sind zwei weitere Anschlüsse des Zwischenkreiskondensators 6, mit denen dieser mit dem Hochvoltenergiespeicher 5 verbunden ist.

[0050] In **Fig. 5** ist ein Schaltplan eines Ausführungsbeispiels der Erregerschaltung 4 dargestellt. Auf der linken Seite ist beispielsweise die vom Hochvoltenergiespeicher 5 erzeugte Gleichspannung DC

+ /DC- dargestellt, welche die Eingangsspannung der Erregerschaltung 4 darstellt und welche beispielsweise, wie vorangehend dargestellt, über die zwei Verschraubungen 15 umfassende unmittelbare Verbindung 8 zu dem Zwischenkreiskondensator 6 der Inverterschaltung 3 abgegriffen wird. Die Erregerschaltung 4 umfasst weiterhin einen Entstörkondensator 20, welcher parallel zu dem Eingang der Erregerschaltung 4 geschaltet ist.

[0051] Weiterhin umfasst die Erregerschaltung 4 zwei Transistoren T1, T2 sowie zwei Freilaufdioden D1, D2. Jeweils zwischen einer der Freilaufdioden D1, D2 und einem der Transistoren T1, T2 ist die Erregerschaltung 4 mit der Rotorwicklung der elektromagnetischen Maschine 7, hier dargestellt durch Induktivität L_r und dem Widerstand R_r , verbunden. Durch die Erregerschaltung 4 wird die am Eingang anliegende Gleichspannung DC+ /DC- in eine Spannung U_r zum Betrieb des Rotors der elektrischen Maschine 7 umgesetzt. Mittels einer durch Schalten der Transistoren T1, T2 erzeugten Pulsweitenmodulation kann die Eingangsspannung DC+ /DC- der Erregerschaltung in eine Spannung U_r gewandelt werden, welche über dem Rotor der elektrischen Maschine 7 abfällt und diesen entsprechend bestromt.

[0052] Durch die niederinduktive Anbindung der Erregerschaltung 4 über die unmittelbare Verbindung 8 an den Zwischenkreiskondensator 6 der Inverterschaltung 3 wird es vorteilhaft ermöglicht, den Entstörkondensator 20 mit einer geringeren Kapazität und somit mit einer geringeren Baugröße bzw. mit geringeren Stückkosten auszubilden oder ihn gegebenenfalls auch entfallen zu lassen. Weiterhin ermöglicht es die unmittelbare Verbindung 8, dass die elektromagnetische Verträglichkeit der elektrischen Schaltungsanordnung 2 insbesondere durch die Reduktion von Streuinduktivitäten und den kleineren Kommutierungskreis erhöht wird. Ferner wird durch die unmittelbare Verbindung 8 eine kompakte Bauweise der elektrischen Schaltungsanordnung 2 erreicht, was insbesondere die Anordnung der Inverterschaltung 3 und der Erregerschaltung 4 in einem gemeinsamen Gehäuse (hier nicht dargestellt) ermöglicht. Das erste Trägerelement 11 der Inverterschaltung 3 sowie des zweiten Trägerelements 12 der Erregerschaltung 4 können als Leiterplatte, insbesondere als gedruckte Leiterplatte, ausgeführt sein.

Patentansprüche

1. Elektrische Schaltungsanordnung umfassend eine Erregerschaltung (4) und eine Inverterschaltung (3), wobei die Inverterschaltung (3) auf einem ersten Trägerelement (11) angeordnet ist und einen auf einer Gleichstromseite der Inverterschaltung (3) angeordneten Zwischenkreiskondensator (6)

umfasst, wobei der Zwischenkreiskondensator (6) wenigstens einen Anschluss (14) aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerschaltung (4) auf einem zweiten Trägerelement (12) angeordnet ist, wobei die Erregerschaltung (4) über eine unmittelbare Verbindung (8) des zweiten Trägerelements (12) mit wenigstens einem Anschluss (14) des Zwischenkreiskondensators (6) mit dem Zwischenkreiskondensator (6) verbunden ist.

2. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die unmittelbare Verbindung (8) wenigstens eine formschlüssige und/oder kraftschlüssige und/oder stoffschlüssige Verbindung zwischen dem wenigstens einen Anschluss (14) des Zwischenkreiskondensators (6) und dem zweiten Trägerelement (12) und/oder wenigstens einem Verbindungsabschnitt des zweiten Trägerelements (12) umfasst.

3. Elektrische Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die unmittelbare Verbindung (8) wenigstens eine Verschraubung, eine Press-fit-Verbindung, eine Lötverbindung, eine Schweißverbindung und/oder eine Nietverbindung umfasst.

4. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die unmittelbare Verbindung (8) als wenigstens ein Befestigungspunkt des zweiten Trägerelements (12) an dem Zwischenkreiskondensator (6) ausgebildet ist.

5. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zwischenkreiskondensator (6) wenigstens einen weiteren Anschluss (17, 18, 19) und die Inverterschaltung (3) wenigstens ein Leistungselektronikmodul (16) aufweisen, wobei das wenigstens eine Leistungselektronikmodul (16) mit dem wenigstens einen weiteren Anschluss (17, 18, 19) verbunden ist.

6. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerschaltung (4) wenigstens ein auf dem zweiten Trägerelement (12) angeordnetes Leistungselektronikbauteil (13) aufweist, wobei das Leistungselektronikbauteil (13) in direktem Kontakt mit wenigstens einem Kühlkörper (10) der Inverterschaltung ist.

7. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerschaltung (4) als Zweiquadrantensteller und/oder als Gleichspannungswandler ausgebildet ist.

8. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregerschaltung (4) mit einer Rotorwicklung einer elektrischen Maschine (7) der elektrischen Schaltungsanordnung (2) verbunden ist und eine Wechselspannungsseite der Inverterschaltung (3) mit wenigstens einer Statorwicklung der elektrischen Maschine verbunden ist, wobei die elektrische Maschine (7) insbesondere eine fremderregte Synchronmaschine oder eine fremderregte Asynchronmaschine ist.

9. Elektrische Schaltungsanordnung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Inverterschaltung (3) ein insbesondere dreiphasiger Pulswechselrichter ist und/oder dass das erste Trägerelement (11) und das zweite Trägerelement (12) in einem gemeinsamen Gehäuse der elektrischen Schaltungsanordnung (2) angeordnet sind und/oder dass das erste Trägerelement (11) und/oder das zweite Trägerelement (12) jeweils als eine Leiterplatte ausgeführt sind.

10. Kraftfahrzeug umfassend eine elektrische Schaltungsanordnung (2) nach einem der vorangehenden Ansprüche.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

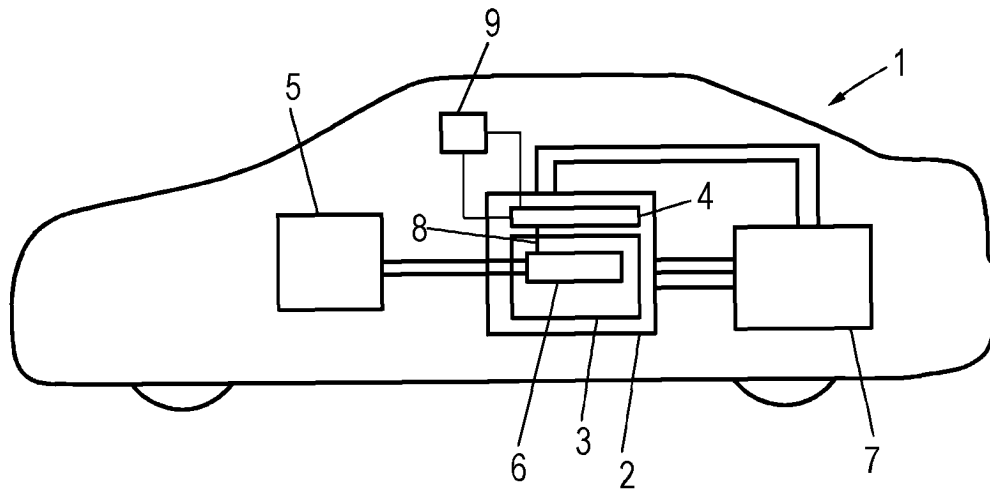


FIG. 2

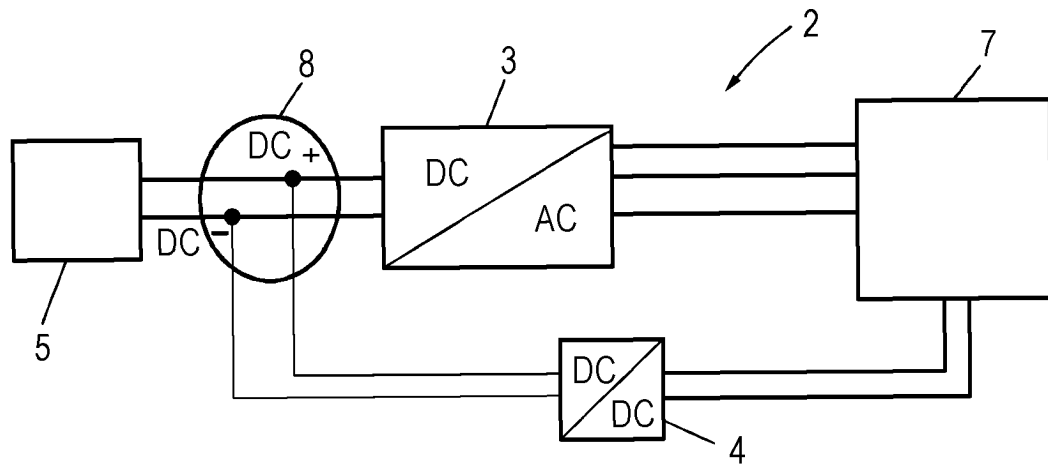


FIG. 3

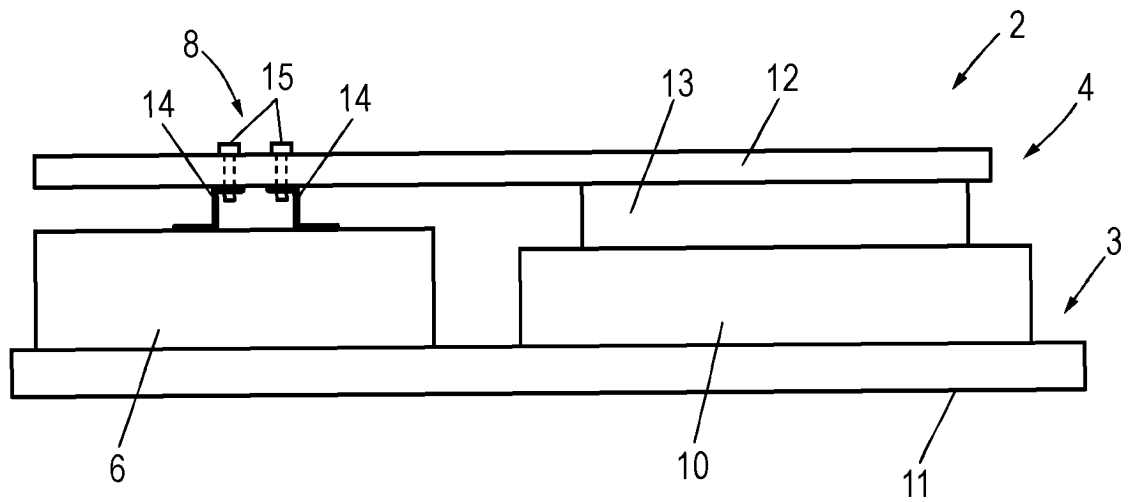


FIG. 4

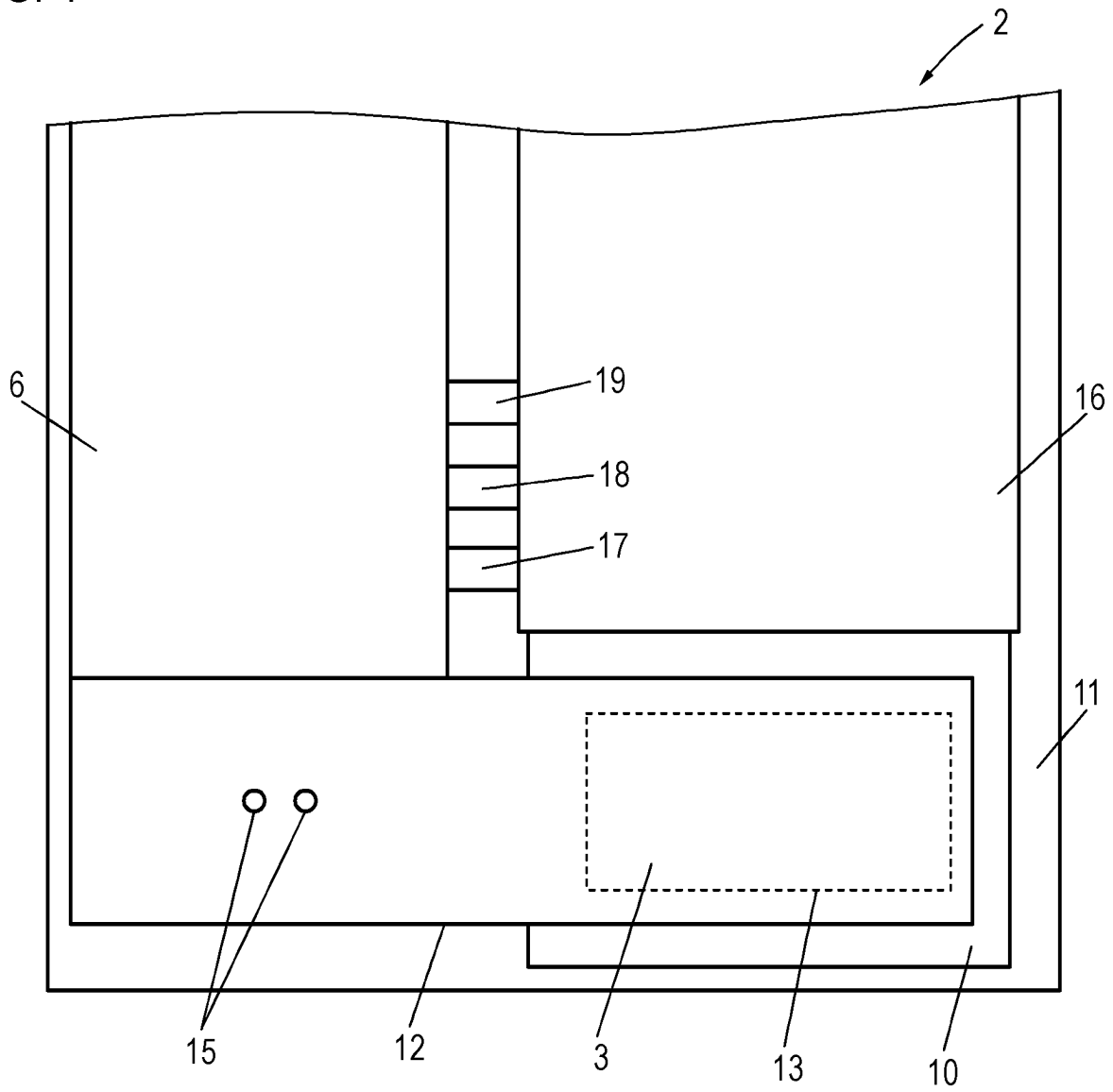


FIG. 5

