



(10) **DE 10 2016 200 668 A1** 2017.07.20

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 200 668.1**

(51) Int Cl.: **H02M 7/487 (2007.01)**

(22) Anmeldetag: **20.01.2016**

(43) Offenlegungstag: **20.07.2017**

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(72) Erfinder:
**Janbein, Taleb, 70771 Leinfelden-Echterdingen,
DE**

DE	10 2014 220 834	A1
DE	10 2014 224 371	A1
US	2013 / 0 033 912	A1
JP	2007- 104 789	A

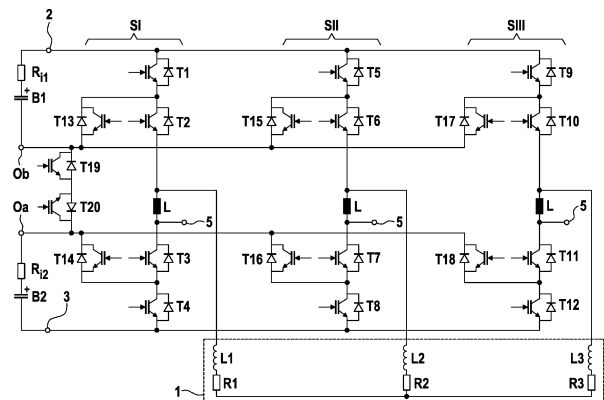
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Fortbewegungsmittel und Schaltungsanordnung für einen Betrieb einer elektrischen Maschine mittels zweier Energiespeicher**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Fortbewegungsmittel und eine Schaltungsanordnung für einen Betrieb einer elektrischen Maschine (1) vorgeschlagen. Die Schaltungsanordnung umfasst:

- einen Mehrspannungsinverter mit
- einem ersten Anschluss (2) für eine erste Spannungsquelle,
- einem zweiten Anschluss (3) für eine zweite Spannungsquelle und
- einem dritten Anschluss (4) für die elektrische Maschine (1), und
- ein zusätzliches nichtlineares Bauelement (T19, T20), wobei das zusätzliche nichtlineare Bauelement (T19, T20) einen Knotenpunkt (0) zwischen dem ersten Anschluss (2) und dem zweiten Anschluss (3) in einen dem ersten Anschluss zugeordneten oberen Knotenpunkt (0b) und einen dem zweiten Anschluss (3) zugeordneten unteren Knotenpunkt (0a) trennt.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Fortbewegungsmittel und eine elektrische Anordnung für einen Betrieb einer elektrischen Maschine mittels zweier elektrischer Energiespeicher. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Erweiterung des Funktionsumfangs sowie des Aufbaus im Stand der Technik bekannter Mehrspannungsinverter, nachfolgend "Multilevel-Inverter" genannt.

[0002] Hybride Batteriesysteme können unterschiedlich ausgestaltet sein und mit verschiedenen Leistungselektronik-Topologien aufgebaut werden. Vor allem ist das System mit Multilevel-Invertern für Hybrid-Anwendungen von großer Bedeutung. Auch für die Multilevel-Inverter gibt es verschiedene Topologien, wobei im Rahmen der vorliegenden Erfindung insbesondere ein Multilevel-Inverter mit einem neutralen Anschlusspunkt (Neutral Point Clampet(NPC)-Multilevel-Inverter) betrachtet werden soll. NPC-Multilevel-Inverter sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt und üblicherweise wie in der später noch eingehend diskutierten **Fig. 1** dargestellt aufgebaut. Hierbei sind zwei Energiequellen für den Betrieb eines Fortbewegungsmittels bzw. eines jeweiligen Fortbewegungsmittels vorgesehen.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, Energie von einer Energiequelle und/oder von der zweiten Energiequelle auf einen Elektromotor zu bringen, wobei möglichst geringe ohmsche Verluste in den Halbleitern erzeugt werden sollen.

[0004] Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Energiespeicher, welcher am Multilevel-Inverter angeschlossen ist, durch einen zweiten Energiespeicher, welcher am Multilevel-Inverter angeschlossen ist, zu laden.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Die vorstehend identifizierte Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Schaltungsanordnung für einen Betrieb einer elektrischen Maschine gelöst. Die elektrische Maschine kann beispielsweise als Synchronmaschine ausgestaltet sein. Die elektrische Maschine kann beispielsweise als mehr-phasige elektrische Maschine, insbesondere als Drehstrommaschine, ausgestaltet sein. Grundsätzlich umfasst die Schaltungsanordnung einen Multilevel-Inverter, wie er im Stand der Technik grundsätzlich bekannt ist. Dieser weist einen ersten Anschluss für eine erste Spannungsquelle (z. B. eine Batterie, eine Brennstoffzelle, o. ä.) und einen zweiten Anschluss für eine zweite Spannungsquelle (eine Batterie, ein Akkumulator o. ä.) auf. Ein dritter Anschluss ist vorgesehen, um die elektrische Maschine elektrisch zu kontaktieren. Während die vorgenannten Elemente aus dem Stand der Technik bekannt sind, ist ein zusätzliches nichtlineares Bauelement (z. B. eine Diode und/oder ein Schalter, insbesondere ein steuerbarer Schalter) vorgesehen, welches einen Knotenpunkt zwischen dem ersten Anschluss für die erste Spannungsquelle und dem zweiten Anschluss für die zweite Spannungsquelle teilt. Mit anderen Worten wird der Knotenpunkt zwischen dem ersten Anschluss/ der ersten Spannungsquelle und dem zweiten Anschluss/ der zweiten Spannungsquelle geteilt und das zusätzliche nicht lineare Bauelement zur anschließenden elektrischen Verbindung zwischen die Teile des Knotenpunktes geschaltet. Auf diese Weise werden ein erster (oberer) Knotenpunkt und ein zweiter (unterer) Knotenpunkt erhalten, welche durch das nichtlineare Bauelement elektrisch miteinander verbunden werden (können). Gegenüber einem im Stand der Technik bekannten Multilevel-Inverter, welcher lediglich die Betriebspunkte "nur die erste Batterie wird für den Betrieb der elektrischen Maschine verwendet", "nur die zweite Batterie wird für den Betrieb der elektrischen Maschine verwendet" und "die beiden Batterien werden in Serie geschaltet, um die elektrische Maschine zu betreiben", kennt, kennt die wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zusätzlich den Betriebspunkt "die beiden Quellen werden parallel geschaltet". Für den Fall der Parallelisierung der zwei Quellen wurde hinsichtlich Spannungslage der Quellen nichts vorausgesetzt, aber bei unterschiedlichen Spannungslagen wird zuerst die Quelle mit der höheren Spannungslage verwendet, bis die beiden Quellen in etwa dieselbe Spannungslage haben. Erst anschließend wird Energie aus beiden Spannungsquellen entnommen. Auf diese Weise kann mittels der vorliegenden Erfindung bei Bedarf ein hoher Strom mit gleicher Spannungslage entnommen werden. Die Spannung an der elektrischen Maschine kann durch Addieren der beiden Batteriespannungen drastisch erhöht werden. Zusätzlich kann ein Ladungsausgleich der verwendeten Energiespeicher ohne zusätzliche Bauteile und Steuerungsaufwand realisiert werden. Zudem können 650 V-IGBT verwendet werden (z. B. bei einer Quellenspannungslage von jeweils bis zu 450 V). Schließlich kann die Zellenlebensdauer durch die Entlastung erhöht werden, da die Parallelisierung die zwei Quellen jeweils mit einer halben Stromstärke pro Quelle anstatt mit einer vollen Stromstärke und daher erheblich geringeren Verlusten innerhalb der Batterie und innerhalb der elektrischen Schaltung betreibt. Die Spannung an der Last

(z.B. der elektrischen Maschine) ist durch vorbestimmtes Schalten der in der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung enthaltenen Schalter einstellbar. Je nach Ausführung und Anzahl der Stränge bzw. nach Anzahl der Phasen der elektrischen Maschine können in den Grundzügen entsprechende Schaltmuster verwendet werden, um die erfindungsgemäß erzielten Vorteile zu verwirklichen.

[0006] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0007] Das nichtlineare Bauelement kann eine Diode umfassen, wodurch sich der Aufbau des zusätzlichen nichtlinearen Bauelementes insbesondere für den Fall vereinfacht, dass die Diode das alleinige zusätzliche nichtlineare Bauelement darstellt. Um zusätzlich ein Laden der ersten Spannungsquelle durch die zweite Spannungsquelle zu ermöglichen, kann das zusätzliche nichtlineare Bauelement mindestens einen ersten gesteuerten Schalter aufweisen. In der Praxis werden häufig zwei gegenläufig in Reihe miteinander geschaltete Bipolar-Transistoren mit isoliertem Gate (IGBT) verwendet, welche eine Freilaufdiode umfassen.

[0008] Alternativ oder zusätzlich kann den Dioden eines jeden Brückenweiges des Multilevel-Inverters ein jeweiliger steuerbarer Schalter parallel geschaltet sein. Bei geeignet getakteter Ansteuerung der steuerbaren Schalter kann eine Vielzahl Betriebszustände erzielt werden, auf welche in Verbindung mit den beigefügten Figuren im Detail eingegangen wird.

[0009] Ein Beispiel für eine mögliche Ansteuerung der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Schaltungsanordnung wird durch die in Anspruch 3 enthaltene Tabelle beschrieben. Hierbei werden die in den Betriebszuständen I bis IV jeweils enthaltenen Zeilen beispielsweise chronologisch von oben nach unten durchlaufen, sodass sich eine entsprechende Zeitfolge für die Zustände der enthaltenen Elemente ableiten lässt. Die Schalter T1 bis T12 sind einzelnen Halbbrücken (1. HB, 2. HB, 3. HB) bzw. Strängen zugeordnet. Die dargestellte Tabelle stellt also Schaltanweisungen für den Fall dar, dass drei Halbbrücken (z. B. für den Betrieb einer drei-phasigen elektrischen Maschine) in der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung vorgesehen sind. Die Schaltzustände der Schalter T19, T20 als exemplarische Bestandteile eines zusätzlichen nichtlinearen Bauelementes stellen einen wesentlichen Unterschied zum Stand der Technik in Verbindung mit dem Betriebszustand III dar. In der Tabelle nach Anspruch 3 bedeutet eine leere Zelle einen offenen Schalter, D einen Betrieb als Freilaufdiode und 1 einen geschlossenen (leitenden) Schalter.

[0010] Um die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zusätzlich zum Laden einer ersten Batterie durch eine zweite Batterie (im Fahrbetrieb oder im Standbetrieb, wobei sich in Letzterem die elektrische Maschine nicht dreht) verwenden zu können, kann in mindestens einem Brückenweig des Multilevel-Inverters eine Induktivität als Speicherdrossel vorgesehen werden. Die Induktivität bzw. Speicherdrossel kann beispielsweise zwischen dem ersten Anschluss für die erste Spannungsquelle und dem dritten Anschluss für die elektrische Maschine (z. B. eines jeweiligen Strangs des Multilevel-Inverters) vorgesehen sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Induktivität bzw. Speicherdrossel beispielsweise zwischen dem zweiten Anschluss für die zweite Spannungsquelle und dem dritten Anschluss für die elektrische Maschine (z. B. eines jeweiligen Strangs des Multilevel-Inverters) angeordnet sein. Durch die Induktivität kann ein Strom auch entgegen einer höheren Spannungslage getrieben werden, indem eine zunächst einen Strom durch die Induktivität treibende Spannungsquelle abgeschaltet bzw. von der Induktivität getrennt wird. Auf diese Weise kann beispielsweise eine erste Batterie mit einer geringeren Spannungslage verwendet werden, um eine zweite Batterie mit einer höheren Spannungslage zu laden.

[0011] Um mittels der Induktivität eine Ausgangsspannung am dritten Anschluss für die elektrische Maschine unabhängig von einer Spannungslage der jeweiligen Spannungsquellen einstellen zu können, kann die Anordnung eingerichtet sein, vordefinierte Schalter des Multilevel-Inverters getaktet zu betreiben. Ein Beispiel für eine Betriebsweise der Schaltungsanordnung mit zusätzlichen Induktivitäten bzw. Speicherdrosseln wird durch die Tabelle nach Anspruch 6 dargestellt, für welche die in Verbindung mit der Tabelle nach Anspruch 3 gemachten Aussagen ebenfalls gelten. Der Betriebszustand IV bezieht sich nun auf den Fall, dass im Wesentlichen eine am ersten Anschluss anliegende Spannung gleich einer am zweiten Anschluss anliegenden Spannung ist, während die Betriebszustände V, VI und VII neue Betriebszustände zum parallelen Betreiben der elektrischen Maschine mit zwei Spannungsquellen unterschiedlicher Spannungslage (Betriebszustände V und VI) bzw. das Laden eines am zweiten Anschluss angeschlossenen Energiespeichers durch einen am ersten Anschluss angeschlossenen Energiespeicher ermöglichen, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss anliegende Spannung größer als eine am zweiten Anschluss anliegende Spannung ist (Betriebszustand VII).

[0012] Zusätzlich zur Tabelle nach Anspruch 3 sind in der Tabelle nach Anspruch 6 die Bezeichnungen „FDT“ für eine Stromkommutierung durch die Freilaufdioden des jeweiligen Schalters bei getaktetem Betrieb, „T“ für

einen getakteten Betrieb des jeweiligen Schalters und „k“ als Parameter für das Tastverhältnis beim getakteten Betrieb des jeweiligen Schalters enthalten. Als mögliche Bereichsgrenzen für das Taktverhältnis seien hiermit sämtliche ganzzahlig durch zehn teilbaren Prozentsätze zwischen 0 und 100 offenbart.

[0013] Die Spannung an der elektrischen Maschine ist durch geeignetes Ansteuern der Schalter der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung einstellbar. Um sinusförmige Ströme in der elektrischen Maschine zu erzielen, müssen bestimmte Schalter der Schaltungsanordnung in geeigneter Weise getaktet betrieben werden. Die zu taktenden Schalter können beispielsweise im Gleichtakt geschaltet werden. Das Tastverhältnis des Schaltmusters kann in Abhängigkeit der Spannungslagen der beiden Spannungsquellen am ersten Anschluss und am zweiten Anschluss gewählt werden. Auch in der Anordnung mit Speicherdrosseln bzw. beim Betrieb gemäß der Tabelle aus Anspruch 6 kann ein Schalter des nichtlinearen zusätzlichen Bauelements durch eine Diode ersetzt werden, sofern ein Laden eines ersten Energiespeichers durch einen zweiten Energiespeicher nicht willkürlich vorgenommen werden können soll. Die durch die Tabelle gemäß Anspruch 6 definierte Betriebsweise kann in Abhängigkeit einer angepassten Schaltungsvariante durch den Fachmann in entsprechender Weise angepasst werden, ohne dass dieser hierzu einer expliziten Anleitung bedarf. Bevorzugt kann ein vierter Anschluss als Netzanschluss zwischen der Induktivität (Speicherdrossel) und dem dritten Anschluss vorgesehen sein. Um die Batterie mit möglichst wenig Bauteilen von verschiedenen Energiequellen (Wechselstrom, Gleichstrom, ein-phasig, drei-phasig etc.) laden zu können, kann sich die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung die in der Praxis an elektrischen Netzanschlüssen stets vorhandenen Netzfilterkondensatoren zu Nutze machen. Mit anderen Worten kann an dem vierten Anschluss (welcher ebenso wie der dritte Anschluss z.B. ein-phasig oder mehr-phasig ausgestaltet sein kann) eine elektrische Verbindungsleitung zu einem Energienetz angeschlossen werden, wobei mit drei Netzfilterkondensatoren die am ersten Anschluss angeschlossene Batterie mit einer drei-phasigen Quelle geladen werden kann, mit nur einem Netzfilterkondensator die Batterie am ersten Anschluss von einer zwei-phasigen Quelle geladen werden kann und ohne zusätzliche Bauteile die Batterie am ersten Anschluss von einer Gleichspannungsquelle unter der Voraussetzung, dass die Spannungslage der Gleichspannungsquelle kleiner oder gleich der Spannungslage der Batterie am ersten Anschluss ist, geladen werden kann.

[0014] Gemäß einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Fortbewegungsmittel (z. B. ein Pkw, ein Transporter, ein Lkw, ein Luft- und/oder Wasserfahrzeug) vorgeschlagen, welches eine Schaltungsanordnung gemäß dem erstgenannten Erfindungsaspekt aufweist. Die Schaltungsanordnung kann zur Versorgung einer elektrischen Traktionsmaschine oder einer anderen elektrischen Maschine des Fortbewegungsmittels verwendet werden. Die Merkmale, Merkmalskombinationen und die sich aus diesen ergebenden Vorteile entsprechen daher derart ersichtlich denjenigen des erstgenannten Erfindungsaspekts, dass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die obigen Ausführungen verwiesen wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen im Detail beschrieben. In den Zeichnungen ist:

[0016] Fig. 1 ein Schaltbild eines Ausführungsbeispiels eines Multilevel-Inverters mit neutralem Anschlusspunkt (NPC-MLI) mit zwei Batterien als Gleichspannungsquellen und einer drei-phasigen elektrischen Maschine;

[0017] Fig. 2 ein Schaltbild einer ersten erfindungsgemäßen Modifikation des NPC-MLI nach Fig. 1;

[0018] Fig. 3 ein Schaltbild einer zweiten erfindungsgemäßen Modifikation des NPC-MLI nach Fig. 1;

[0019] Fig. 4 ein Schaltbild einer dritten erfindungsgemäßen Modifikation eines NPC-MLI nach Fig. 1;

[0020] Fig. 5 ein Schaltbild einer vierten erfindungsgemäßen Modifikation eines NPC-MLI nach Fig. 1;

[0021] Fig. 6 ein Schaltbild einer fünften erfindungsgemäßen Modifikation eines NPC-MLI nach Fig. 1; und

[0022] Fig. 7 eine Prinzipskizze veranschaulichend Komponenten eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Fortbewegungsmittels.

Ausführungsformen der Erfindung

[0023] Fig. 1 zeigt einen NPC-MLI, welcher an einem ersten Anschluss **2** eine Batterie B1 als Gleichspannungsquelle mit einem Innenwiderstand R_{i1} und an einem zweiten elektrischen Anschluss **3** eine zweite Batterie B2 als elektrische Gleichspannungsquelle mit einem Innenwiderstand R_{i2} aufweist. Ausgangsseitig ist der NPC-MLI mit einer dreiphasigen elektrischen Maschine **1** gekoppelt, welche drei Induktivitäten L1, L2, L3 und jeweils in Reihe zu diesen geschaltete ohmsche Widerstände R1, R2, R3 zur Repräsentanz der ohmschen Verluste aufweist. Ein an dem ersten Anschluss **2** angeschlossener erster Strang SI weist einen ersten Schalter T1, einen zweiten Schalter T2, einen dritten Schalter T3 und einen vierten Schalter T4 auf. Sämtliche Schalter sind in der dargestellten Schaltung als Bipolartransistoren mit isoliertem Gate („IGBT“) ausgestaltet.

[0024] Zwischen einem zweiten Anschluss des ersten Schalters T1 und einem ersten Anschluss des zweiten Schalters T2 ist eine erste Diode D1 angeschlossen, welche andererseits an den neutralen Anschlusspunkt **0** angeschlossen ist. Die Flussrichtung der Diode D1 ist in Richtung des ersten Schalters T1 orientiert. Zwischen dem zweiten elektrischen Anschluss **3** und dem zweiten Schalter T2 sind ein dritter Schalter T3 und ein vierter Schalter T4 vorgesehen, wobei eine zweite Diode D2 zwischen einem zweiten Anschluss des dritten Schalters T3 und einem ersten Anschluss des vierten Schalters T4 angeschlossen und andererseits mit dem neutralen Anschlusspunkt **0** elektrisch verbunden ist. Die Flussrichtung der zweiten Diode D2 ist in Richtung des neutralen Anschlusspunktes **0** orientiert. Zwischen dem zweiten Anschluss des zweiten Schalters T2 und dem ersten Anschluss des dritten Schalters T3 ist eine Phase der elektrischen Maschine **1** angeschlossen. Der Aufbau der beiden übrigen Stränge SII, SIII, welche bezüglich der elektrischen Anschlüsse **2**, **3** des NPC-MLI dem ersten Strang SI parallel geschaltet sind, entspricht jeweils dem Aufbau des vorstehend beschriebenen Strangs SI, sodass zur Vermeidung von Wiederholungen auf die obigen Ausführungen verwiesen wird.

[0025] Fig. 2 zeigt eine erste erfindungsgemäße Modifikation des NPC-MLI, wie er in Verbindung mit Fig. 1 im Detail vorgestellt worden ist. Ein Teil der Modifikation besteht darin, dass der neutrale Anschlusspunkt **0** (NPC) durch einen ersten IGBT T19 und einen zweiten IGBT T20 als Bestandteile eines nichtlinearen Bauelementes in einen oberen Knotenpunkt **0b** und einen unteren Knotenpunkt **0a** aufgeteilt worden ist. Mit anderen Worten wurden die den jeweiligen Batterien B1, B2 parallel geschalteten Stränge SI, SII, SIII am gemeinsamen Anschlusspunkt **0** zunächst getrennt und anschließend über die IGBTs T19, T20 wieder elektrisch miteinander verbindbar gestaltet. Zudem wurden die Dioden D1 bis D6 durch jeweilige IGBTs T13 bis T18 ersetzt, welche hinsichtlich einer Orientierung ihrer inhärenten Dioden identisch den dem jeweiligen dritten Anschlusspunkt **4** zugeordneten IGBTs T2, T3, T6, T7, T10, T11 sind. Ein getakteter Betrieb gemäß den in der Tabelle nach Anspruch 6 genannten Zuständen ermöglicht eine parallele Betriebsweise der Batterien B1, B2 zur Energieversorgung der elektrischen Maschine **1**.

[0026] Fig. 3 und Fig. 4 zeigen eine bevorzugte Modifikation der in Fig. 2 dargestellten Schaltungsanordnung, in welcher eine jeweilige Induktivität L zwischen einem Sternpunkt der jeweiligen drei Schalter T1, T2, T13; T5, T6, T15; T9, T10, T17 in Fig. 3 bzw. T3, T4, T14; T7, T8, T16; T11, T12, T18 in Fig. 4 und dem jeweiligen dritten Anschlusspunkt **4** für die elektrische Maschine **1** angeordnet ist. Durch eine getaktete Ansteuerung gemäß der Tabelle in Anspruch 6 können die Induktivitäten L verwendet werden, um einen Parallelbetrieb bei unterschiedlichen Spannungslagen der Batterien B1, B2 und/oder einen Ladebetrieb einer Batterie durch die jeweils andere Batterie zu ermöglichen.

[0027] Die Fig. 5 und Fig. 6 zeigen eine Modifikation der Schaltungsanordnungen gemäß den Fig. 3 bzw. Fig. 4 durch Einfügung eines zusätzlichen vierten Anschlusses **5** als Netzanschluss zwischen der Induktivität und dem dritten Anschluss. Über den vierten Anschluss **5** kann ein externer Energieversorgungsanschluss mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung gekoppelt werden. Die in kommerziellen Energieversorgungsanschlüssen stets vorhandenen Netzfilterkondensatoren bilden in Verbindung mit der jeweiligen Drosselspule L einen jeweiligen Schwingkreis, durch welchen die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung eingerichtet werden kann, eine Batterie mit besonders wenig Bauteilen durch eine Vielzahl unterschiedlicher Energiequellen-typen (z. B. Wechselspannung, Gleichspannung, ein-phasig, drei-phasig bzw. mehr-phasig) laden kann.

[0028] Fig. 7 zeigt eine schematische Ansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Fortbewegungsmittels **10**, in welchem eine elektrische Maschine **1** als Traktionsmaschine verwendet wird. Die drei Phasen der elektrischen Maschine **1** sind mit einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung **6** elektrisch verbunden, deren erster und zweiter Anschluss mit einer jeweiligen Batterie B1, B2 und deren vierter Anschluss als Netzanschluss mit einem Netzstecker **7** elektrisch verbunden ist. Auf diese Weise kann das dargestellte

Fortbewegungsmittel **10** dieselben Merkmale, Betriebszustände und Vorteile annehmen, welche in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung vorstehend im Detail beschrieben worden sind.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung für einen Betrieb einer elektrischen Maschine (**1**) umfassend
 – einen Mehrspannungsinverter, nachfolgend „Multilevel-Inverter“ genannt, mit
 – einem ersten Anschluss (**2**) für eine erste Spannungsquelle,
 – einem zweiten Anschluss (**3**) für eine zweite Spannungsquelle und
 – einem dritten Anschluss (**4**) für die elektrische Maschine (**1**), und
 – ein zusätzliches nichtlineares Bauelement (T19, T20),
 wobei das zusätzliche nichtlineare Bauelement (T19, T20) einen Knotenpunkt (**0**) zwischen dem ersten Anschluss (**2**) und dem zweiten Anschluss (**3**) in einen dem ersten Anschluss zugeordneten oberen Knotenpunkt (**0b**) und einen dem zweiten Anschluss (**3**) zugeordneten unteren Knotenpunkt (**0a**) trennt.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, wobei
 – das nichtlineare Bauelement (T19, T20) eine Diode umfasst, und/oder
 – den Dioden (D1–D6) eines jeden Brückenendes des Multilevel-Inverters ein jeweiliger steuerbarer Schalter (T13–T18) parallel geschaltet ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das nichtlineare Bauelement (T19, T20) einen steuerbaren Schalter, insbesondere einen IGBT, bevorzugt zwei IGBTs, umfasst, wobei der Schalter äußerst bevorzugt eingerichtet ist, Schaltzustände gemäß der nachfolgend wiedergegebenen Tabelle einzunehmen,

Betr. Zust.						1. HB						2. HB						3. HB						
	U_R1	U_R2	U_R3	S_B1	S_B2	T1	T2	T2a	T3	T3a	T4	T5	T6	T6a	T7	T7a	T8	T9	T10	T10a	T11	T11a	T12	
I	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			1		1				1		1						1	D			
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			1		1						1	D						1	D		
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			1		1						1	D			1			1			
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u					1	D					1	D			1			1			
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u					1	D			1		1		1		1			1			
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u					1	D			1		1		1		1			1	D		

II	1/3 u	1/3 u	-2/3 u																				1	1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u																				1	1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u																				1	D
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u								1	1											1	D
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u								1	1											1	D
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u								1	1											1	1
III	1/3 u	1/3 u	-2/3 u	D	1	1		1				1		1									1	1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u	D	1	1		1							1	1							1	1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u	D	1	1		1							1	1		1			1		1	
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u	D	1						1	1						1			1		1	
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u	D	1						1	1		1		1		1			1		1	
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u	D	1						1	1		1		1		1			1		1	
IV	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			1		1	1	D		1		1	1	D				1	D		1	1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			1		1	1	D			1	D		1	1			1	D		1	1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			1		1	1	D			1	D		1	1	1		1		1	1	D
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u					1	D		1	1		1	D		1	1	1	1		1	1	D
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u					1	D		1	1	1		1	1	D	1		1		1	1	D
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u					1	D		1	1	1		1	1	D			1	D		1	1

in welcher

- „I“ für einen ersten Betriebszustand, in welchem die Anordnung lediglich mit einer am ersten Anschluss (**2**) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) betrieben wird,
- „II“ für einen zweiten Betriebszustand, in welchem die Anordnung lediglich mit einer am zweiten Anschluss (**3**) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird,

- „III“ für einen dritten Betriebszustand, in welchem die Anordnung mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) in Reihe mit einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird,
- „IV“ für einen vierten Betriebszustand, in welchem die Anordnung mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) in Reihe mit einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird,
- „1. HB“ für eine erste Halbbrücke des Multilevel-Inverters,
- „2. HB“ für eine zweite Halbbrücke, sofern vorhanden, des Multilevel-Inverters,
- „3. HB“ für eine dritte Halbbrücke, sofern vorhanden, des Multilevel-Inverters,
- „U_R1“ für eine erste Spannung am dritten Anschluss (4) für einen ersten Strang der elektrischen Maschine (1),
- „U_R2“ für eine zweite Spannung am dritten Anschluss (4) für einen zweiten Strang, sofern vorhanden, der elektrischen Maschine (1),
- „U_R3“ für eine dritte Spannung am dritten Anschluss (4) für einen dritten Strang, sofern vorhanden, der elektrischen Maschine (1),
- „S_B1“ für einen Schaltzustand eines ersten IGBTs, sofern vorhanden, im steuerbaren Schalter,
- „S_B2“ für einen Schaltzustand eines zweiten IGBTs, sofern vorhanden, im steuerbaren Schalter,
- „1“ für einen leitenden Zustand,
- „D“ für einen Betrieb einer Diode als Freilaufdiode,
- „T1“ bis „T12“ für die Schalter der Halbbrücken – soweit vorhanden – des Multilevel-Inverters und
- „u“ für eine maximale Spannung am dritten Anschluss (4) steht.

4. Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei

- in mindestens einem Brückenweig des Multilevel-Inverters eine Induktivität (L) vorgesehen ist, welche insbesondere
- zwischen dem ersten Anschluss (2) für die erste Spannungsquelle (B1) und dem dritten Anschluss (4) für die elektrische Maschine (1) und/oder
- zwischen dem zweiten Anschluss (3) für die zweite Spannungsquelle (B2) und dem dritten Anschluss (4) für die elektrische Maschine (1) angeordnet ist.

5. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, wobei die Anordnung eingerichtet ist, vordefinierte Schalter des Multilevel-Inverters getaktet zu betreiben.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Anordnung eingerichtet ist, das getaktete Betreiben der vordefinierten Schalter gemäß der nachfolgend wiedergegebenen Tabelle vorzunehmen,

		1. HB				2. HB				3. HB														
Betr. Zust.	U_R1	U_R2	U_R3	T_B1	T_B2	T1	T2	T2a	T3	T3a	T4	T5	T6	T6a	T7	T7a	T8	T9	T10	T10a	T11	T11a	T12	
I	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			1		1				1		1					1	D				
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			1		1					1	D					1	D				
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			1		1					1	D				1		1				
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u					1	D				1	D				1		1				
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u					1	D			1		1				1		1				
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u					1	D			1		1				1		1	D			

II	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			1 D		1 D		1 1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			1 D		1 1		1 1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			1 D		1 1		1 D
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u			1 1		1 1		1 D
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u			1 1		1 D		1 D
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u			1 1		1 D		1 1
III	1/3 u	1/3 u	-2/3 u	D	1	1 1		1 1		1 1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u	D	1	1 1		1 1		1 1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u	D	1	1 1		1 1	1 1	
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u	D	1	1 1		1 1	1 1	
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u	D	1	1 1		1 1	1 1	
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u	D	1	1 1		1 1	1 1	
IV	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			1 1 1 D		1 1 1 D		1 D 1 1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			1 1 1 D		1 D 1 1		1 D 1 1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			1 1 1 D		1 D 1 1	1 1 1 D	
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u			1 D 1 1		1 D 1 1	1 1 1 D	
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u			1 D 1 1		1 1 1 D	1 1 1 D	
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u			1 D 1 1		1 1 1 D	1 D 1 1	
V	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			1 1 T D FDT		1 1 T D FDT		1 D 1 1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			1 1 T D FDT		1 D 1 1		1 D 1 1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			1 1 T D FDT		1 D 1 1	1 1 T D FDT	
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u			1 D 1 1		1 D 1 1	1 1 T D FDT	
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u			1 D 1 1		1 1 T D FDT	1 1 T D FDT	
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u			1 D 1 1		1 1 T D FDT	1 D 1 1	
VI	1/3 u	1/3 u	-2/3 u			T FDT 1 1 D		T FDT 1 1 D		1 D 1 1
	2/3 u	-1/3 u	-1/3 u			T FDT 1 1 D		1 D 1 1		1 D 1 1
	1/3 u	-2/3 u	1/3 u			T FDT 1 1 D		1 D 1 1	T FDT 1 1 D	
	-1/3 u	-1/3 u	2/3 u			1 D 1 1		1 D 1 1	T FDT 1 1 D	
	-2/3 u	1/3 u	1/3 u			1 D 1 1		T FDT 1 1 D	T FDT 1 1 D	
	-1/3 u	2/3 u	-1/3 u			1 D 1 1		T FDT 1 1 D	1 D 1 1	
VII	+	-	-			T FDT 1 D 1		1 D D D		1 D D D
VIII	+	-	-	T		1 1 D 1		1 D D D		1 D D D
IIIX	+	-	-			D D T D FDT		D 1 1 1		D 1 1 1
IX	+	-	-			1 D		FDT FDT T 1		D 1 1 1

in welcher

- „I“ für einen ersten Betriebszustand, in welchem die Anordnung lediglich mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) betrieben wird,
- „II“ für einen zweiten Betriebszustand, in welchem die Anordnung lediglich mit einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird,
- „III“ für einen dritten Betriebszustand, in welchem die Anordnung mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) in Reihe mit einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird,
- „IV“ für einen vierten Betriebszustand, in welchem die Anordnung mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) parallel zu einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung gleich einer am zweiten Anschluss (3) anliegenden Spannung ist,
- „V“ für einen fünften Betriebszustand, in welchem die Anordnung mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) parallel zu einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung kleiner als eine am zweiten Anschluss (3) anliegende Spannung ist,
- „VI“ für einen sechsten Betriebszustand, in welchem die Anordnung mit einer am ersten Anschluss (2) angeschlossenen ersten Spannungsquelle (B1) parallel zu einer am zweiten Anschluss (3) angeschlossenen zweiten Spannungsquelle (B2) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung größer als eine am zweiten Anschluss (3) anliegende Spannung ist,
- „VII“ für einen siebten Betriebszustand, in welchem die Anordnung zum Übertragen elektrischer Energie vom ersten Anschluss (2) zum zweiten Anschluss (3) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung größer als eine am zweiten Anschluss (3) anliegende Spannung ist,

- „VIII“ für einen achten Betriebszustand, in welchem die Anordnung zum Übertragen elektrischer Energie vom ersten Anschluss (2) zum zweiten Anschluss (3) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung kleiner als eine am zweiten Anschluss (3) anliegende Spannung ist,
- „IX“ für einen neunten Betriebszustand, in welchem die Anordnung zum Übertragen elektrischer Energie vom zweiten Anschluss (3) zum ersten Anschluss (2) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung kleiner als eine am zweiten Anschluss (3) anliegende Spannung ist,
- „X“ für einen zehnten Betriebszustand, in welchem die Anordnung zum Übertragen elektrischer Energie vom zweiten Anschluss (3) zum ersten Anschluss (2) betrieben wird, wobei im Wesentlichen eine am ersten Anschluss (2) anliegende Spannung größer als eine am zweiten Anschluss (3) anliegende Spannung ist,
- „1. HB“ für eine erste Halbbrücke des Multilevel-Inverters,
- „2. HB“ für eine zweite Halbbrücke, sofern vorhanden, des Multilevel-Inverters,
- „3. HB“ für eine dritte Halbbrücke, sofern vorhanden, des Multilevel-Inverters,
- „U_R1“ für eine erste Spannung am dritten Anschluss (4) für einen ersten Strang der elektrischen Maschine (1),
- „U_R2“ für eine zweite Spannung am dritten Anschluss (4) für einen zweiten Strang, sofern vorhanden, der elektrischen Maschine (1),
- „U_R3“ für eine dritte Spannung am dritten Anschluss (4) für einen dritten Strang, sofern vorhanden, der elektrischen Maschine (1),
- „S_B1“ für einen Schaltzustand eines ersten IGBTs im steuerbaren Schalter,
- „S_B2“ für einen Schaltzustand eines zweiten IGBTs, sofern vorhanden, im steuerbaren Schalter,
- „1“ für einen leitenden Zustand,
- „D“ für einen Betrieb einer Diode als Freilaufdiode,
- „T1“ bis „T12“ für die Schalter der Halbbrücken – soweit vorhanden – des Multilevel-Inverters,
- „u“ für eine maximale Spannung am dritten Anschluss (4),
- „FDT“ für eine Stromkommutierung über Freilaufdioden, wenn der getaktet betriebene Schalter ausgeschaltet wird,
- „+“ eine positive Gleichspannung in einem jeweiligen Strang,
- „-“ eine negative Gleichspannung in einem jeweiligen Strang
- „T“ für einen getakteten Betrieb des jeweiligen Schalters und
- „k“ für ein Tastverhältnis zum getakteten Betreiben der Schalter steht.

7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 4, 5 oder 6, wobei ein vierter Anschluss (5) als Netzanschluss zwischen der Induktivität (L) und dem dritten Anschluss (4) vorgesehen ist.

8. Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
– die elektrische Maschine (1) eine Synchronmaschine und/oder eine Traktionsmaschine für ein Fortbewegungsmittel ist.

9. Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei
– der dritte Anschluss (4) dreiphasig ausgelegt ist und die elektrische Maschine (1) eine dreiphasige Maschine ist.

10. Fortbewegungsmittel umfassend eine Schaltungsanordnung nach einem der vorstehenden Ansprüche.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

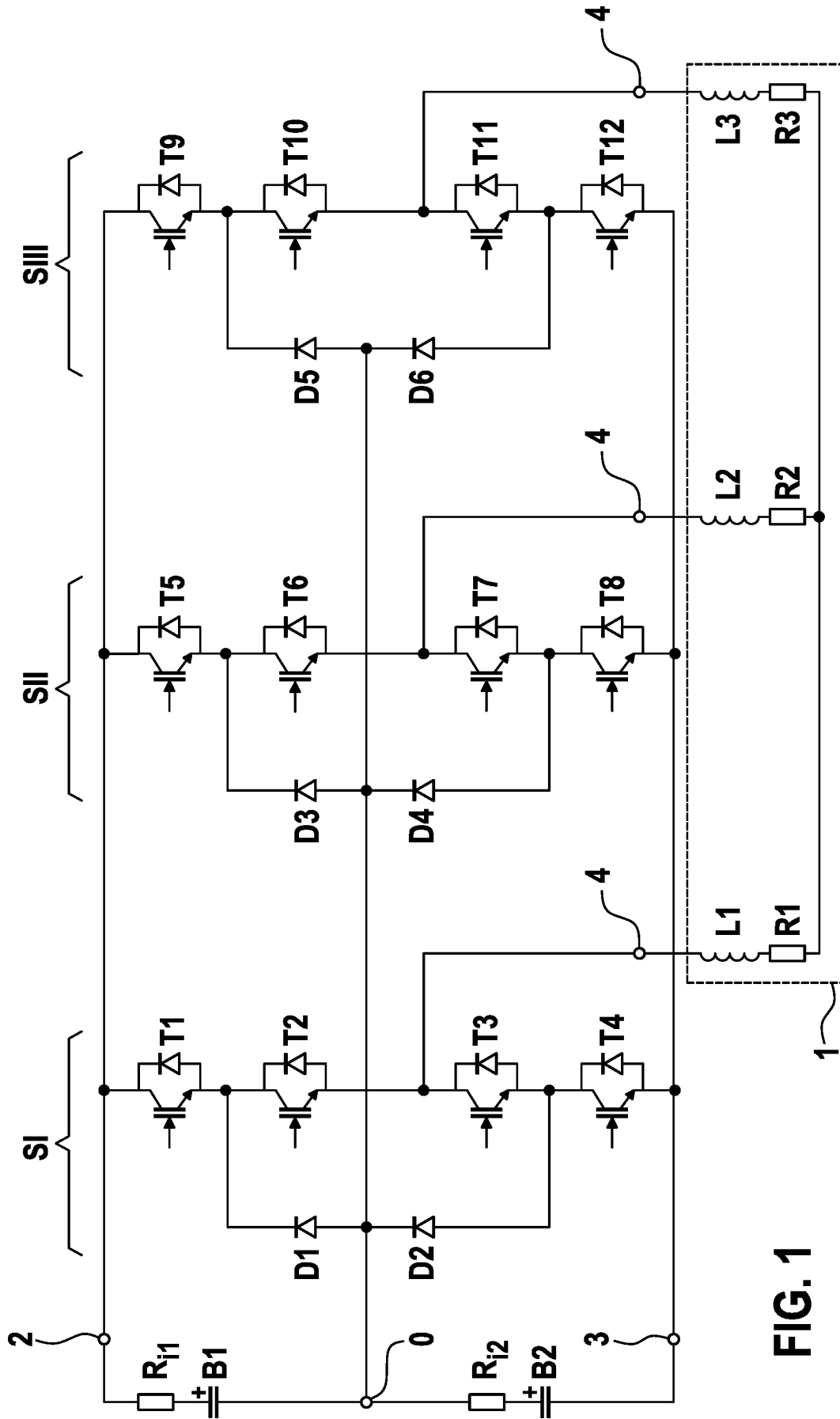


FIG. 1

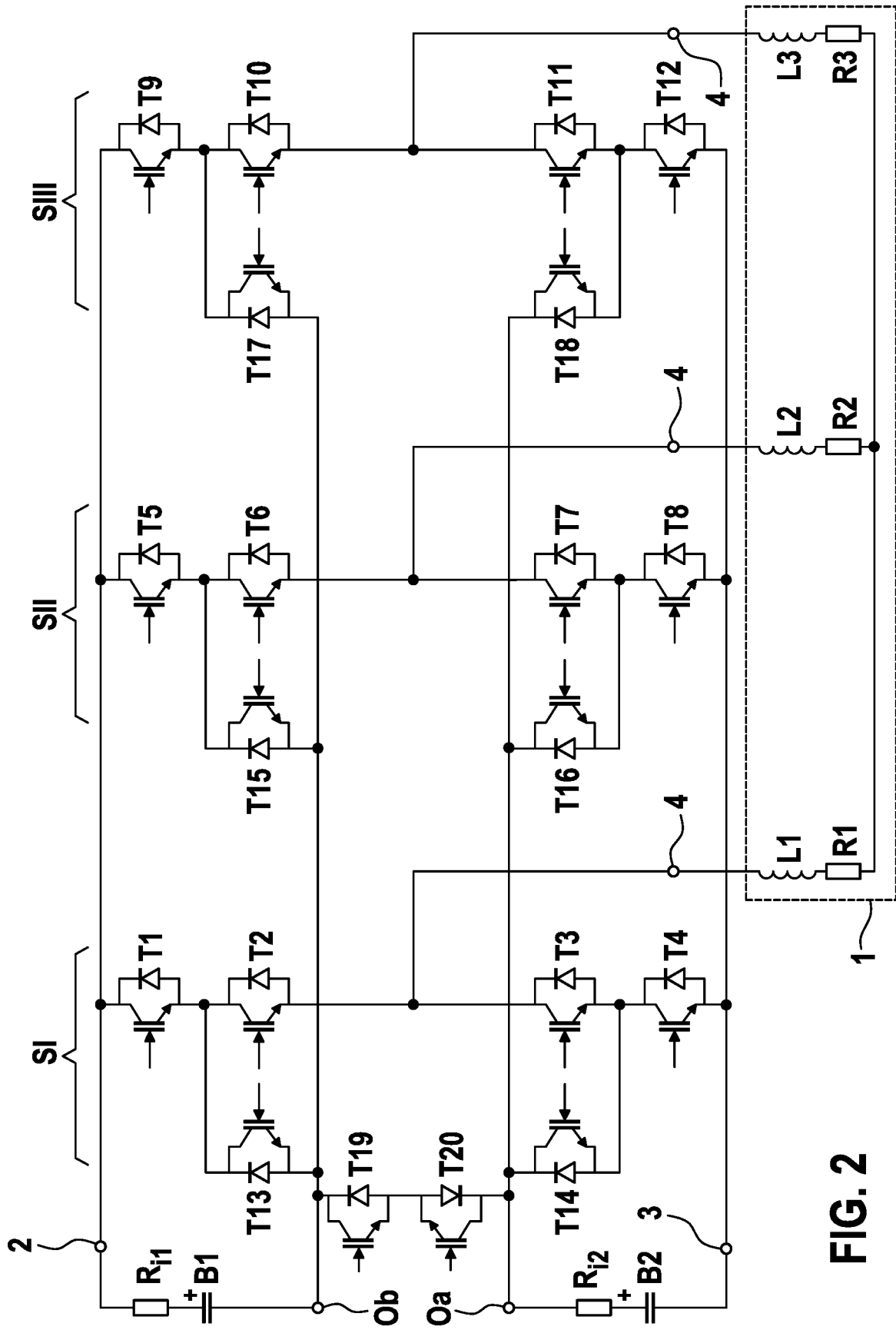


FIG. 2

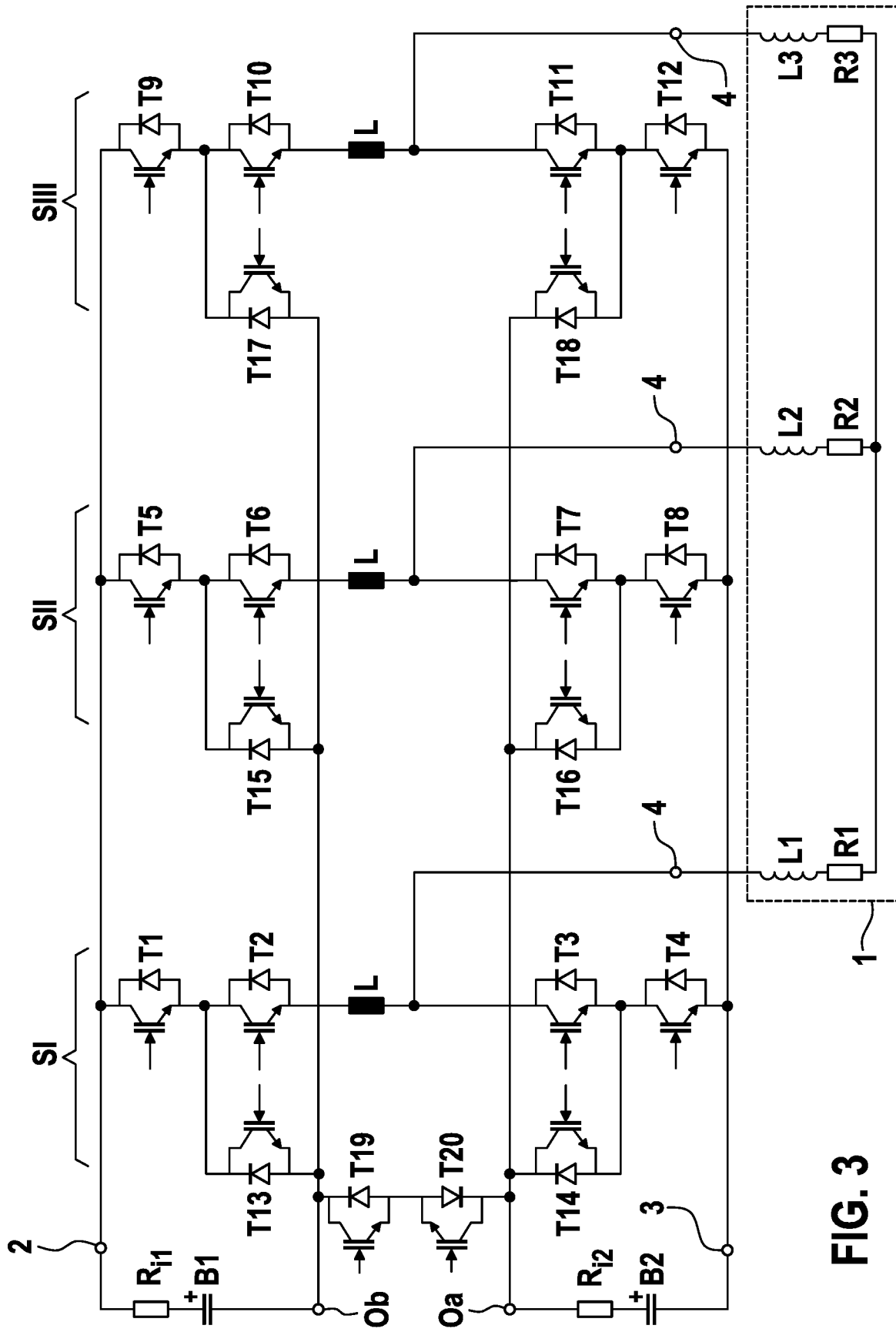


FIG. 3

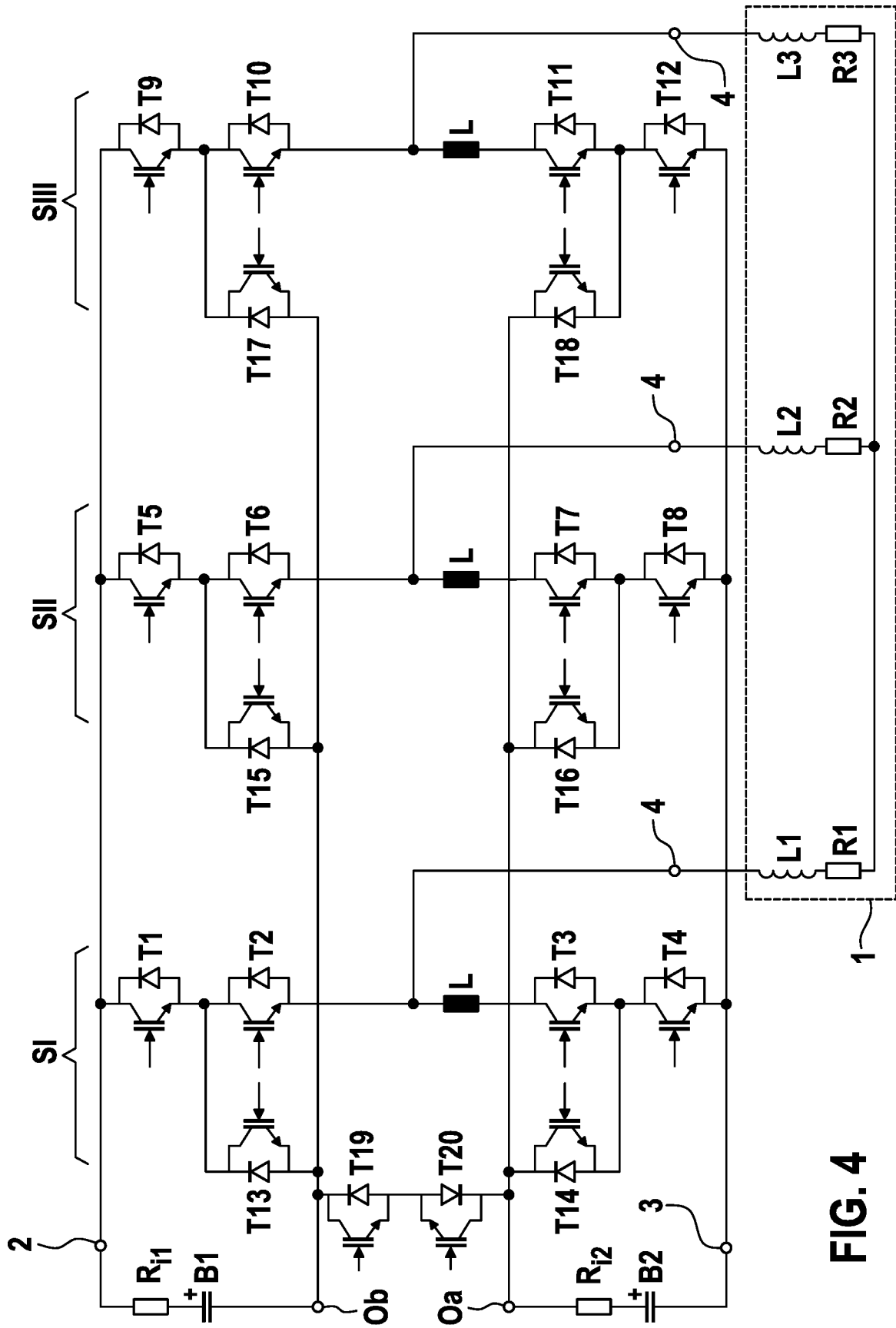


FIG. 4

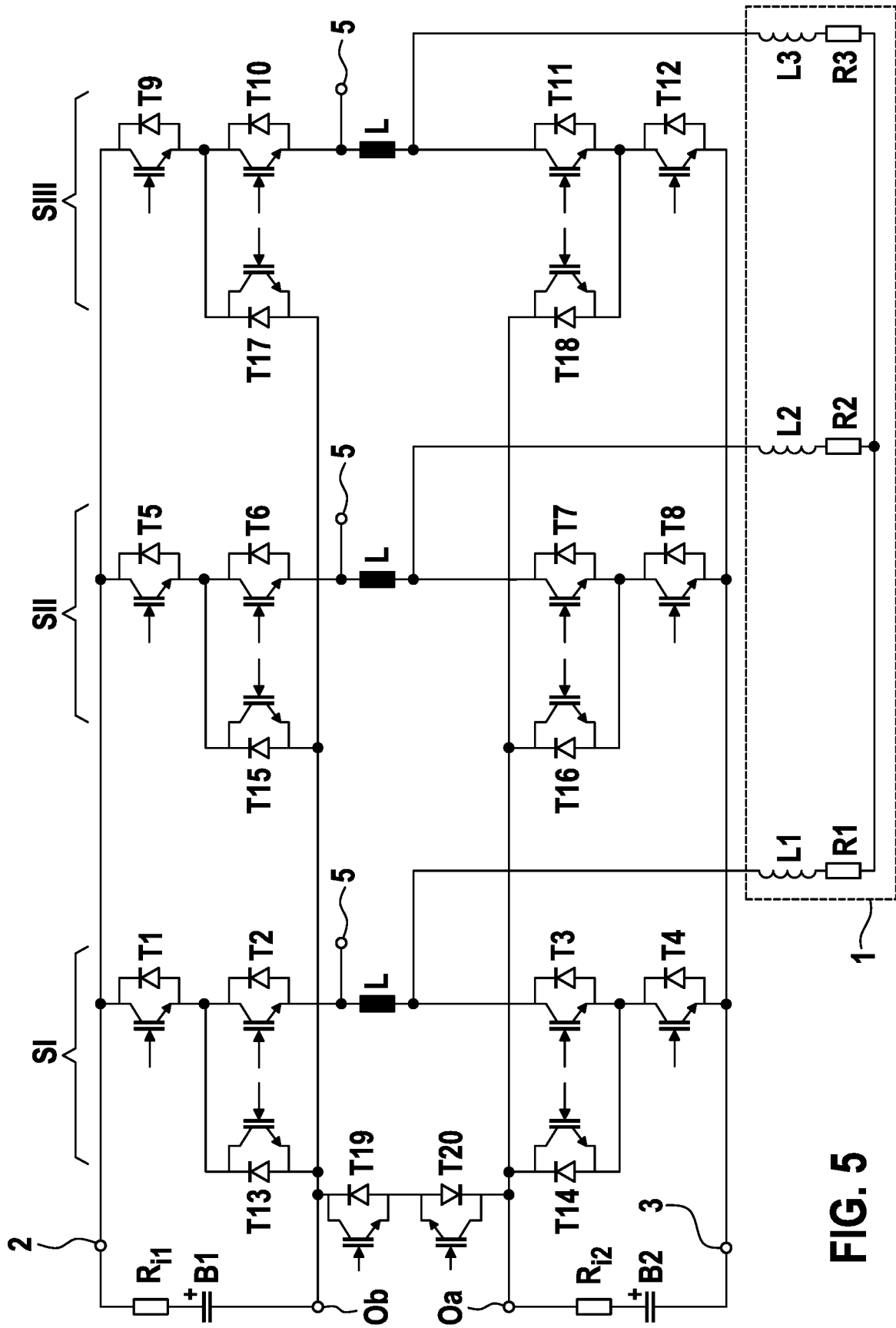


FIG. 5

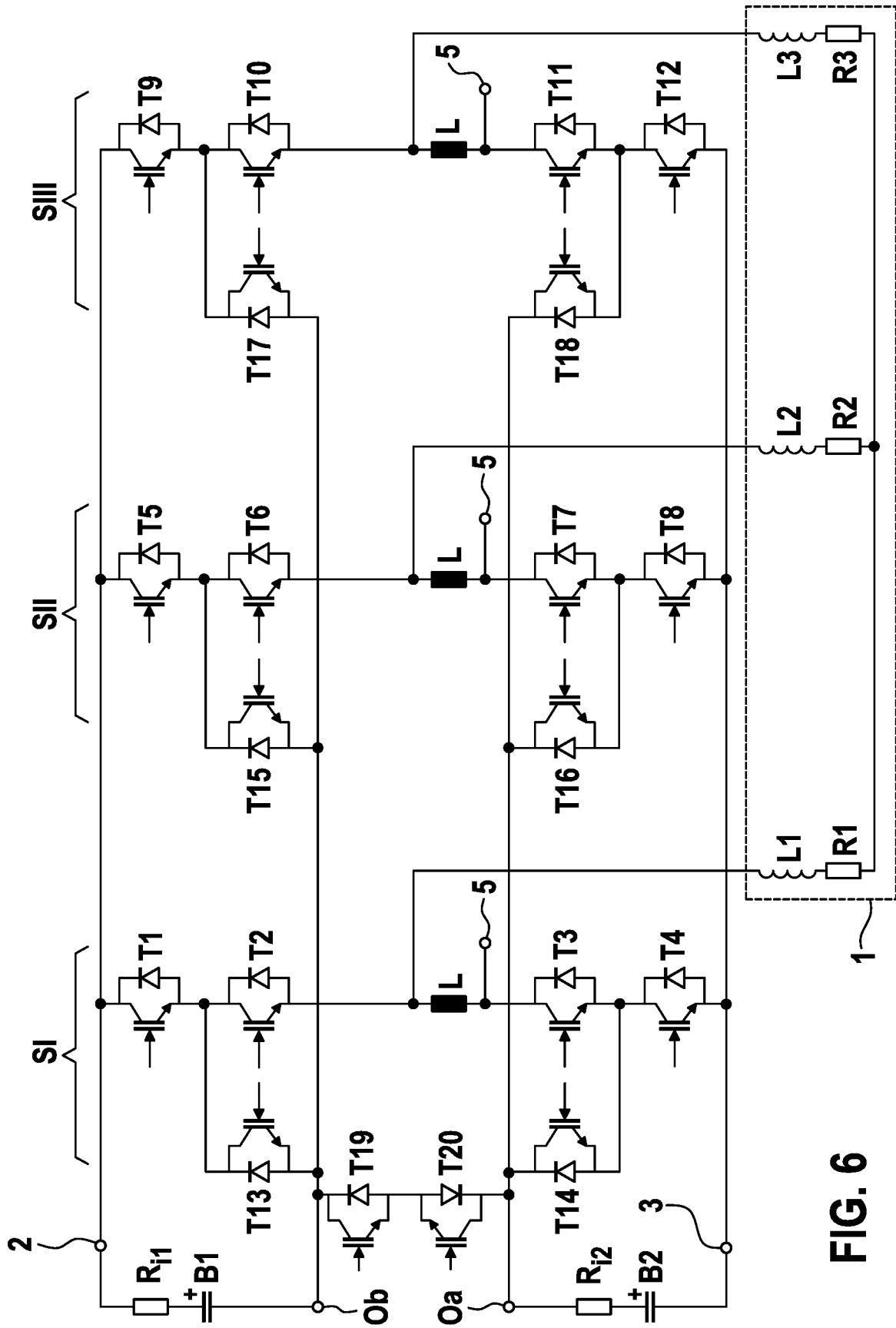


FIG. 6

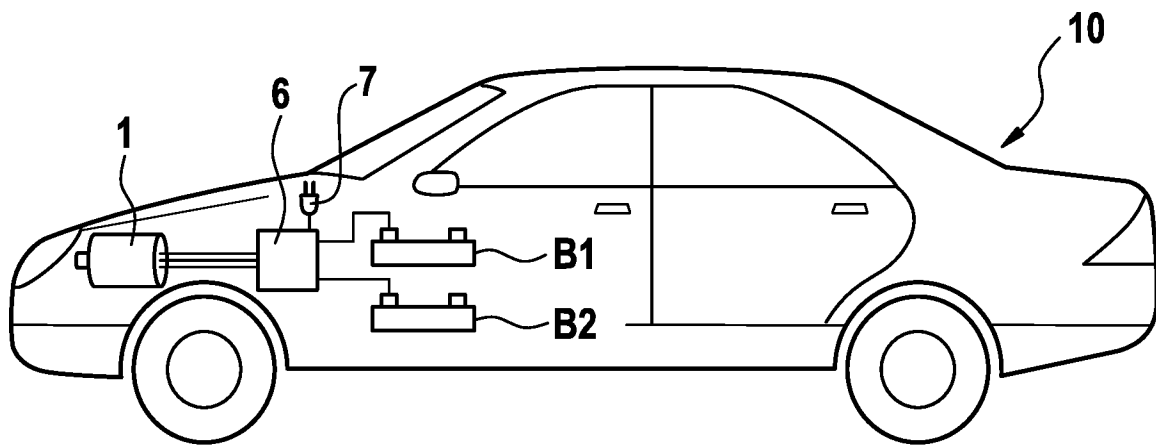


FIG. 7