



(10) **DE 10 2016 108 581 A1** 2016.11.17

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 108 581.2**  
 (22) Anmeldetag: **10.05.2016**  
 (43) Offenlegungstag: **17.11.2016**

(51) Int Cl.: **H02M 1/34 (2007.01)**

(30) Unionspriorität:  
**14/709,095**      **11.05.2015**      **US**

(71) Anmelder:  
**Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE**

(74) Vertreter:  
**Kraus & Weisert Patentanwälte PartGmbB, 80539 München, DE**

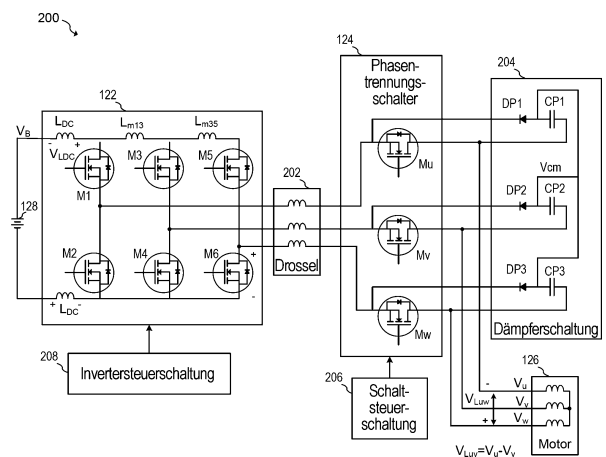
(72) Erfinder:  
**Li, Chao, Peking, CN**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren für eine mehrphasige Dämpferschaltung**

(57) Zusammenfassung: Gemäß einer Ausführungsform enthält eine Schaltung eine Dämpferschaltung, die dazu konfiguriert ist, an Ausgänge von n Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt zu sein, welche an n entsprechende induktive Lasten gekoppelt sind, wobei n eine Ganzzahl ist, die größer als Eins ist. Die Dämpferschaltung enthält n Dioden und n Kondensatoren. Jede der n Dioden ist zwischen einen entsprechenden Ausgang der n Halbbrückentreiberschaltungen und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt, und jeder der n Kondensatoren ist zwischen einen entsprechenden Ausgang der n Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt.



**Beschreibung****KURZDARSTELLUNG****TECHNISCHES GEBIET**

**[0001]** Die vorliegende Anmeldung betrifft im Allgemeinen ein elektronisches Bauelement, und insbesondere ein System und Verfahren für eine mehrphasige Dämpferschaltung.

**HINTERGRUND**

**[0002]** Dreiphasige Motorsysteme sind in zahlreichen Anwendungen von allgemeinen Industriemaschinen bis zu Verwendungen in Kraftfahrzeugen, wie etwa Motoren, die zum Antreiben von Elektroautos benutzt werden oder andere Kraftfahrzeugfunktionalität bereitstellen, wie etwa Servolenkung, allgegenwärtig. Dreiphasige Motoren sind im Allgemeinen sehr effizient, vibrieren weniger und halten länger als einphasige Motoren mit derselben Leistung unter ähnlichen Lastbedingungen. Zum Betreiben eines dreiphasigen Motors unter Nutzung einer GS-Leistungsquelle oder einer einphasigen WS-Leistungsquelle werden jedoch dreiphasige Signale erzeugt, um jede Phase des dreiphasigen Motors zu steuern und mit Leistung zu versorgen.

**[0003]** Eine übliche Art und Weise zum Erzeugen von jeder der drei Phasen ist das Erzeugen von jeder der drei Phasen unter Benutzung einer Reihe von elektronischen Schaltern, die unter Benutzung eines pulsbreitenmodulierten Signals ein- und ausgeschaltet werden, das eine Einschaltdauer oder Impulsdichte aufweist, die proportional zu jeder der drei Phasen ist. Beispielsweise kann jede der drei Phasen unter Benutzung eines Halbbrückenschaltwerks erzeugt werden, das an eine jeweilige Phase des dreiphasigen Motors gekoppelt ist. Dementsprechend kann die Drehzahl des Motors durch Anpassen des pulsbreitenmodulierten Signals an den Motor gesteuert werden. Derartige Halbbrückenschaltwerke werden typischerweise unter Benutzung von Halbleiterschaltwerken implementiert, wie etwa BJT, MOSFET und/oder IGBT. Da die Eingangsimpedanz eines Motors jedoch im Allgemeinen induktiv ist, können Hochspannungsschalttransienten aus der Schalttätigkeit der Schaltnetze von Phasenerzeugungsschaltungen resultieren. Im Allgemeinen werden Schaltungen, wie etwa Dämpferschaltungen (im Englischen „snubber circuits“), die Kondensatoren, Dioden und/oder andere Bauteile enthalten, zum Verringern der Größenordnung derartiger Spannungstransienten benutzt, um Beschädigung empfindlicher Halbleiterbauteile zu verhindern und hohe Effizienz aufrechtzuerhalten.

**[0004]** Es ist eine Aufgabe, verbesserte Möglichkeiten bereitzustellen, derartige Transienten zu unterdrücken oder zu reduzieren.

**[0005]** Es werden eine Schaltung nach Anspruch 1, eine Motorantriebsschaltung nach Anspruch 16 sowie ein Verfahren nach Anspruch 21 bereitgestellt. Die Unteransprüche definieren weitere Ausführungsformen.

**[0006]** Gemäß einer Ausführungsform enthält eine Schaltung eine Dämpferschaltung, die dazu konfiguriert ist, an Ausgänge von  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt zu sein, welche an  $n$  entsprechende induktive Lasten gekoppelt sind, wobei  $n$  eine ganze Zahl ist, die größer als Eins ist. Die Dämpferschaltung enthält  $n$  Dioden und  $n$  Kondensatoren. Jede der  $n$  Dioden ist zwischen einem entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und einem schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt, und jeder der  $n$  Kondensatoren ist zwischen einem entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und dem schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt. „Entsprechend“ kann hier und in den Ansprüchen „jeweils zugeordnet“ bedeuten.

**KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

**[0007]** Zum vollständigeren Verständnis der vorliegenden Erfindung und ihrer Vorteile wird nun auf die folgenden Beschreibungen in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen Bezug genommen; es zeigen:

**[0008]** Fig. 1a–Fig. 1c beispielhafte mehrphasige Systeme;

**[0009]** Fig. 2a–Fig. 2f Ausführungsformen von dreiphasigen Systemen mit einem Dämpfer und Phasentrennungsschaltern;

**[0010]** Fig. 3 ein dreiphasiges System, das einen Dämpfer und Phasentrennungsschalter aufweist, mit Antriebs- und Schutzschaltungen;

**[0011]** Fig. 4a und Fig. 4b Ausführungsformen von integrierten Phasentrennungsschaltungen, und Fig. 4c ein dreiphasiges System, das Ausführungsformen von integrierten Phasentrennungsschaltungen nutzt;

**[0012]** Fig. 5a–Fig. 5d Stromversorgungssysteme mit Ausführungsformen von Dämpferschaltungen;

**[0013]** Fig. 6 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines Verfahrens; und

**[0014]** Fig. 7a eine schematische Darstellung eines herkömmlichen dreiphasigen Systems während eines transienten Stromereignisses, und Fig. 7b eine schematische Darstellung einer Ausführungsform ei-

nes dreiphasigen Systems während eines transienten Stromereignisses.

**[0015]** Entsprechende Bezugszeichen in verschiedenen Figuren entsprechen im Allgemeinen entsprechenden Teilen, soweit nicht anderweitig angegeben. Die Figuren sind zum deutlichen Darstellen der relevanten Aspekte der bevorzugten Ausführungsformen gezeichnet und daher nicht notwendigerweise maßstabsgetreu. Zur deutlicheren Darstellung bestimmter Ausführungsformen kann ein Buchstabe, der Variationen derselben/desselben Struktur, Materials oder Verfahrensschritts anzeigt, einer Figurenzahl nachgestellt sein.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VERANSCHAULICHENDER AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0016]** Herstellung und Benutzung der derzeit bevorzugten Ausführungsformen sind untenstehend detailliert beschrieben. Es versteht sich jedoch, dass die vorliegende Erfindung zahlreiche anwendbare erfinderische Konzepte vorsieht, die in vielerlei spezifischen Zusammenhängen verwirklicht werden können. Die besprochenen spezifischen Ausführungsformen stellen lediglich spezifische Arten und Weisen zum Herstellen und Benutzen der Erfindung dar und schränken den Schutzzumfang der Erfindung nicht ein.

**[0017]** Die vorliegende Erfindung wird bezüglich der bevorzugten Ausführungsformen in einem spezifischen Zusammenhang beschrieben, einem System und Verfahren für eine Dämpferschaltung in einer dreiphasigen Motortreiberschaltung. Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können auch in anderen mehrphasigen Schaltungen Anwendung finden, darunter u.a. Generatoren, Beleuchtungssystemen, mehrphasigen Stromversorgungen, Schaltnetzgeräten und elektrischen Stromerzeugungssystemen.

**[0018]** In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Dämpferschaltung unter Benutzung eines Netzwerks von Dioden und Kondensatoren implementiert, die verschiedene Phasen eines Systems über eine Diode und einen Kondensator an einen schwebenden gemeinsamen Knoten koppeln. Während mehrphasigen Betriebs werden die verschiedenen Kondensatoren regelmäßig geladen und entladen. In manchen Ausführungsformen kann eine stabile Spannung relevanter Kondensatoren nach dem Laden und Entladen im Voraus berechnet und/oder gut definiert werden. Das Dämpfernetzwerk sieht einen freilaufenden Weg für induktive Entladung vor, die an einer oder mehreren Phasen des Systems auftreten kann. Während eines induktiven Entladungsereignisses kann ein Anteil der oder die gesamte Energie zunächst zu Kondensatoren der

Dämpferschaltung überführt werden. In Ausführungsformen kann die Dämpferschaltung unabhängig an eine mehrphasige Schaltung gekoppelt sein oder in Verbindung mit Phasentrennungsschaltern benutzt sein.

**[0019]** Wenn eine Ausführungsform der Dämpferschaltung in Verbindung mit Phasentrennungsschaltern benutzt wird, sieht die Dämpferschaltung ferner einen Freilaufweg für induktive Ströme vor, wenn die Phasentrennungsschalter geöffnet werden. In manchen Ausführungsformen kann eine Schutzschaltung an die Phasentrennungsschalter gekoppelt sein, die die Phasentrennungsschalter öffnet, wenn ein Fehler erkannt ist. Diese Phasentrennungsschalter können aus Sicherheitsgründen gleichzeitig geöffnet werden, wenn in einem Notfall die Inverterstufe vom Motor getrennt wird. Die Phasentrennungsschalter können außerdem zum Implementieren eines Strombegrenzungsmodus zum Schutz gegen Strom geöffnet werden, der im Falle einer Fehlfunktion des Systems durch die Phasentrennungsschalter fließt.

**[0020]** Fig. 1a stellt ein beispielhaftes dreiphasiges Stromversorgungssystem **100** dar, das eine einphasige WS-Netzzeitungsspannung zur Versorgung einer dreiphasigen Last **106** benutzt. Wie gezeigt, enthält das System **100** einen WS/GS-Wandler **102**, der die einphasige WS-Netzzeitungsspannung in eine GS-Spannung umwandelt, und einen Phasengenerator **104**, der die GS-Spannung, die durch den WS/GS-Wandler **102** erzeugt wurde, in Phase  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  und  $\phi_3$  zum Versorgen der dreiphasigen Last **106** umwandelt. Der WS/GS-Wandler **102** kann beispielsweise unter Benutzung von verschiedenen bekannten Schaltnetzgeräteeichitekturen zum Umwandeln einer WS-Netzzeitungsspannung in eine GS-Spannung implementiert sein. Beispielsweise kann der WS/GS-Wandler **102** einen Diodenbrückengleichrichter gefolgt von einem Schaltsperrwandler enthalten. Der Phasengenerator **104** kann demgegenüber unter Benutzung von Ausführungsformen von Phasenerzeugungsschaltungen, die hierin beschrieben sind, implementiert sein.

**[0021]** Fig. 1b stellt ein weiteres beispielhaftes Stromversorgungssystem **110** dar, das eine Batterie **112** zum Versorgen des dreiphasigen Motors **114** benutzt. Wie gezeigt erzeugt die Batterie **112** eine GS-Spannung, aus der der Phasengenerator **104** die Phasen  $\phi_1$ ,  $\phi_2$  und  $\phi_3$  für den dreiphasigen Motor **114** erzeugt. Ein System wie etwa das Stromversorgungssystem **110** kann beispielsweise in einem KFZ-System zum Versorgen eines Elektromotors mit Strom benutzt werden. Alternativ kann das Stromversorgungssystem **110** zum Versorgen von anderen Arten von dreiphasigen Lasten neben einem Elektromotor mit Strom geeignet sein.

**[0022]** Fig. 1c stellt ein herkömmliches dreiphasiges System **120** dar, das Strom von einer Batterie **128** zum Versorgen des dreiphasigen Motors **126** mit Strom benutzt. Wie gezeigt enthält das herkömmliche dreiphasige System **120** eine dreiphasige Brücke **122** gefolgt von Phasentrennungsschaltern **124** vor dem dreiphasigen Motor **126**. Während des Betriebs wird die Spannung jeder Phase, die dem dreiphasigen Motor **126** zugeführt wird, durch Zuführen von pulsbreitenmodulierten Schaltsignalen zu jeweiligen Invertern in der dreiphasigen Brücke **122** erzeugt. Beispielsweise wird eine erste Phase durch Zuführen von Schaltsignalen zum Transistor M1 und Transistor M2 erzeugt, eine zweite Phase durch Zuführen von Schaltsignalen zum Transistor M3 und M4 erzeugt und eine dritte Phase durch Zuführen von Schaltsignalen zu einem Transistor M5 und M6 erzeugt. Derartige Schaltsignale können unter Benutzung eines Pulsbreitenmodulators (nicht gezeigt) unter Benutzung herkömmlicher dreiphasiger Erzeugungstechniken erzeugt werden.

**[0023]** Die Phasentrennungsschalter **124** enthalten Transistoren Mu, Mv und Mw, die den dreiphasigen Motor **126** von der dreiphasigen Brücke **122** isolieren, wenn die Transistoren Mu, Mv und Mw ausgeschaltet sind, und einen Leitungsweg vorsehen, wenn die Transistoren Mu, Mv und Mw ausgeschaltet sind. Der Gebrauch derartiger Trennschalter wird beispielsweise zum Erfüllen solcher Standards wie ISO26262 benutzt, der ein funktioneller Sicherheitsstandard für elektrische und elektronische Kraftfahrzeugsysteme ist. Durch Benutzung der Phasentrennungsschalter **124** kann im Falle eines Notfalls, wie etwa einer Inverterfehlfunktion, die dreiphasige Brücke **122** vom dreiphasigen Motor **126** isoliert werden. Im Allgemeinen können die drei Transistoren Mu, Mv und Mw unter Benutzung von Transistoren wie etwa MOSFET, IGBT oder anderen Transistoren implementiert werden, die zwischen drei Arme von Dreiphasenbrücken und dreiphasigen Wicklungen des Motors **126** gekoppelt sind, wie in Fig. 1c gezeigt. Jeder elektronische Schalter ist mit einer jeweiligen Phase des Motors in Reihe geschaltet.

**[0024]** Während des Betriebs macht die Induktanz des dreiphasigen Motors **126** sowie andere Schaltungsinduktanz das herkömmliche dreiphasige System **120** anfällig für Spannungsüberhöhung innerhalb verschiedener Knoten des Systems. Eine derartige Spannungsüberhöhung wird durch den Motorinduktor beim Ausschalten des elektronischen Schalters mit Strom erzeugt. Die anormale Spannungsüberhöhung kann das Abschaltverhalten der verschiedenen elektronischen Schaltungen innerhalb des herkömmlichen dreiphasigen Systems **120** verschlechtern und Leistungsverlust erhöhen, wenn die verschiedenen Schalter ausgeschaltet werden. In manchen Fällen können die verschiedenen Transistoren im dreipha-

sigen Motor **126** aufgrund hoher transienter Ströme und Spannungen zerstörungsanfällig sein.

**[0025]** Um die Auswirkungen großer Transienten abzuschwächen, ist eine Dämpferschaltung mit Dioden D1, D2, D3 und D4 zwischen den Ausgang der Phasentrennungsschalter **124** und die Stromversorgungsspannung  $V_B$  gekoppelt. Während einer Transiente an den Eingangsknoten des dreiphasigen Motors **126** sehen die Dioden D1, D2, D3 und D4 einen Freilaufweg für induktive Ströme vor und begrenzen die Spannung am Eingang des dreiphasigen Motors **126** auf zwei Diodenabfälle über der Spannungsschiene  $V_B$ . Bei manchen praktischen Anwendungen kann die Diode D1 unter Benutzung eines Diodenmoduls mit einer Anzahl von in Reihe geschalteten Dioden implementiert sein, da die Phasentrennungs-MOSFETS nicht dazu imstande sein könnten, den Freilaufstrom des Motors im elektrischen oder dynamoelektrischen Modus zu unterbrechen, sobald jeglicher der drei oberen MOSFETS der Inverterbrücke geschlossen ist. Jeglicher zweiphasiger Freilaufstrom des Motors kann durch den Dämpferweg kurzgeschlossen werden, wenn die gemeinsame Diode eine Diodenspannung von nur ungefähr 0,6 V aufweist. Normalerweise schalten die Phasentrennungs-MOSFETS ab, wenn eine Fehlfunktion erkannt ist, um zu verhindern, dass Strom zwischen Phasen fließt. Jedoch kann der Strom, der durch einen dynamoelektrischen Modus erzeugt ist, durch den Dämpferweg einfließen und effektiv einen Kurzschluss erzeugen, wenn die Diode nur eine kleine Vorwärtsspannung aufweist. Da das Verhindern einer blockierten Lenkung ein Sicherheitsziel für elektronische Servolenkung (EPS) ist, sind derartige Systeme zum Verhindern oder Abschwächen der Auswirkung eines derartigen Kurzschlusses ausgelegt. Bei einem Beispiel eines derartigen Systems weist das Diodenmodul, das die Diode D1 implementiert, eine Vorwärtsspannung im Bereich von ungefähr 8 bis 18 V auf.

**[0026]** Zudem kann in manchen Systemen die Speisespannung  $V_B$  im Bereich von ungefähr 8 V bis ungefähr 18 V liegen, was eine beträchtliche Spannung ist. Demgemäß können derartige Transiente eine erhebliche Menge an Leistung verbrauchen. Aufgrund der mitgeteilten hohen Spannungen kann die Diode D1 eine große Geometrie aufweisen, um eine blockierte Lenkung, beispielsweise wenn der Fahrer das Rad manuell dreht, in Motorsystemen zu vermeiden, die für KFZ-Servolenkung benutzt werden.

**[0027]** Fig. 2a stellt ein dreiphasiges System **200** gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. Ähnlich der Ausführungsform, die in Fig. 1c gezeigt ist, enthält das dreiphasige System **200** die dreiphasige Brücke **122**, die Phasentrennungsschalter **124** und den dreiphasigen Motor **126**. Zudem enthält das dreiphasige System **200** eine dreiphasige

Dämpferschaltung **204**, die die Dioden DP1, DP2 und DP3 und Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 enthält, die an die Phasentrennungsschalter **124** gekoppelt sind. Wie gezeigt, sind die Anoden der Dioden DP1, DP2 und DP3 und eine Platte jedes Kondensators CP1, CP2 und CP3 an einen schwebenden gemeinsamen Knoten  $V_{cm}$  gekoppelt. Antriebssignale für die dreiphasige Brücke **122** werden durch die Invertersteuerschaltung **208** vorgesehen, und Antriebsignale für die Phasentrennungsschalter **124** werden durch die Schaltsteuerschaltung **206** vorgesehen. Optionale Drosselinduktoren **202** können ebenfalls enthalten sein, um das Schalten auf Strom zu unterdrücken, der von der dreiphasigen Brücke **122** gesehen wird, wenn höhere Kapazitätswerte für die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 für die dreiphasige Dämpferschaltung **204** benutzt werden.

**[0028]** Während des Betriebs werden die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 durch die verschiedenen Inverterschalter in der dreiphasigen Brücke **122** synchron geladen. Beispielsweise wenn der Inverter innerhalb der dreiphasigen Brücke **122** den Zustand ändert, lädt und entlädt ein Paar Phasen gleichzeitig ein Paar entsprechender Kondensatoren innerhalb der dreiphasigen Dämpferschaltung **204**. Wenn beispielsweise M1 aktiv ist und M4 aktiv ist, wird der Kondensator CP1 geladen und der Kondensator CP2 entladen. Sobald der Kondensator geladen wurde, beginnt Strom durch die entsprechenden induktiven Wicklungen des dreiphasigen Motors **126** zu fließen. Schließlich erreichen die Spannungen der zugehörigen Bauteile, einen Zeitraum, nachdem der Strom durch den dreiphasigen Motor **126** fließt, einen ausgeglichenen Zustand. Kurz gesagt fließt Strom in die zugehörigen Kondensatoren und fließt dann durch den Motorinduktor, wenn entsprechende Schalter der dreiphasigen Brücke **122** eingeschaltet werden.

**[0029]** Wie oben angegeben lädt ein Kondensator, während sich ein anderer Kondensator entlädt. Tatsächlich bereitet sich der Kondensator, der entladen wird, für ein nächstes Ausschalten des jeweiligen Schalters vor, der zur selben Phase gehört. Wenn beispielsweise der Transistor M3 eingeschaltet wird und der Transistor M4 ausgeschaltet wird, lädt der Transistor M3 den Kondensator CP2 neu auf.

**[0030]** Wenn Transistoren in einer zugehörigen Phase der dreiphasigen Brücke **122** abschalten, beginnen die zugehörigen Kondensatoren der dreiphasigen Dämpferschaltung **204** sich zu entladen, da kein Freilaufstrom vom dreiphasigen Motor **126** zur dreiphasigen Brücke **122** fließt. Dann beginnt nach einer kurzen Zeit der Strom von den Induktoren des dreiphasigen Motors **126** durch die dreiphasige Brücke **122** zu fließen. Schließlich erreichen Spannungen der zugehörigen Bauteile einen ruhigen oder ausgeglichenen Punkt. Dementsprechend wird der Freilaufstrom durch die zugehörigen Kondensatoren verteilt,

wenn sich die Schalter der dreiphasigen Brücke abschalten; ein Anteil des Freilaufstroms fließt durch die Kondensatoren der dreiphasigen Dämpferschaltung **204** und ein anderer Anteil des Freilaufstroms fließt durch die dreiphasige Brücke **122**. Wieder wird während dieses Zeitraums ein Kondensator geladen, während sich ein anderer Kondensator entlädt. Die Teilenergie, die in den Motorinduktoren gespeichert ist, wird vom Motorinduktor zum ladenden Kondensator überführt.

**[0031]** In einem Beispiel kann, wenn der Transistor M6 ausschaltet, die Ausschaltspannung  $V_{M6}$  von M6 wie folgt berechnet werden:

$$V_{M6} = V_{LDC} + V_B + V_{LDC} + V_{Luw},$$

wobei  $V_{LDC}$  Spannung über der Streuinduktivität zwischen der Batterie **128** und der dreiphasigen Brücke **122** ist,  $V_B$  die GS-Spannung der Batterie **128** ist und  $V_{Luw}$  die EMF-Spannung ist, die durch den Motorinduktor erzeugt wird, wenn der Schalter M6 ausschaltet. In einer Ausführungsform werden  $V_{LDC}$  und  $V_B$  nicht durch die dreiphasige Dämpferschaltung **204** beeinflusst, wobei sich jedoch die Anstiegszeit der Spannung  $V_{Luw}$  verhältnismäßig länger ändert, als sie dies ohne die Dämpferschaltung täte, da zwei Dämpferkondensatoren, die mit den Phasen des dreiphasigen Motors **126** entsprechend den Transistoren Mu und Mw parallel verbunden sind, die potentiell steile Anstiegsflanke von  $V_{Luw}$  unterdrücken. Das synchrone Vorhandensein der dreiphasigen Dämpferschaltung **204** verringert ferner den Spitzenwert der  $V_{Luw}$ , die durch die Streuinduktivitäten Lm13 und Lm35 beeinflusst sind, weil sich der Strom, der durch Lm13 und Lm35 fließt, weniger ändert, da ein Anteil des Stroms durch die entsprechenden Kondensatoren der dreiphasigen Dämpferschaltung **204** fließt. Eine ähnliche Analyse könnte zum Ausschalten der restlichen Transistoren M1, M2, M3, M4 und M5 durchgeführt werden. Dementsprechend kann die dreiphasige Dämpferschaltung **204** das Ausschaltverhalten der dreiphasigen Brücke **122** verbessern und die Überhöhungsspannungen der verschiedenen Knoten innerhalb des dreiphasigen Systems **200** verringern.

**[0032]** Eine verwandte Analyse kann außerdem dahingehend durchgeführt werden, was passiert, wenn Mu, Mv und/oder Mw innerhalb der Phasentrennungsschalter **124** ausgeschaltet werden, während Strom durch den dreiphasigen Motor **126** fließt. Nachdem die Phasentrennungstransistoren Mu, Mv und Mw abschalten, ändert sich die EMF-Spannung  $V_u$  der Phase u und die EMF-Spannung  $V_v$  der Phase v auf einen bestimmten Spannungspegel  $V_{Luv}$ , der den Freilaufstrom am Fließen hält und den Kondensator durch eine Quelle lädt, die aus der  $V_{Luv}$  und der Batterie **128**, in Reihe gekoppelt, gebildet ist. Nachdem die Spannung  $V_{Luv}$  durch die Dioden in der dreiphasigen

Dämpferschaltung **204** durch die Body-Dioden von Mu, Mv und/oder Mw oder durch zusätzliche Schaltungen wie einen Varistor (siehe **Fig. 2e**) abgeklemmt ist, wird Energie durch die Motorphasenwicklungen oder die Varistoren selbst freigegeben. In manchen Ausführungsformen ist die Klemmspannung der verschiedenen Bauteile innerhalb des dreiphasigen Systems **200** höher als die Höchstspannung der Batterie **128**.

**[0033]** In einer Ausführungsform springt, wenn die Phasentrennungsschalter **124** geöffnet werden, die Spannung jeder jeweiligen Phase nicht sofort auf die Klemmspannung, sondern erfährt einen allmählichen Anstieg auf die Klemmspannung. In verschiedenen Ausführungsformen kann die Anstiegszeit der Überhöhungsspannung, wenn die Phasentrennungsschalter **124** abschalten, durch Anpassen der Kapazität der Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 angepasst werden. Zudem kann in verschiedenen Ausführungsformen der dreiphasige Motor **126** unter Anwendung von verschiedenen Betriebsmodi angetrieben werden, wie etwa Permanentmagnetsynchronmotor (PMSM), bürstenlosem GS-Modus (BLDC) und anderen.

**[0034]** **Fig. 2b–Fig. 2f** stellt verschiedene alternative Ausführungsformen des dreiphasigen Systems **200** dar, das in **Fig. 2a** dargestellt ist. In **Fig. 2b** enthält ein dreiphasiges System **220** beispielsweise die Dämpferschaltung **224**, in der die Polarität der Dioden DP1, DP2 und DP3 umgekehrt wurde. Beispielsweise sind die Kathoden der Dioden DP1, DP2 und DP3 mit dem schwebenden gemeinsamen Knoten VCM statt mit ihren Anoden verbunden.

**[0035]** Das dreiphasige System **230** in **Fig. 2c** ähnelt dem System **200**, das in **Fig. 2a** gezeigt ist, mit der Hinzufügung von transienter Spannungsunterdrückungs-(TVS)Dioden T1, T2 und T3, die in der Dämpferschaltung **234** jeweils parallel an die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 gekoppelt sind. Diese Transientenunterdrückungsdioden können beispielsweise zum Klemmen der Spannung über die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 benutzt werden, wenn die Phasentrennungsschalter **124** geöffnet werden. Das dreiphasige System **240**, das in **Fig. 2d** gezeigt ist, ähnelt dem dreiphasigen System **230**, das in **Fig. 2c** gezeigt ist, außer dass die Polarität der Dioden DP1, DP2 und DP3 in der Dämpferschaltung **243** im Vergleich zur Dämpferschaltung **234** umgekehrt ist.

**[0036]** Das dreiphasige System **250** in **Fig. 2e** ähnelt dem System **200**, das in **Fig. 2a** gezeigt ist, mit der Hinzufügung von Varistoren V1, V2 und V3, die in der Dämpferschaltung **254** jeweils parallel an die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 gekoppelt sind. Diese Varistoren können beispielsweise zum Klemmen der Spannung über die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 benutzt werden, wenn die Phasentren-

nungsschalter **124** geöffnet werden. Das dreiphasige System **260**, das in **Fig. 2f** gezeigt ist, ähnelt dem dreiphasigen System **250**, das in **Fig. 2e** gezeigt ist, außer dass die Polarität der Dioden DP1, DP2 und DP3 in der Dämpferschaltung **263** im Vergleich zur Dämpferschaltung **254** umgekehrt ist.

**[0037]** Gemäß weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind weitere Schutzfunktionen bezüglich der Aktivierung der Phasentrennungsschalter vorgesehen. Wie in **Fig. 3** gezeigt, enthält das dreiphasige System **300** die dreiphasige Brücke **122**, den dreiphasigen Motor **126** und ein Phasentrennungsschaltnetzwerk, das Unterphasentrennungsvorrichtungen **302u**, **302v** und **302w** enthält. Ähnlich der Ausführungsform von **Fig. 2c** enthalten die Unterphasentrennungsvorrichtungen **302u**, **302v** und **302w** jeweils Transistoren Mu, Mv und Mw und Dämpferschaltungsdioden DP1, DP2 und DP3, Dämpferschaltungskondensatoren C1, C2 und C3 und Dämpferschaltungs-TSV-Vorrichtungen T1, T2 und T3. In einer Ausführungsform enthält jede Unterphasentrennungsvorrichtung **302u**, **302v** und **302w** ferner jeweilige Antriebs- und Schutzschaltungen **312u**, **312v** und **312w** und jeweilige Strommessschaltungen **314u**, **314v** und **314w**.

**[0038]** In einer Ausführungsform überwachen die Strommessschaltungen **314u**, **314v** und **314w** jede den Strom, der durch ihren jeweiligen Transistor Mu, Mv und Mw fließt. Jede Strommessschaltung kann beispielsweise unter Benutzung eines Reihenwiderstands, eines Stromspiegels oder anderer, auf dem Fachgebiet bekannter Stromüberwachungsschaltungen implementiert sein. Jede Stromüberwachungsschaltung **314u**, **314v** und **314w** meldet ihre Messung an ihre jeweilige Antriebs- und Schutzschaltung **312u**, **312v** und **312w**, die dazu konfiguriert sind, ihren jeweiligen Transistor im Falle einer erkannten Überspannungs- und/oder Überstrombedingung abzuschalten. In manchen Ausführungsformen vergleicht jede Antriebs- und Schutzschaltung **312u**, **312v** und **312w** ihren gemessenen Stromwert mit einer vorgegebenen Schwelle und schaltet ihren jeweiligen Transistor in Reaktion auf das Erkennen, dass der gemessene Stromwert die vorgegebene Schwelle übersteigt, ab.

**[0039]** Wie gezeigt, ist jede Antriebs- und Schutzschaltung **312u**, **312v** und **312w** über Busleitungen B1 und B2 an eine Schaltsteuerschaltung **310** gekoppelt. Jede Antriebs- und Schutzschaltung **312u**, **312v** und **312w** gibt ein Aktivsignal auf der Busleitung B2 aus, wenn eine Überstrom-, Überspannungs- oder andere Fehlerbedingung innerhalb der jeweiligen Unterphasentrennungsvorrichtung erkannt ist, und empfängt ein Aktivierungssignal von der Schaltsteuerschaltung **310** über die Busleitung B1. In manchen Ausführungsformen ist die Schaltsteuerschaltung **310** zum Deaktivieren aller Schalttransistoren

Mu, Mv und Mw konfiguriert, wenn eine der Antriebs- und Schutzschaltungen **312u**, **312v** und **312w** eine Fehlerbedingung, wie etwa eine Überstrombedingung oder eine Überspannungsbedingung, anzeigt. Die Schalt- und Steuerschaltung **310** kann alle Schalttransistoren zur gleichen Zeit abschalten, beispielsweise über die Busleitung B1. In manchen Ausführungsformen kann eine andere Busleitungsstruktur benutzt werden. Beispielsweise kann eine einzelne Leitung von den Unterphasentrennungsvorrichtungen **302u**, **302v** und **302w** geteilt werden, sodass die Deaktivierungssignale zusammen „wire-ORed“ sind. In einer Ausführungsform kann die Schaltsteuerschaltung **310** die Transistoren Mu, Mv und Mw nach Ablauf eines Zeitraums erneut aktivieren. In einer Ausführungsform wird diese Zeit durch Vergleichen einer Ausgangsspannung einer RC-Ladeschaltung mit einer Schwelle bestimmt werden.

**[0040]** In einer Ausführungsform können die Antriebs- und Schutzschaltungen **312u**, **312v** und **312w** eines oder mehrere von Überlastschutz, Strombegrenzungsschutz, Kurzschlusschutz, Übertemperaturschutz, Überspannungsschutz, schnelle Aberregung von induktiven Lasten sowie Diagnoserückmeldung vorsehen. In weiteren Ausführungsformen kann die Polarität der Dioden DP1, DP2 und DP3 umgekehrt sein, und die TSV-Schaltungen T1, T2 und T3 können weggelassen oder durch andere Bauteile wie etwa Varistoren ersetzt sein, wie in **Fig. 2a**, **Fig. 2b** und **Fig. 2c–Fig. 2f** gezeigt.

**[0041]** In einer Ausführungsform ist Fehlfunktionschutz unter Benutzung von drei Unterphasentrennungsvorrichtungen **302u**, **302v** und **302w** automatisch und unabhängig implementiert. Das bedeutet, dass die Fehlfunktionsstromschutzfunktion unabhängig vom Eingangssignal ist, das von der Invertersteuerschaltung **208** ausgeht, und nicht durch die Verzögerung dieses Eingangssignals, den Status der Invertersteuerschaltung **208** und den Status der dreiphasigen Brücke **122** beeinflusst ist. Zudem können die Transistoren Mu, Mv und Mw synchron ein- und ausgeschaltet werden, selbst während eines Strombegrenzungsmodus, sodass nach dem Ausschalten der Transistoren Mu, Mv und Mw kein kontinuierlicher Strom durch die Wicklungen des dreiphasigen Motors **126** fließt.

**[0042]** **Fig. 4** stellt einen Abschnitt einer Ausführungsform eines Unterphasentrennungssystems **400** dar, das eine integrierte Schaltung **402** enthält, die dazu konfiguriert ist, an eine Last **434** und einen externen Widerstand **432** gekoppelt zu sein. Wie gezeigt, enthält die integrierte Schaltung **402** einen Schalttransistor **414**, der durch einen Ladepumpen-, Pegelwandler- und Gleichrichterblock **422** aktiviert wird. Der Ladepumpen-, Pegelwandler- und Gleichrichterblock **422** erzeugt eine Spannung, die hoch genug ist, um den Schalttransistor **414** unter Benut-

zung von im Fachgebiet bekannten Ladepumpenversorgungsverstärkungstechniken anzutreiben.

**[0043]** Die integrierte Schaltung **402** enthält ferner verschiedene Blöcke, wie etwa eine Spannungsquelle **404**, die Leistung vom externen Stift VBB über Widerstände **412** aufnimmt und der integrierten Schaltung **402** eine interne Speisespannung zuführt. Ein Überspannungsschutzblock **406**, ein Strombegrenzungsblock **408**, ein Gateschutzblock **410** und ein Block **418** zum Begrenzen ungeklemmter induktiver Last versehen den Schalttransistor **414** mit Schutz. Ein Stromerfassungsblock **416** erfasst den Strom, der durch den Schalttransistor **414** fließt, und ein Temperatursensor **430** überwacht die Temperatur der integrierten Schaltung **402**. Wie gezeigt, ist der Ausgang des Spannungssensorblocks **424**, des Stromsensorblocks **416**, des Temperatursensorblocks **430** und des Ausgangsspannungserkennungsblocks **420** an den logischen Block **426** gekoppelt. Ein ESD-Block **428** sieht ESD-Schutz für die integrierte Schaltung **402** vor.

**[0044]** In einer Ausführungsform wird eine Fehlerbedingung, die durch einen der Blöcke auf der integrierten Schaltung **402** erkannt ist, durch Erhöhen einer Ausgangsspannung am Stift IS, der an den Widerstand **432** gekoppelt ist, signalisiert. Während einer derartigen Fehlerbedingung steigt die Spannung über dem Widerstand **432** an.

**[0045]** **Fig. 4b** stellt eine schematische Darstellung eines Abschnitts einer Unterphasentrennungsvorrichtung dar, die die oben beschriebene integrierte Schaltung **402** sowie verschiedene Bauteile  $R_{IS}$ , T2,  $C_V$ , T1 und  $R_V$  enthält, die zum Abschalten des Transistors **414** (siehe **Fig. 4a**) im Falle einer erkannten Fehlerbedingung benutzt werden können. Wie gezeigt, kommt es, wenn der Strom vom Stift IS ansteigt, zu einem Anstieg der Spannung über dem Widerstand  $R_{IS}$ . Wenn die Spannung über dem Widerstand  $R_{IS}$  die Schwellenspannung des Transistors T2 übersteigt, wird der Kondensator  $C_V$  entladen, wodurch der Transistor T1 abgeschaltet wird. Wenn die integrierte Schaltung **402** erkennt, dass die Strommenge, die durch den Stift IN fließt, unter eine vorgegebene Schwelle gefallen ist, wird der Transistor **414** (siehe **Fig. 4a**) innerhalb der integrierten Schaltung **402** abgeschaltet. Zudem wird der Zustand der integrierten Schaltung **402** bezüglich ihrer Abschaltbedingung über die Widerstände  $R_V$  signalisiert. In manchen Ausführungsformen können andere integrierte Schaltungen, die in anderen Unterphasentrennungsvorrichtungen benutzt sind, ebenfalls über ähnliche Schaltungen an den Signal-BUS gekoppelt sein. Dementsprechend können, wenn der Transistor T2 den Kondensator  $C_V$  entladen hat, andere Unterphasentrennungsvorrichtungen ebenfalls über Signalisieren auf dem Signal-BUS abgeschaltet werden. In einer Ausführungsform können der Wider-

stand  $R_V$  und der Kondensator  $C_V$  zum Bestimmen eines Zeitraums benutzt werden, in dem die integrierte Schaltung **402** über den BUS gemäß der Zeitkonstante  $R_V C_V$  reaktiviert wird.

**[0046]** Fig. 4c stellt ein dreiphasiges System **460** dar, das die dreiphasige Brückenschaltung **122** über integrierte Phasentrennungsschaltungen **402u**, **402v** und **402w** an den Motor **126** koppelt, welche wie oben bezüglich der integrierten Schaltung **402**, die in Fig. 4a und Fig. 4b gezeigt ist, implementiert sein können. Wie gezeigt, ist eine Ausführungsform eines Dämpfernetzwerks, das die Dioden DP1, DP2 und DP3 und die Kondensatoren CP1, CP2 und CP3 enthält, an die integrierten Phasentrennungsschaltungen **402u**, **402v** und **402w** gekoppelt, wie auch die TSV-Schaltungen T1, T2 und T3. In weiteren Ausführungsformen kann die Polarität der Dioden DP1, DP2 und DP3 umgekehrt sein, und die TSV-Bauteile T1, T2 und T3 können weggelassen oder durch andere Bauteile, wie etwa Varistoren, ersetzt sein, wie in Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c–Fig. 2f gezeigt.

**[0047]** Wie gezeigt, ist jeder IN-Stift der integrierten Phasentrennungsschaltungen **402u**, **402v** und **402w** über die jeweiligen Busleitungsdioden B1 und jeweilige Dioden **462**, **466** und **470** an die Schaltsteuerschaltung **310** gekoppelt, während jeder IS-Stift der integrierten Phasentrennungsschaltungen **402u**, **402v** und **402w** ferner über die jeweiligen Busleitungsdioden B2 und jeweilige Dioden **464**, **468** und **472** an die Schaltsteuerschaltung **310** gekoppelt ist. Fehlerbedingungen können über diese Dioden durch Vorsehen eines Erfassungstroms, der proportional zu einem Laststrom ist, über den Stift IS signalisiert werden. (Siehe Fig. 4a und Fig. 4b). Es versteht sich, dass die Ausführungsformen, die in Fig. 4a bis Fig. 4c dargestellt sind, nur Beispiele für zahlreiche mögliche Ausführungsformen einer Phasentrennungsschalterarchitektur sind, die ein koordiniertes Abschalten der Phasentrennungsschalter ermöglicht. In alternativen Ausführungsformen kann das dreiphasige System **460** unter Benutzung von separaten Bauteilen implementiert sein, die beispielsweise eine Stromerfassungsschaltung, die Strom erfasst, der durch die Phasentrennungsschalter fließt, eine Antriebsschaltung für die MOSFET-Vorrichtungen und Schaltungen zum Aktivieren und Deaktivieren der Phasentrennungsschalter enthalten.

**[0048]** In manchen Ausführungsformen können die Phasentrennungsschalter weggelassen sein, während eine Ausführungsform einer Dämpferschaltung Transientenunterdrückung für den Motor **126** und die dreiphasige Brücke **122** vorsieht, wie in Fig. 5a bezüglich des dreiphasigen Systems **500** gezeigt. Wie gezeigt, enthält die Ausführungsform der Dämpferschaltung die Dioden DP1, DP2 und DP3 und Kondensatoren CP1, CP2 und CP3, die an den schwebenden gemeinsamen Knoten VCM gekoppelt sind.

Der Betrieb der Ausführungsform der Dämpferschaltung erfolgt wie bezüglich der oben beschriebenen verschiedenen dreiphasigen Ausführungsformen beschrieben.

**[0049]** Es versteht sich jedoch, dass die Ausführungsformen der Systeme nicht nur auf dreiphasige Systeme beschränkt sind. In alternativen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung können Systeme mit mehr oder weniger als drei Phasen implementiert werden. Beispielsweise stellt Fig. 5b eine Ausführungsform eines Systems **520** dar, das eine Brückenschaltung **522** enthält, die zwei Halbbrückenschaltungen enthält: eine, die die Transistoren M1 und M2 enthält, und die andere, die die Transistoren M3 und M4 enthält. Die Brückenschaltung **522** ist über optionale Drosselinduktoren **502**, Transformator X1 und eine Ausführungsform der Dämpferschaltung, welche Dioden DP und DN und Kondensatoren CP und CN aufweist, welche an den schwebenden gemeinsamen Knoten VCM gekoppelt sind, an eine Zweianschlusslast **524** gekoppelt.

**[0050]** Gemäß anderen Ausführungsformen können die Dämpferdioden eine entgegengesetzte Polarität aufweisen. Beispielsweise stellt Fig. 5c eine Ausführungsform eines dreiphasigen Systems **530** dar, das dem dreiphasigen System **500** ähnelt, welches in Fig. 5a dargestellt ist, mit der Ausnahme, dass die Polarität der Dioden DP1, DP2 und DP3 bezüglich des dreiphasigen Systems **500** umgekehrt ist. Beispielsweise sind die Anoden der Dioden DP1, DP2 und DP3 statt der Kathoden an den Motor **524** gekoppelt. Gleicherweise stellt Fig. 5d eine Ausführungsform eines Systems **540** dar, das der Ausführungsform des Systems **520** ähnelt, welches in Fig. 5b dargestellt ist, mit der Ausnahme, dass die Polarität der Dioden DP und DN bezüglich des Systems **520** umgekehrt ist. Es versteht sich, dass die verschiedenen, oben beschriebenen Ausführungsformen nur einige wenige Beispiele von zahlreichen Ausführungsformen der Systeme sind.

**[0051]** Fig. 6 stellt ein Blockdiagramm **600** einer Ausführungsform eines Verfahrens zum Betreiben einer Schaltung dar, die eine Dämpferschaltung aufweist, die an Ausgänge von n Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, welche an n entsprechende induktive Lasten gekoppelt sind. Die Dämpferschaltung enthält n Dioden, die jede zwischen einen entsprechenden Ausgang der n Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt sind, und n Kondensatoren, die jeder zwischen einen entsprechenden Ausgang der n Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt sind, wobei n eine Ganzzahl ist, die größer als Eins ist.

**[0052]** Bei Schritt **602** wird ein erster Strom mit einer ersten Richtung von einer ersten Last der n induk-



tiven Lasten aufgenommen. Diese induktiven Lasten können beispielsweise die Induktivität der Motorwicklungen und die Induktivität anderer mehrphasiger Schaltungen darstellen. Bei Schritt **604** wird ein zweiter Strom in einer zweiten Richtung von einer zweiten Last der  $n$  induktiven Lasten aufgenommen. Bei Schritt **606** werden der aufgenommene erste Strom und der aufgenommene zweite Strom durch mindestens eine/ $n$  der  $n$  Dioden und der  $n$  Kondensatoren geleitet.

**[0053]** Fig. 7a und Fig. 7b stellen einen Vergleich der Transientenbehandlungsfähigkeit des herkömmlichen dreiphasigen Systems (Fig. 7a) und einer Ausführungsform des dreiphasigen Systems (Fig. 7b) in dem Moment dar, in dem die Phasentrennungsschalter geöffnet werden. In jeder dieser Figuren ist der Weg der Stromtransiente mit kleinen Pfeilen dargestellt. Wie bezüglich des herkömmlichen dreiphasigen Systems von Fig. 7a gezeigt, kann die Spannung  $V_{M_v}$  über dem Phasentrennungsschalter  $M_v$  folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$V_{M_v} = V_B + V_{L_{uv}} = V_B + V_{M_{ov}} + V_{L_{stray}},$$

wobei  $V_B$  die Spannung der Eingangs-GS-Stromversorgung ist,  $V_{L_{uv}}$  die Spannung über zwei Wicklungen des Motors ist,  $V_{M_{ov}}$  die Spannung über dem Varistor  $V_1$  ist und  $V_{L_{stray}}$  die Spannung über einer Streuinduktivität in den Invertertreibern ist. Wie deutlich aus der obigen Gleichung hervorgeht, ist die Batteriespannung  $V_B$  ein Ausdruck in der Gleichung, wie auch die Spannung über der Streuinduktivität, der während schneller Stromtransienten spürbar werden kann.

**[0054]** Wie bezüglich der Ausführungsform des dreiphasigen Systems von Fig. 7b gezeigt, kann die Spannung  $V_{M_v}$  über dem Phasentrennungsschalter  $M_v$  folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$V_{M_v} = V_{Clamping},$$

wobei  $V_{Clamping}$  die Spannung über dem Varistor  $V_2$  und der Diode  $DP_2$  in der Ausführungsform des Dämpfernetzwerks ist. Wie aus der obigen Gleichung hervorgeht, sind weder die Batteriespannung  $V_B$  noch die Streuinduktivitätsspannungen vorhanden. Dementsprechend sind die Spannungen über den verschiedenen Phasentrennungsschaltern in der Ausführungsform des dreiphasigen Systems von Fig. 7b während Stromtransienten niedriger als bezüglich des herkömmlichen Systems von Fig. 7a.

**[0055]** Gemäß verschiedenen Ausführungsformen enthält eine Schaltung eine Dämpferschaltung, die dazu konfiguriert ist, an Ausgänge von  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt zu sein, die an  $n$  entsprechende induktive Lasten gekoppelt sind, wobei  $n$  eine Ganzzahl ist, die größer als Eins ist.

Die Dämpferschaltung enthält  $n$  Dioden, wobei jede der  $n$  Dioden zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und  $n$  Kondensatoren, wobei jeder der  $n$  Kondensatoren zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist. Andere Ausführungsformen dieses Aspekts beinhalten Schaltungen und Systeme, die zum Ausführen der verschiedenen Vorgänge der Schaltung konfiguriert sind.

**[0056]** Zu Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale gehören. Die Schaltung, bei der:  $n = 3$ ; und wobei die  $n$  entsprechenden induktiven Lasten Anschlüsse eines dreiphasigen Motors enthalten. Die Schaltung, die ferner die  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und/oder den dreiphasigen Motor enthält. Die Schaltung, bei der eine Kathode von jeder der  $n$  Dioden an den entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist und eine Anode von jeder der  $n$  Dioden an den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist. In manchen Ausführungsformen ist eine Anode von jeder der  $n$  Dioden an den entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt und eine Kathode von jeder der  $n$  Dioden an den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt. Die Schaltung, die ferner einen Drosselinduktor enthält, der zwischen einen Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und eine entsprechende induktive Last der  $n$  entsprechenden induktiven Lasten gekoppelt ist.

**[0057]** In einer Ausführungsform enthält die Schaltung ferner  $n$  Transistoren mit einem ersten Lastweganschluss, der an den entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der an eine entsprechende Last der  $n$  induktiven Lasten gekoppelt ist, wobei jede der  $n$  Dioden zwischen den ersten Lastweganschluss eines entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist und jeder der  $n$  Kondensatoren zwischen den zweiten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist. In einer Ausführungsform ist eine Anode einer Body-Diode von jedem der  $n$  Transistoren an seinen ersten Lastweganschluss gekoppelt und eine Kathode von jeder der  $n$  Dioden an den ersten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren gekoppelt. Die Kathode einer Body-Diode von jedem der  $n$  Transistoren kann an seinen ersten Lastweganschluss gekoppelt sein, und eine Anode von jeder der  $n$  Dioden kann an den ersten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren gekoppelt sein.

**[0058]** Die Schaltung kann ferner n Transientenspannungsunterdrückungs-(TVS)Dioden, die parallel an entsprechende Kondensatoren der n Kondensatoren gekoppelt sind, und/oder n Varistoren enthalten, die parallel an entsprechende Kondensatoren der n Kondensatoren gekoppelt sind. In manchen Ausführungsformen kann die Schaltung ferner n Überlastschutzschaltungen mit einem Ausgang enthalten, der an einen entsprechenden Steuereingang eines entsprechenden Transistors der n Transistoren gekoppelt ist, wobei jede Überlastschutzschaltung zum Erkennen einer Überlastbedingung in ihrem entsprechenden Transistor und zum Abschalten ihres entsprechenden Transistors über den Steuereingang des entsprechenden Transistors, wenn die Überlastbedingung erkannt wird, konfiguriert ist. Die Schaltung kann außerdem einen Bus enthalten, der an jede der n Überlastschutzschaltungen gekoppelt ist, wobei jede der n Überlastschutzschaltungen zum Ausgeben eines Signals auf dem Bus konfiguriert ist, wenn eine Überlastbedingung erkannt ist, und wobei jede der n Überlastschutzschaltungen zum Abschalten ihres entsprechenden Transistors konfiguriert ist, wenn ein ausgegebenes Signal, das von einer anderen Überlastschutzschaltung erzeugt wurde, auf dem Bus erkannt wird. In einer Ausführungsform beinhaltet die Überlastbedingung eine Überstrombedingung.

**[0059]** Ein anderer allgemeiner Aspekt beinhaltet eine dreiphasige Motorantriebsschaltung, enthaltend: eine erste Halbbrückenantriebsschaltung mit einem Ausgang, der an einen ersten Lastweganschluss gekoppelt ist; einen ersten Phasentrennungstransistor mit einem ersten Lastweganschluss, der an den Ausgang der ersten Halbbrückenantriebsschaltung gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der an den ersten Lastweganschluss gekoppelt ist; eine erste Dämpferschaltung, die eine erste Diode, welche zwischen den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und einen zweiten Kondensator enthält, der zwischen den zweiten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist. Die Schaltung enthält ferner eine zweite Halbbrückenantriebsschaltung mit einem Ausgang, der an einen zweiten Lastanschluss gekoppelt ist; einen zweiten Phasentrennungstransistor mit einem ersten Lastweganschluss, der an den Ausgang der zweiten Halbbrückenantriebsschaltung gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der an den zweiten Lastanschluss gekoppelt ist; eine zweite Dämpferschaltung, die eine zweite Diode, welche zwischen den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und einen zweiten Kondensator enthält, der zwischen den zweiten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist. Außerdem beinhaltet ist

eine dritte Halbbrückenantriebsschaltung mit einem Ausgang, der an einen dritten Lastanschluss gekoppelt ist; ein dritter Phasentrennungstransistor mit einem ersten Lastweganschluss, der an den Ausgang der dritten Halbbrückenantriebsschaltung gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der an den dritten Lastanschluss gekoppelt ist; und eine dritte Dämpferschaltung, die eine dritte Diode, welche zwischen den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und einen dritten Kondensator enthält, der zwischen den zweiten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist. Der erste Lastanschluss, der zweite Lastanschluss und der dritte Lastanschluss sind dazu konfiguriert, an einen dreiphasigen Motor gekoppelt zu sein. Andere Ausführungsformen dieses Aspekts beinhalten entsprechende Schaltungen und Systeme, die zum Ausführen der verschiedenen Vorgänge der Schaltung konfiguriert sind.

**[0060]** Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten. Die Schaltung enthält ferner: einen ersten Drosselinduktor, der zwischen den Ausgang der ersten Halbbrückenantriebsschaltung und den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist; einen zweiten Drosselinduktor, der zwischen den Ausgang der zweiten Halbbrückenantriebsschaltung und den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist; und einen dritten Drosselinduktor, der zwischen den Ausgang der dritten Halbbrückenantriebsschaltung und den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist. In einer Ausführungsform ist eine Kathode einer Body-Diode des ersten Phasentrennungstransistors an den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt und eine Anode der ersten Diode an den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt; eine Kathode einer Body-Diode des zweiten Phasentrennungstransistors an den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt und eine Anode der zweiten Diode an den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt; und eine Kathode einer Body-Diode des dritten Phasentrennungstransistors an den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt und eine Anode der dritten Diode an den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt.

**[0061]** In einer Ausführungsform ist eine Anode einer Body-Diode des ersten Phasentrennungstransistors an den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt und eine Kathode der ersten Diode an den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors ge-

koppelt; und eine Anode einer Body-Diode des zweiten Phasentrennungstransistors an den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt und eine Kathode der zweiten Diode an den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt; und eine Anode einer Body-Diode des dritten Phasentrennungstransistors an den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt und eine Kathode der dritten Diode an den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt.

**[0062]** Die Schaltung kann ferner Folgendes enthalten: eine erste Überlastschutzschaltung, die an einen Steuerknoten des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist, wobei die erste Überlastschutzschaltung zum Abschalten des ersten Phasentrennungstransistors nach der Erkennung einer Überlastbedingung im ersten Phasentrennungstransistor konfiguriert ist; eine zweite Überlastschutzschaltung, die an einen Steuerknoten des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist, wobei die zweite Überlastschutzschaltung zum Abschalten des zweiten Phasentrennungstransistors nach der Erkennung einer Überlastbedingung im zweiten Phasentrennungstransistor konfiguriert ist; und eine dritte Überlastschutzschaltung, die an einen Steuerknoten des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist, wobei die dritte Überlastschutzschaltung zum Abschalten des dritten Phasentrennungstransistors nach der Erkennung einer Überlastbedingung im dritten Phasentrennungstransistor konfiguriert ist.

**[0063]** Ein weiterer allgemeiner Aspekt beinhaltet ein Verfahren zum Betreiben einer Schaltung, die eine Dämpferschaltung aufweist, die an Ausgänge von  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, welche an  $n$  entsprechende induktive Lasten gekoppelt sind, wobei  $n$  eine Ganzzahl ist, die größer als Eins ist, wobei die Dämpferschaltung  $n$  Dioden, die jede zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt sind, und  $n$  Kondensatoren enthält, die jeder zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt sind. Das Verfahren beinhaltet das Aufnehmen eines ersten Stroms in einer ersten Richtung von einer ersten Last der  $n$  induktiven Lasten; das Aufnehmen eines zweiten Stroms in einer zweiten Richtung von einer zweiten Last der  $n$  induktiven Lasten; und das Leiten des aufgenommenen ersten Stroms und des aufgenommenen zweiten Stroms durch mindestens eine/ $n$  der  $n$  Dioden und  $n$  Kondensatoren. Andere Ausführungsformen dieses Aspekts enthalten entsprechende Schaltungen und Systeme, die zum Ausführen der verschiedenen Vorgänge des Verfahrens konfiguriert sind.

**[0064]** Implementierungen können eines oder mehrere der folgenden Merkmale enthalten. Das Verfahren, bei dem: die Schaltung ferner  $n$  Transistoren mit einem ersten Lastweganschluss, der an den entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der an eine entsprechende Last der  $n$  induktiven Lasten gekoppelt ist, aufweist; wobei jede der  $n$  Dioden zwischen den ersten Lastweganschluss eines entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist und jeder der  $n$  Kondensatoren zwischen den zweiten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist; und wobei das Verfahren ferner das Überführen von jedem der  $n$  Transistoren aus einem leitenden Zustand in einen nichtleitenden Zustand nach der Erkennung einer Überlastbedingung enthält.

**[0065]** Das Verfahren kann ferner das Erkennen der Überlastbedingung enthalten. In einer Ausführungsform beinhaltet das Erkennen der Überlastbedingung das Erkennen einer Überstrom- oder einer Überspannungsbedingung in mindestens einem der  $n$  Transistoren. In einer Ausführungsform enthalten die induktiven Lasten Anschlüsse eines dreiphasigen Motors; und das Verfahren enthält ferner das Betreiben des dreiphasigen Motors über die  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen.

**[0066]** Zu Vorteilen von einigen Ausführungsformen gehört die Fähigkeit, die Überhöhungsspannung und die Anstiegszeit von Spannungen über einen Phasentrennungsschalter durch Anpassen der Kapazität eines Dämpferkondensators zu steuern. Ein weiterer vorteilhafter Aspekt von einigen Ausführungsformen ist die Fähigkeit, jedes Dämpferschaltungsbauenteil, beispielsweise eine Diode, einen Kondensator, Varistor und/oder TVS, sehr nahe an seinem entsprechenden elektrischen Schalter anzuordnen. Dementsprechend kann die Dämpferschaltung gegen die Beeinflussung durch Streuinduktivität in der Leistungsschleife, die die Batterie, den GS-Verbindungskondensator und die Schaltungen der dreiphasigen Brücke enthält, immun sein.

**[0067]** Ein weiterer Vorteil beinhaltet die Fähigkeit, dass die Phasentrennungsschalter und die Dämpferschaltung in einem Schaltmodus in einem bestimmten Frequenzbereich arbeiten, beispielsweise 1 KHz, um eine Strombegrenzungsfunktion zu implementieren. In manchen Ausführungsformen ist es leichter, zwischen einer schlecht arbeitenden Schaltung und einer normal arbeitenden Schaltung unter Verwendung eines Strombegrenzungsmodus im Vergleich zu einem einmaligen Ausschaltmodus zu unterscheiden. Dementsprechend ist die Schaltung bei Rauschen oder einer willkürlichen Stromtransiente weniger abschaltanfällig.

**[0068]** Ein weiterer Vorteil beinhaltet die Fähigkeit, nicht nur die Spannungsüberhöhung der Phasentrennungsschalter zu steuern, sondern außerdem die Spannungsüberhöhung der dreiphasigen Brücke zu verringern, wenn er abschaltet. Da die Dämpferschaltungen die steil ansteigende EMF-Spannung unterdrücken und eine neue Abzweigung für den Motorinduktorenfreilaufstrom ausbilden, kann der Strom eines anderen Wegs, durch den der Motorinduktorenfreilaufstrom durch die dreiphasige Brücke fließt, ebenfalls verringert werden.

**[0069]** Ein weiterer Vorteil beinhaltet verringerten Leistungsverlust, wenn die verschiedenen Schalter in der dreiphasigen Schaltung ausgeschaltet werden. Beispielsweise liegt in manchen Ausführungsformen, wenn die Kapazität der Dämpferschaltung ansteigt, weniger Spannungsüberhöhung und weniger Leistungsverlust vor, wenn die Schalter ausgeschaltet werden.

**[0070]** In einem oder mehreren Beispielen können die hierin beschriebenen Funktionen mindestens teilweise in Hardware implementiert sein, wie etwa spezifische Hardwarebauteile oder einen Prozessor. Allgemeiner können die Techniken in Hardware, Prozessoren, Software, Firmware oder jeglicher Kombination davon implementiert sein. Bei Implementierung in Software können die Funktionen als ein oder mehrere Befehle oder Code auf einem maschinenlesbaren Medium gespeichert oder darüber gesendet werden und durch eine hardwarebasierte Verarbeitungseinheit ausgeführt werden. Maschinenlesbare Medien können maschinenlesbare Speichermedien beinhalten, was einem greifbaren Medium entspricht, wie etwa Datenspeichermedien, oder Kommunikationsmedien, die jegliches Medium enthalten, welches den Transfer eines Computerprogramms von einer Stelle zu einer anderen ermöglicht, beispielsweise gemäß einem Kommunikationsprotokoll. Auf diese Art und Weise können maschinenlesbare Medien im Allgemeinen 1. greifbaren maschinenlesbaren Speichermedien, die nichtflüchtig sind, und 2. einem Kommunikationsmedium, wie etwa einem Signal oder einer Trägerwelle, entsprechen. Datenspeichermedien können jegliche erhältlichen Medien sein, auf die durch einen oder mehrere Rechner oder einen oder mehrere Prozessoren zum Abrufen von Befehlen, Code und/oder Datenstrukturen zur Implementierung der in dieser Anmeldung beschriebenen Techniken zugegriffen werden kann. Ein Computerprogrammprodukt kann ein maschinenlesbares Medium enthalten.

**[0071]** Als nicht einschränkendes Beispiel können derartige Speichermedien RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM oder andere optische Plattenspeicher, Magnetplattenspeicher oder andere Magnetspeichervorrichtungen, Flash-Speicher oder jegliches anderes Medium umfassen, das zum Speichern von er-

wünschtem Programmcode in der Form von Befehlen oder Datenstrukturen benutzt werden kann oder auf das durch einen Rechner zugegriffen werden kann. Zudem wird jede Verbindung richtig als maschinenlesbares Medium benannt, d.h. ein maschinenlesbares Übertragungsmedium. Wenn beispielsweise Befehle von einer Website, einem Server oder einer anderen entlegenen Quelle unter Benutzung eines koaxialen Kabels, faseroptischen Kabels, Twisted Pair, DSL oder drahtloser Technologien wie etwa Infrarot, Funk und Mikrowelle übertragen werden, dann sind das koaxiale Kabel, faseroptische Kabel, Twisted Pair, DSL oder drahtlose Technologien wie Infrarot, Funk und Mikrowelle in der Definition als Medium enthalten. Es versteht sich jedoch, dass maschinenlesbare Speichermedien und Datenspeichermedien Verbindungen, Trägerwellen, Signale und andere transiente Medien nicht beinhalten, sondern sich an nicht-transiente greifbare Speichermedien richten. Disk und Disc, wie hierin verwendet, beinhalten Compact Disc (CD), Laser-Disc, optische Disc, Digital Versatile Disc (DVD), Floppy-Disk und Blu-Ray-Disc, wobei Disks Daten gewöhnlich magnetisch wiedergeben, während Discs Daten optisch mit Laser wiedergeben. Kombinationen der Obigen sollen ebenfalls innerhalb des Umfangs von maschinenlesbaren Medien beinhalten sein.

**[0072]** Befehle können durch einen oder mehrere Prozessoren, wie etwa eine oder mehrere CPU, DSP, Allzweckmikroprozessoren, anwendungsspezifische integrierte Schaltungen (ASIC), feldprogrammierbare logische Arrays (FPGA) oder andere äquivalente integrierte oder diskrete logische Schaltungen ausgeführt werden. Dementsprechend kann sich der Begriff „Prozessor“, wie er hierin verwendet ist, auf jegliche der vorstehenden Strukturen oder jegliche andere Struktur beziehen, die zur Implementierung der hierin beschriebenen Techniken geeignet ist. Zudem kann, in manchen Aspekten, die hierin beschriebene Funktionalität innerhalb dedizierter Hardware- und/oder Softwaremodule vorgesehen sein, die zum Codieren und Decodieren konfiguriert sind oder in einem kombinierten Codec eingegliedert sind. Zudem könnten die Techniken vollständig in einer oder mehreren Schaltungen oder logischen Elementen implementiert sein.

**[0073]** Die Techniken dieser Anmeldung können in vielerlei Geräten oder Vorrichtungen implementiert sein, darunter ein drahtloses Handset, eine integrierte Schaltung (IC) oder einen Satz von IC (beispielsweise einen Chipsatz). Verschiedene Bauteile, Module oder Einheiten sind in dieser Anmeldung zum Hervorheben funktioneller Aspekte von Geräten, die zum Ausführen der offenbarten Techniken konfiguriert sind, beschrieben, erfordern jedoch nicht notwendigerweise die Verwirklichung durch verschiedene Hardwareeinheiten. Stattdessen können verschiedene Einheiten, wie oben beschrieben, in einer ein-

zelen Hardwareeinheit kombiniert oder durch eine Ansammlung interoperativer Hardwareeinheiten vorgesehen sein, darunter einen oder mehrere Prozessoren, wie oben beschrieben, in Verbindung mit geeigneter Software und/oder Firmware.

**[0074]** Obgleich diese Erfindung unter Bezugnahme auf veranschaulichende Ausführungsformen beschrieben wurde, ist diese Beschreibung nicht in einem einschränkenden Sinn aufzufassen. Dem Fachmann werden nach Bezugnahme auf die Beschreibung verschiedene Modifikationen und Kombinationen sowie andere Ausführungsformen der Erfindung ersichtlich. Daher sollen die beiliegenden Ansprüche jegliche derartige Modifikationen oder Ausführungsformen umfassen.

**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 Nicht-Patentliteratur**

- ISO26262 [0023]

**Patentansprüche**

1. Schaltung, umfassend:

eine Dämpferschaltung, die eingerichtet ist, mit Ausgängen von  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt zu werden, welche mit  $n$  entsprechenden induktiven Lasten gekoppelt sind, wobei  $n$  eine ganze Zahl ist, die größer als Eins ist, wobei die Dämpferschaltung umfasst:  $n$  Dioden, wobei jede der  $n$  Dioden zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist; und  $n$  Kondensatoren, wobei jeder der  $n$  Kondensatoren zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist.

2. Schaltung nach Anspruch 1, wobei:

$n = 3$ ; und

die  $n$  entsprechenden induktiven Lasten Anschlüsse eines dreiphasigen Motors aufweisen.

3. Schaltung nach Anspruch 2, ferner aufweisend den dreiphasigen Motor.

4. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–3, ferner aufweisend die  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen.

5. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–4, wobei eine Kathode von jeder der  $n$  Dioden mit dem entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist und eine Anode von jeder der  $n$  Dioden mit dem schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist.

6. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–4, wobei eine Anode von jeder der  $n$  Dioden mit dem entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist und eine Kathode von jeder der  $n$  Dioden mit dem schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist.

7. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–6, ferner umfassend einen Drosselinduktor, der zwischen einen Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und eine entsprechende induktive Last der  $n$  entsprechenden induktiven Lasten gekoppelt ist.

8. Schaltung nach einem der Ansprüche 1–7, ferner umfassend  $n$  Transistoren mit einem ersten Lastweganschluss, der mit dem entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der mit einer entsprechenden Last der  $n$  induktiven Lasten gekoppelt ist, wobei jede der  $n$  Dioden zwischen den ersten Lastweganschluss eines entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist und jeder der

$n$  Kondensatoren zwischen den zweiten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist.

9. Schaltung nach Anspruch 8, wobei eine Anode einer Body-Diode von jedem der  $n$  Transistoren mit seinem ersten Lastweganschluss gekoppelt ist und eine Kathode von jeder der  $n$  Dioden mit dem ersten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren gekoppelt ist.

10. Schaltung nach Anspruch 8, wobei eine Kathode einer Body-Diode von jedem der  $n$  Transistoren mit seinem ersten Lastweganschluss gekoppelt ist und eine Anode von jeder der  $n$  Dioden mit dem ersten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren gekoppelt ist.

11. Schaltung nach einem der Ansprüche 8–10, ferner umfassend  $n$  Transientenspannungsunterdrückungs-Dioden, die parallel zu entsprechenden Kondensatoren der  $n$  Kondensatoren gekoppelt sind.

12. Schaltung nach einem der Ansprüche 8–11, ferner umfassend  $n$  Varistoren, die parallel an entsprechende Kondensatoren der  $n$  Kondensatoren gekoppelt sind.

13. Schaltung nach einem der Ansprüche 8–12, ferner umfassend  $n$  Überlastschutzschaltungen mit jeweils einem Ausgang, der mit einem entsprechenden Steuereingang eines entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren gekoppelt ist, wobei jede Überlastschutzschaltung zum Erkennen einer Überlastbedingung in ihrem entsprechenden Transistor und zum Abschalten ihres entsprechenden Transistors über den Steuereingang des entsprechenden Transistors, wenn die Überlastbedingung erkannt wird, eingerichtet ist.

14. Schaltung nach Anspruch 13, ferner umfassend einen Bus, der mit jeder der  $n$  Überlastschutzschaltungen gekoppelt ist, wobei jede der  $n$  Überlastschutzschaltungen zum Ausgeben eines Signals auf den Bus eingerichtet ist, wenn eine Überlastbedingung erkannt ist, und wobei jede der  $n$  Überlastschutzschaltungen zum Abschalten ihres entsprechenden Transistors eingerichtet ist, wenn ein ausgegebenes Signal, das von einer anderen Überlastschutzschaltung erzeugt wurde, auf dem Bus erkannt wird.

15. Schaltung nach Anspruch 13 oder 14, wobei die Überlastbedingung eine Überstrombedingung aufweist.

16. Dreiphasige Motorantriebsschaltung, umfassend:

eine erste Halbbrückenantriebsschaltung mit einem Ausgang, der mit einem ersten Lastanschluss gekoppelt ist;

einen ersten Phasentrennungstransistor mit einem ersten Lastweganschluss, der mit dem Ausgang der ersten Halbbrückenantriebsschaltung gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der mit dem ersten Lastanschluss gekoppelt ist;

eine erste Dämpferschaltung, die eine erste Diode, welche zwischen den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und einen ersten Kondensator umfasst, der zwischen den zweiten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist;

eine zweite Halbbrückenantriebsschaltung mit einem Ausgang, der mit einem zweiten Lastanschluss gekoppelt ist;

einen zweiten Phasentrennungstransistor mit einem ersten Lastweganschluss, der mit dem Ausgang der zweiten Halbbrückenantriebsschaltung gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der mit dem zweiten Lastanschluss gekoppelt ist;

eine zweite Dämpferschaltung, die eine zweite Diode, welche zwischen den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und einen zweiten Kondensator umfasst, der zwischen den zweiten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist;

eine dritte Halbbrückenantriebsschaltung mit einem Ausgang, der mit einem dritten Lastanschluss gekoppelt ist;

einen dritten Phasentrennungstransistor mit einem ersten Lastweganschluss, der mit dem Ausgang der dritten Halbbrückenantriebsschaltung gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der mit dem dritten Lastanschluss gekoppelt ist; und

eine dritte Dämpferschaltung, die eine dritte Diode, welche zwischen den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, und einen dritten Kondensator umfasst, der zwischen den zweiten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist, wobei der erste Lastanschluss, der zweite Lastanschluss und der dritte Lastanschluss dazu eingerichtet sind, an einen dreiphasigen Motor gekoppelt zu werden.

17. Schaltung nach Anspruch 16, ferner aufweisend:

einen ersten Drosselinduktor, der zwischen den Ausgang der ersten Halbbrückenantriebsschaltung und den ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist;

einen zweiten Drosselinduktor, der zwischen den Ausgang der zweiten Halbbrückenantriebsschaltung

und den ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist; und einen dritten Drosselinduktor, der zwischen den Ausgang der dritten Halbbrückenantriebsschaltung und den ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist.

18. Schaltung nach Anspruch 16 oder 17, wobei: eine Kathode einer Body-Diode des ersten Phasentrennungstransistors mit dem ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist und eine Anode der ersten Diode mit dem ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist;

eine Kathode einer Body-Diode des zweiten Phasentrennungstransistors mit dem ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist und eine Anode der zweiten Diode mit dem ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist; und

eine Kathode einer Body-Diode des dritten Phasentrennungstransistors mit dem ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist und eine Anode der dritten Diode mit dem ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist.

19. Schaltung nach Anspruch 16 oder 17, wobei: eine Anode einer Body-Diode des ersten Phasentrennungstransistors mit dem ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist und eine Kathode der ersten Diode mit dem ersten Lastweganschluss des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist;

eine Anode einer Body-Diode des zweiten Phasentrennungstransistors mit dem ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist und eine Kathode der zweiten Diode mit dem ersten Lastweganschluss des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist; und

eine Anode einer Body-Diode des dritten Phasentrennungstransistors mit dem ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist und eine Kathode der dritten Diode mit dem ersten Lastweganschluss des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist.

20. Schaltung nach einem der Ansprüche 16–19, ferner umfassend:

eine erste Überlastschuttschaltung, die mit einem Steuerknoten des ersten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist, wobei die erste Überlastschuttschaltung zum Abschalten des ersten Phasentrennungstransistors nach der Erkennung einer Überlastbedingung im ersten Phasentrennungstransistor eingerichtet ist;

eine zweite Überlastschuttschaltung, die mit einem Steuerknoten des zweiten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist, wobei die zweite Überlastschuttschaltung zum Abschalten des zweiten Phasentren-



nungstransistors nach der Erkennung einer Überlastbedingung im zweiten Phasentrennungstransistor eingerichtet ist; und

eine dritte Überlastschutzschaltung, die an einen Steuerknoten des dritten Phasentrennungstransistors gekoppelt ist, wobei die dritte Überlastschutzschaltung zum Abschalten des dritten Phasentrennungstransistors nach der Erkennung einer Überlastbedingung im dritten Phasentrennungstransistor eingerichtet ist.

21. Verfahren zum Betreiben einer Schaltung, die eine Dämpferschaltung aufweist, die an Ausgänge von  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, welche an  $n$  entsprechende induktive Lasten gekoppelt sind, wobei  $n$  eine ganze Zahl ist, die größer als Eins ist, wobei die Dämpferschaltung  $n$  Dioden, die jede zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und einen schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt sind, und  $n$  Kondensatoren aufweist, die jeder zwischen einen entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt sind, wobei das Verfahren umfasst: Empfangen eines ersten Stroms in einer ersten Richtung von einer ersten Last der  $n$  induktiven Lasten; Empfangen eines zweiten Stroms in einer zweiten Richtung von einer zweiten Last der  $n$  induktiven Lasten; und

Leiten des empfangenen ersten Stroms und des empfangenen zweiten Stroms durch mindestens eine/ $n$  der  $n$  Dioden und/oder  $n$  Kondensatoren.

22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei: die Schaltung ferner  $n$  Transistoren mit einem ersten Lastweganschluss, der mit dem entsprechenden Ausgang der  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen gekoppelt ist, und einem zweiten Lastweganschluss, der an eine entsprechende Last der  $n$  induktiven Lasten gekoppelt ist, umfasst; jede der  $n$  Dioden zwischen den ersten Lastweganschluss eines entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist und jeder der  $n$  Kondensatoren zwischen den zweiten Lastweganschluss des entsprechenden Transistors der  $n$  Transistoren und den schwebenden gemeinsamen Knoten gekoppelt ist; und das Verfahren ferner ein Überführen von jedem der  $n$  Transistoren aus einem leitenden Zustand in einen nichtleitenden Zustand nach der Erkennung einer Überlastbedingung umfasst.

23. Verfahren nach Anspruch 22, ferner aufweisend ein Erkennen der Überlastbedingung.

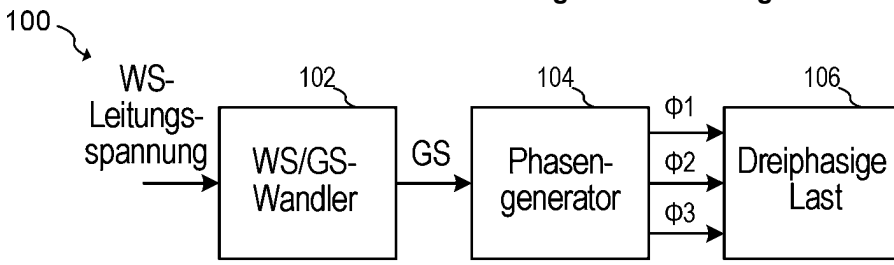
24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei das Erkennen der Überlastbedingung ein Erkennen einer Überstrombedingung in mindestens einem der  $n$  Transistoren umfasst.

25. Verfahren nach Anspruch 23 oder 24, wobei das Erkennen der Überlastbedingung ein Erkennen einer Überspannungsbedingung in mindestens einem der  $n$  Transistoren enthält.

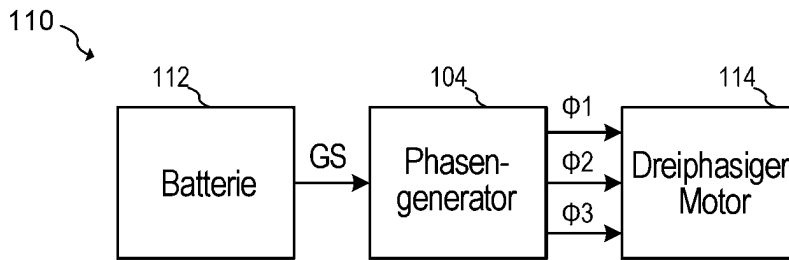
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 21–25, wobei: die induktiven Lasten Anschlüsse eines dreiphasigen Motors umfassen; und das Verfahren ferner ein Betreiben des dreiphasigen Motors über die  $n$  Halbbrückentreiberschaltungen enthält.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

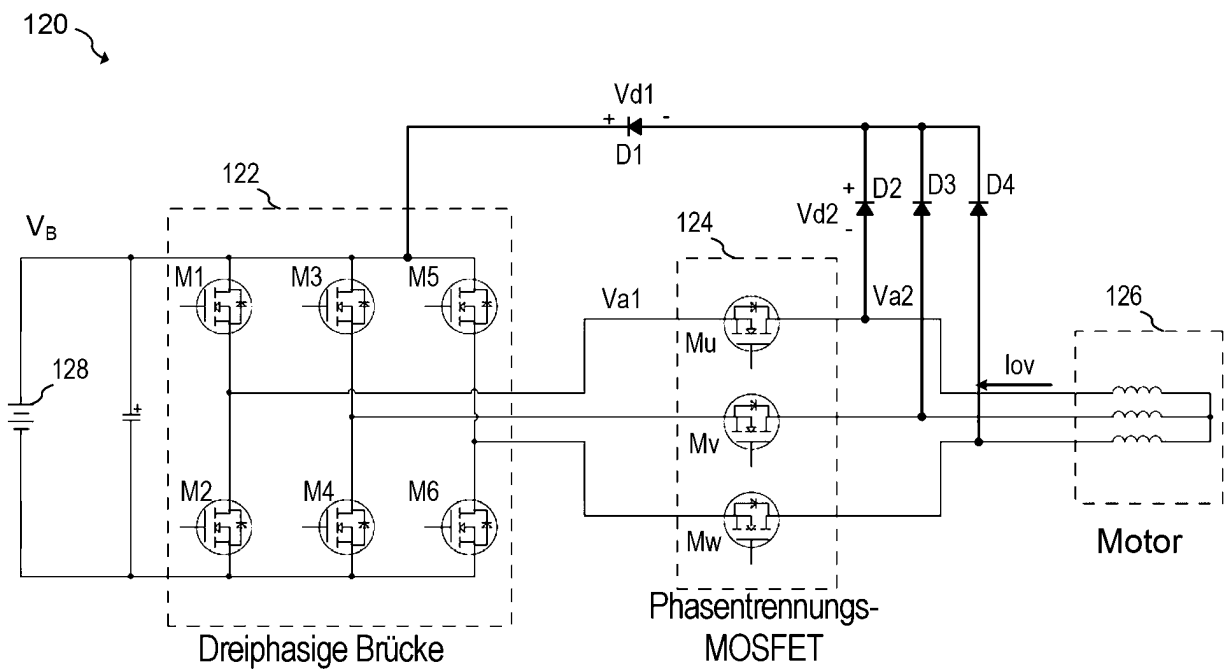
Anhängende Zeichnungen



**FIG. 1a**

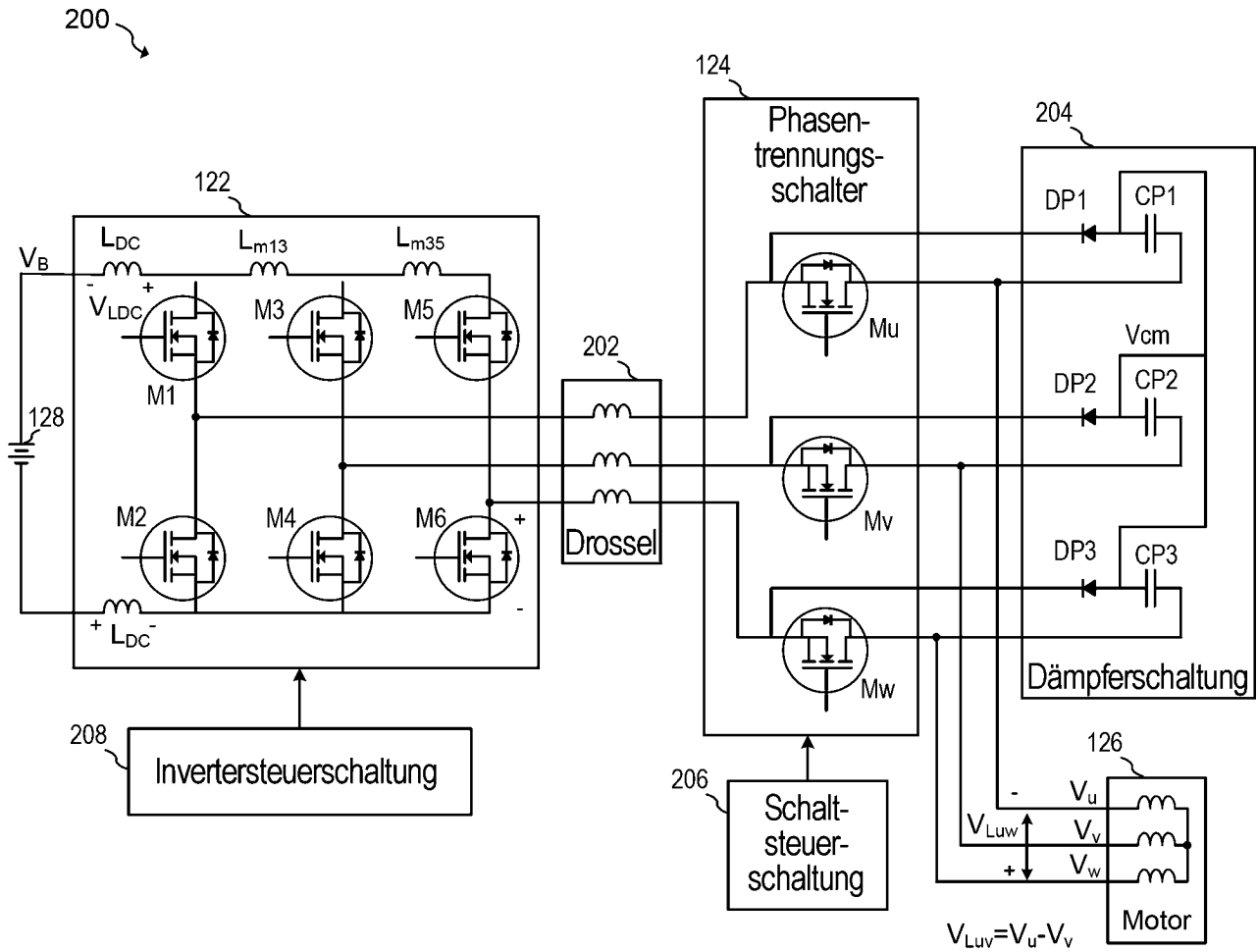


**FIG. 1b**



Stand der Technik

**FIG. 1c**



**FIG. 2a**

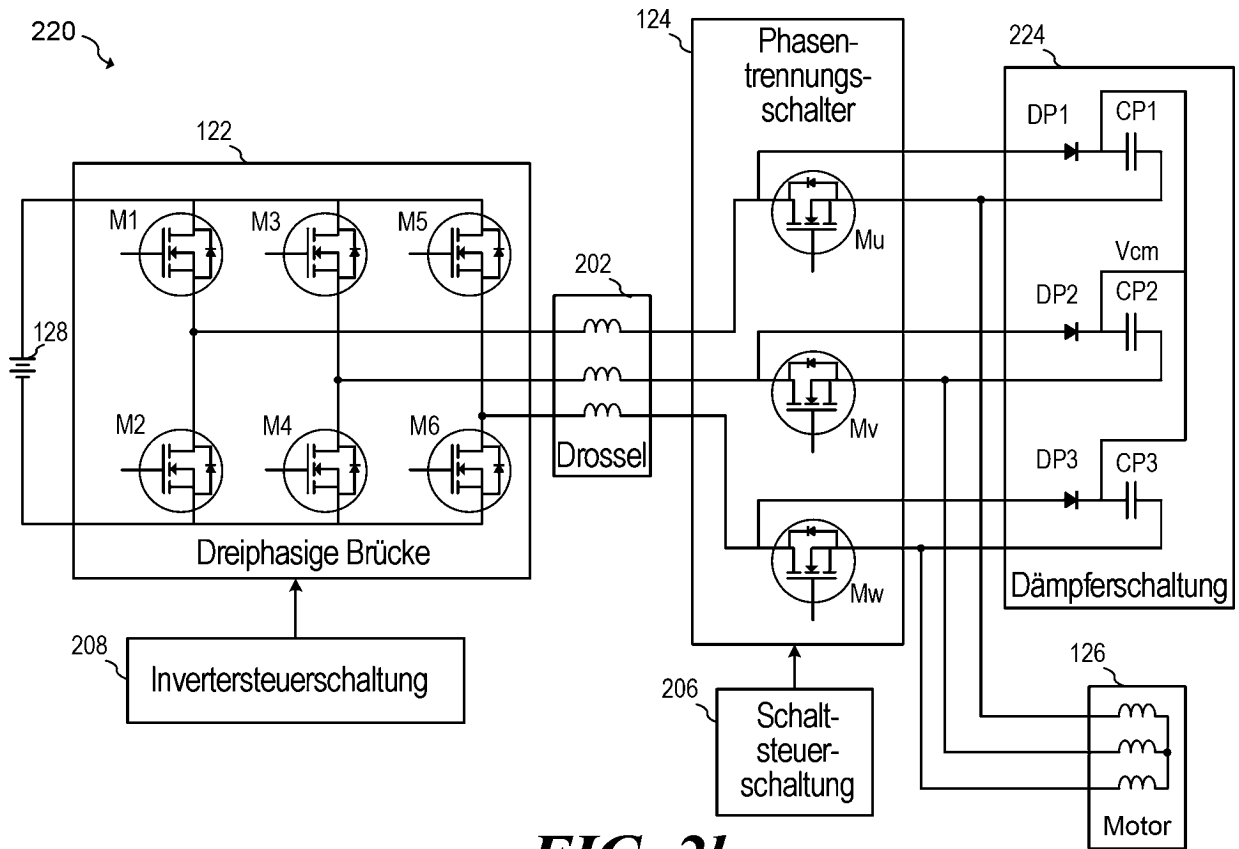


FIG. 2b

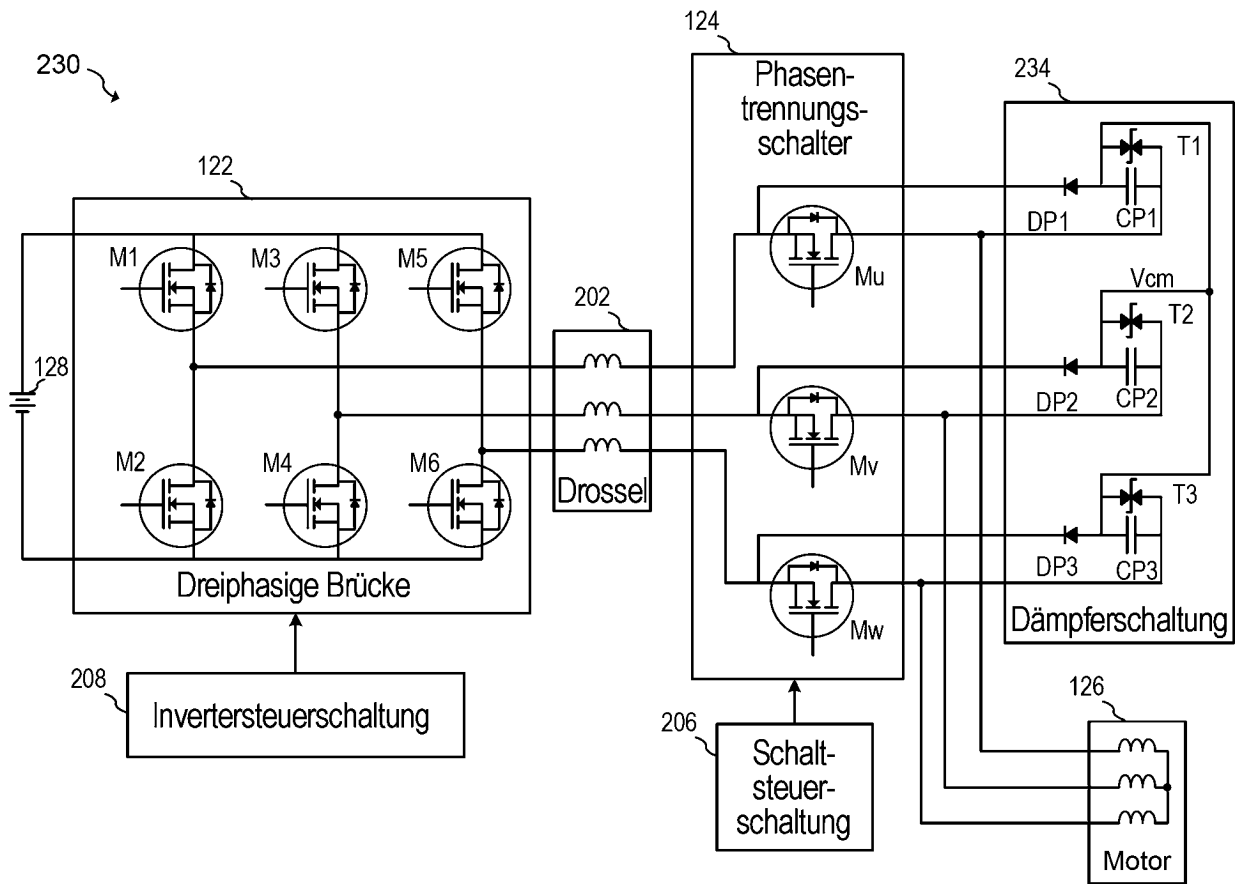
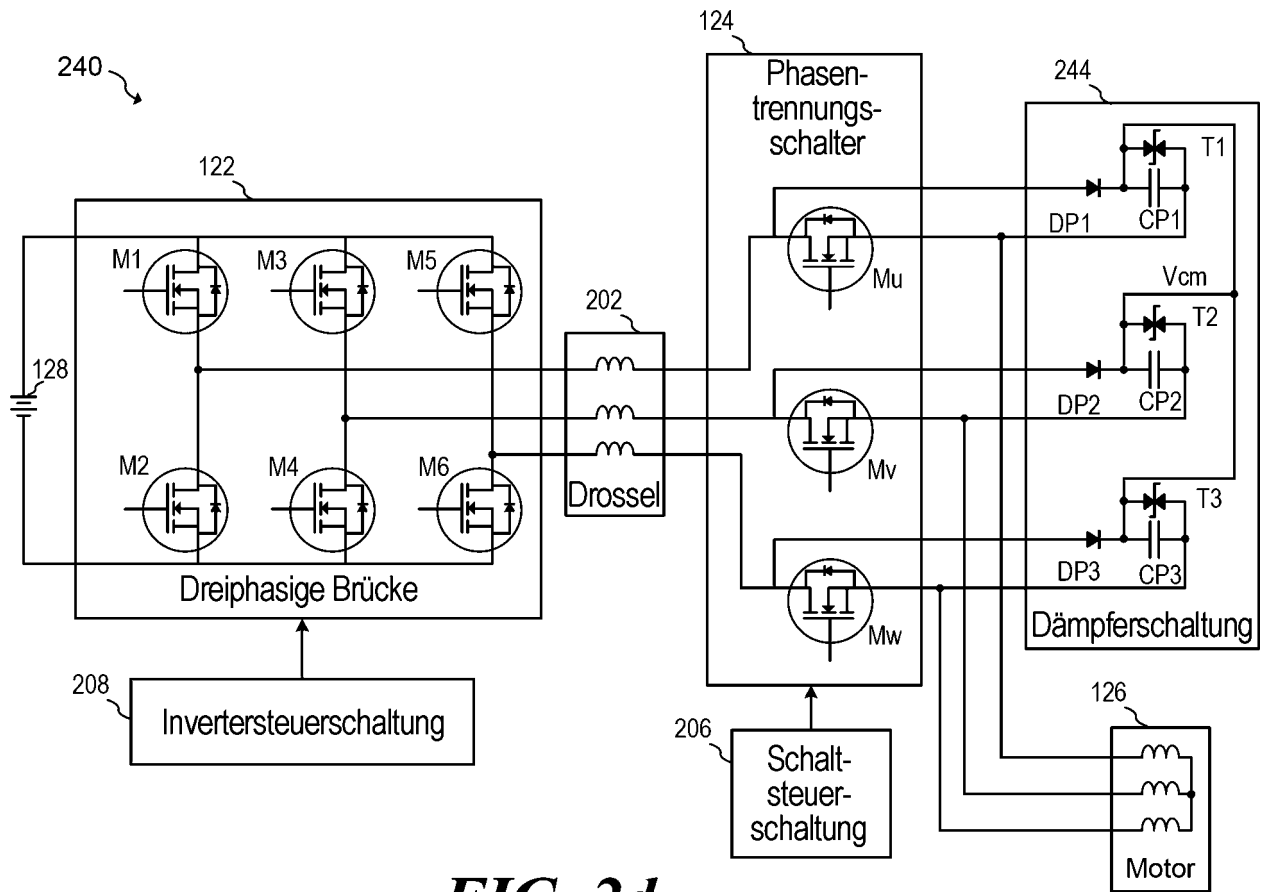
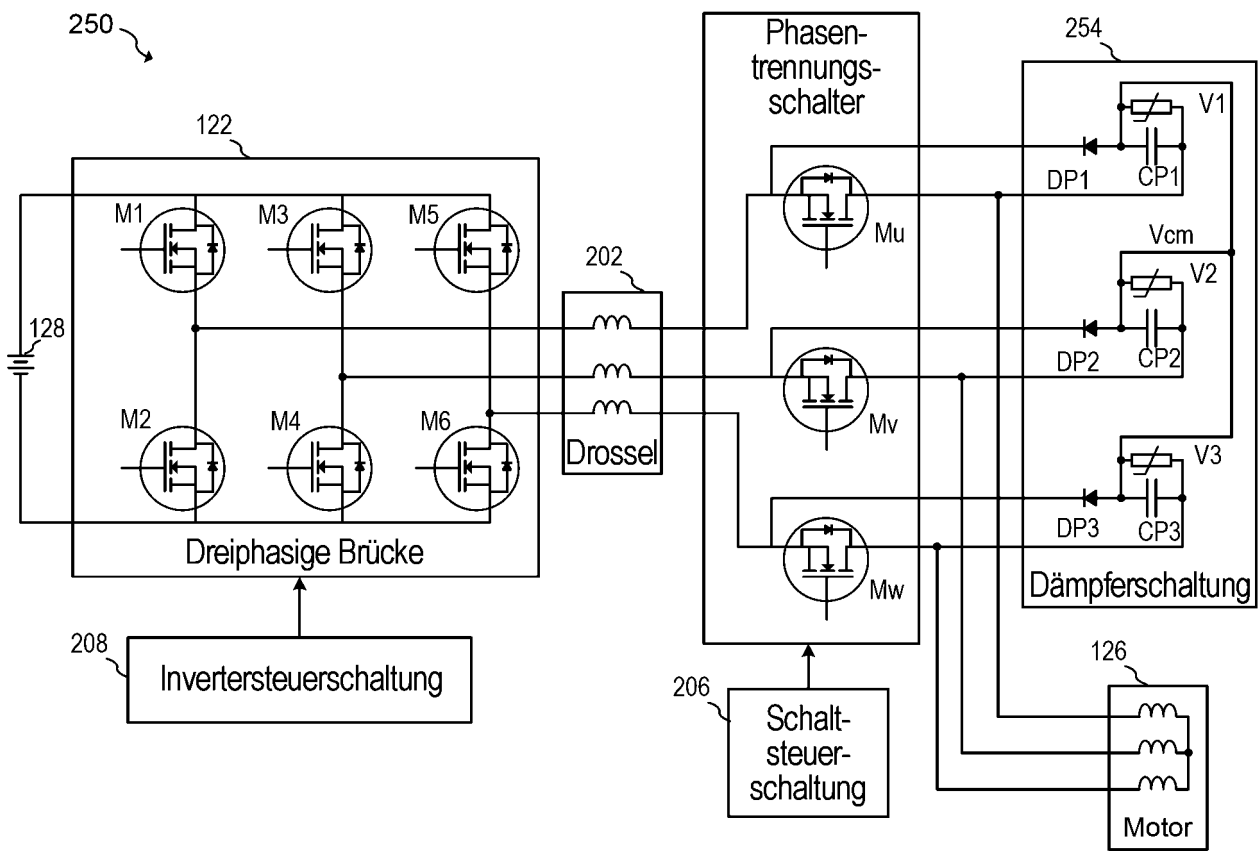


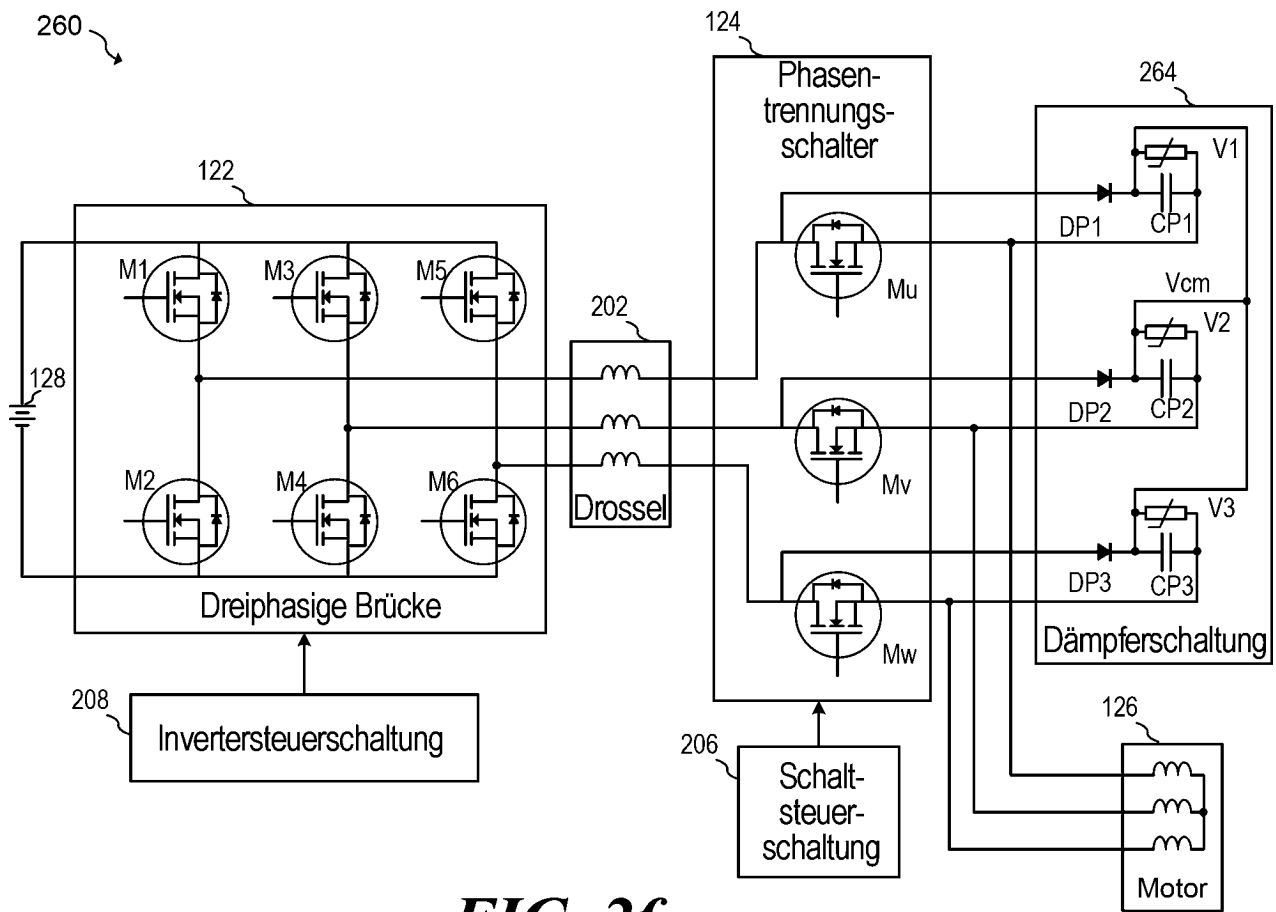
FIG. 2c



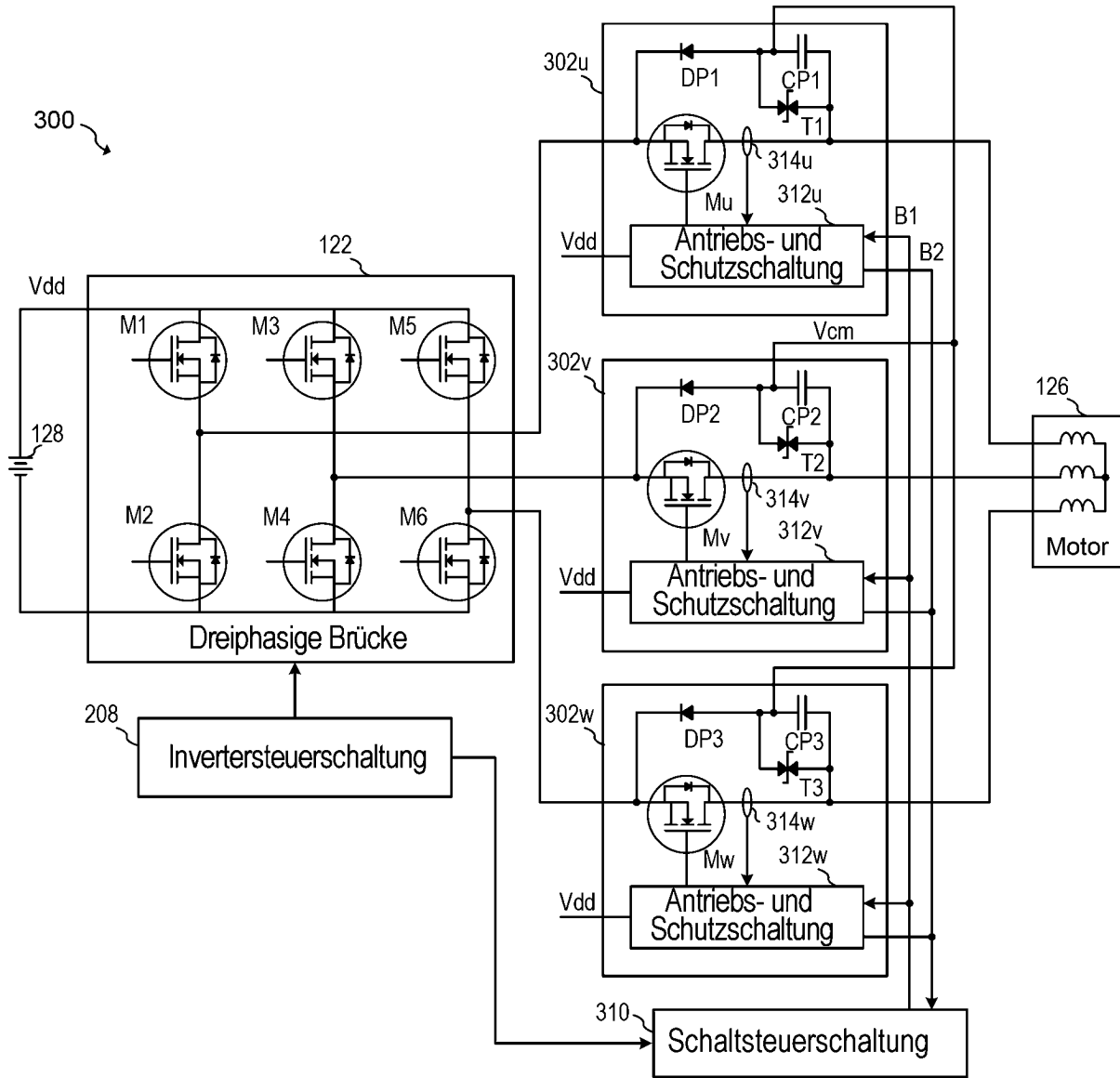
**FIG. 2d**



**FIG. 2e**



**FIG. 2f**



**FIG. 3**

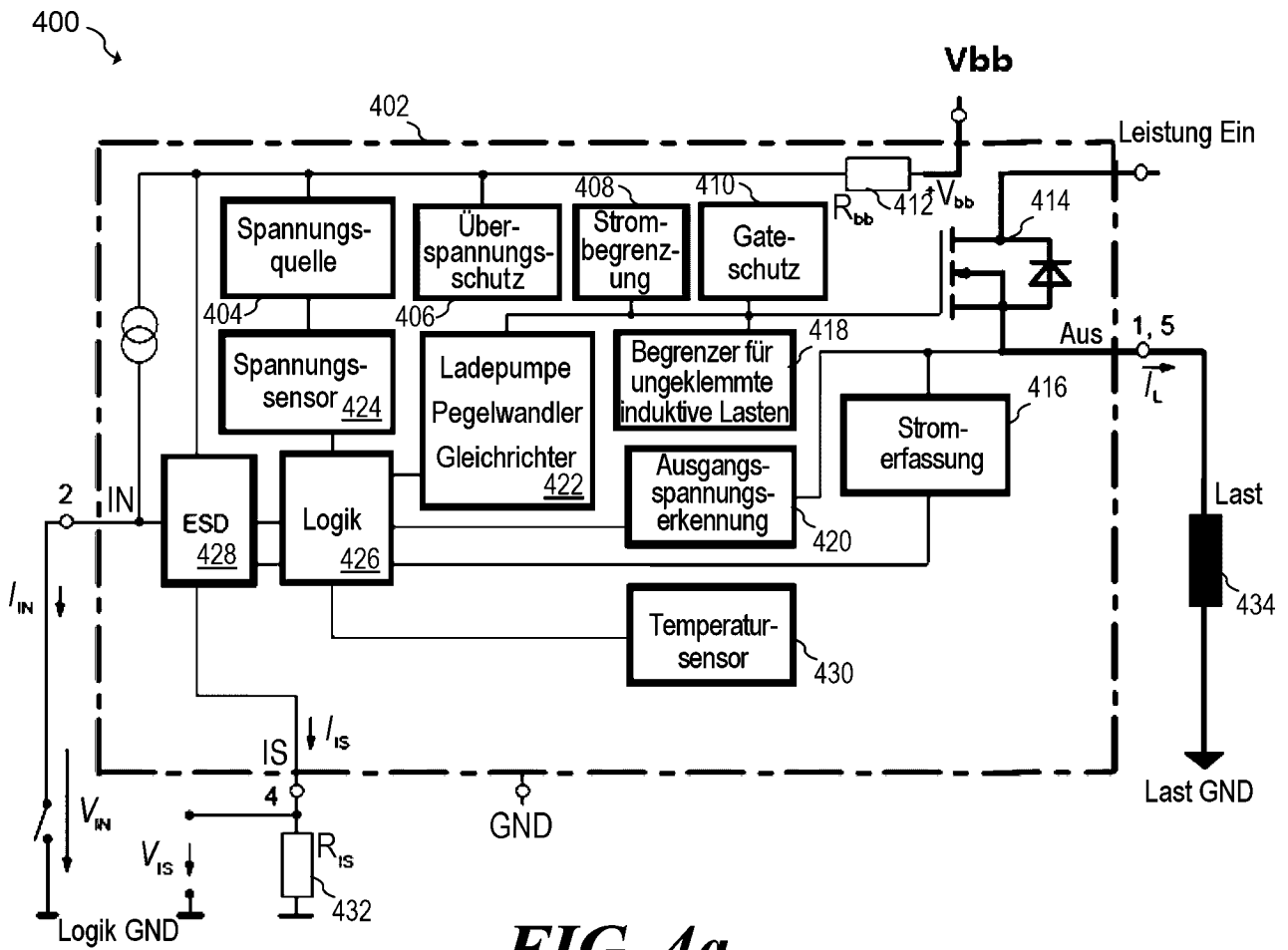


FIG. 4a

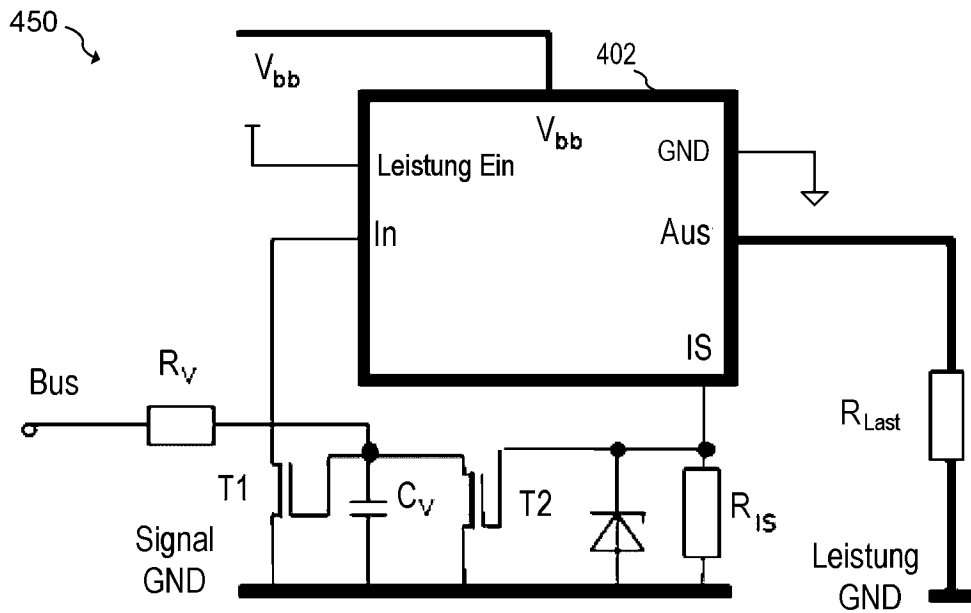
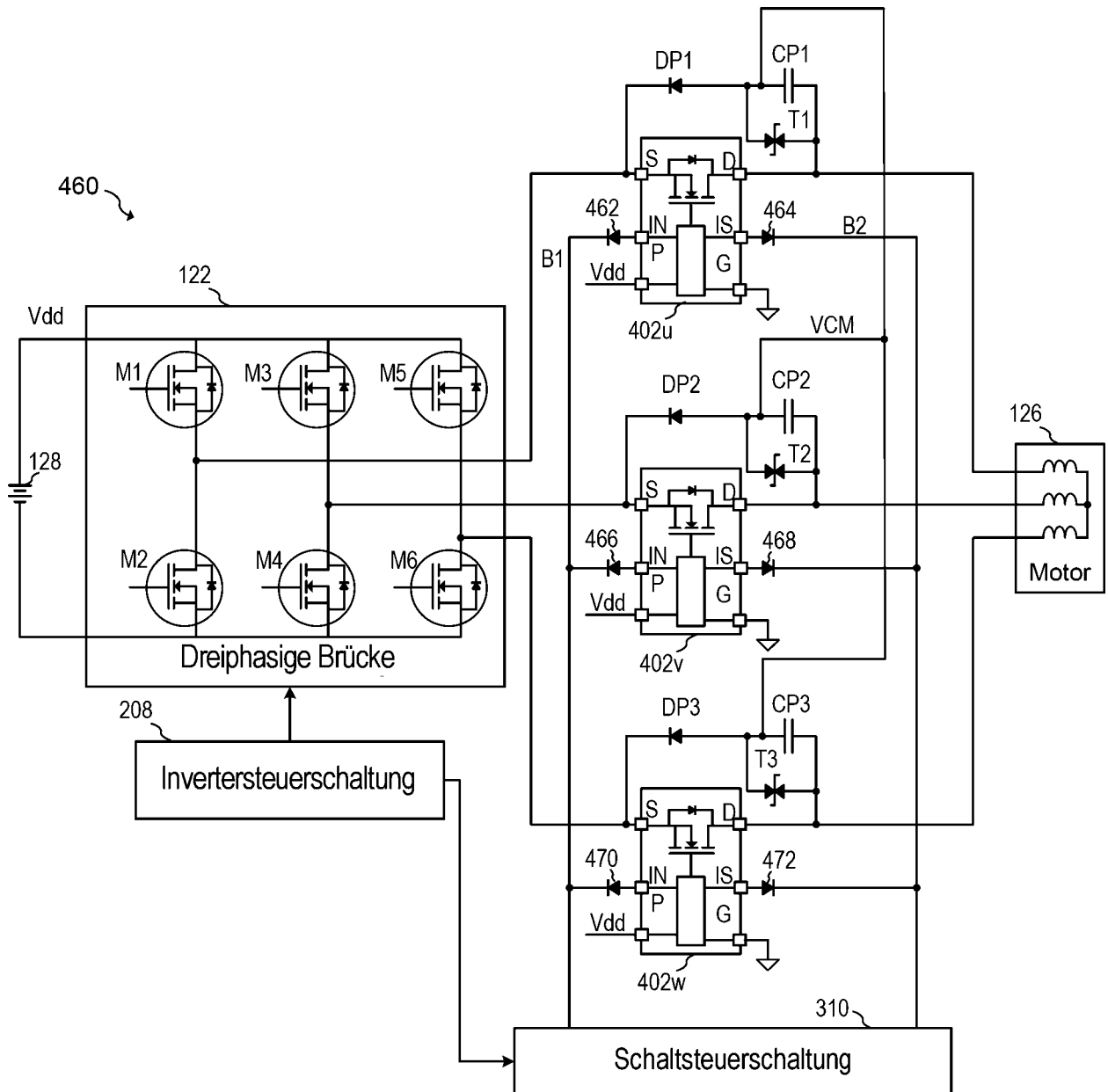
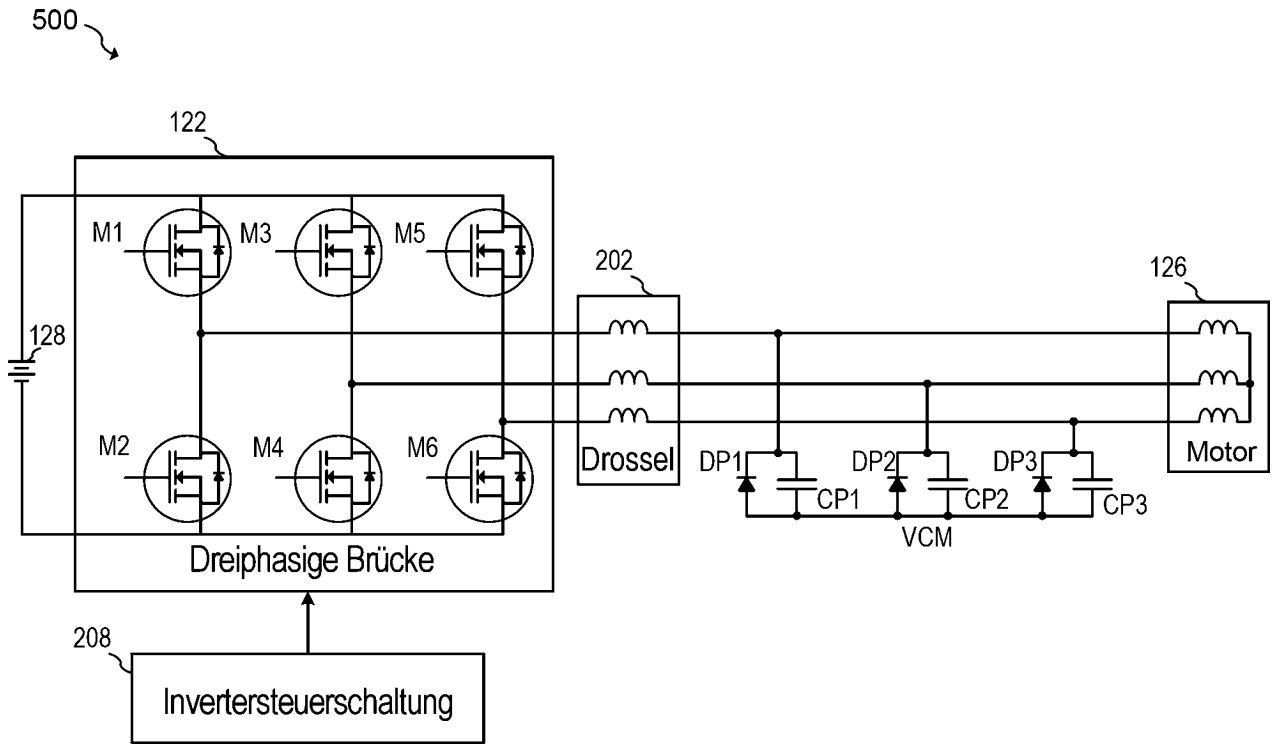


FIG. 4b

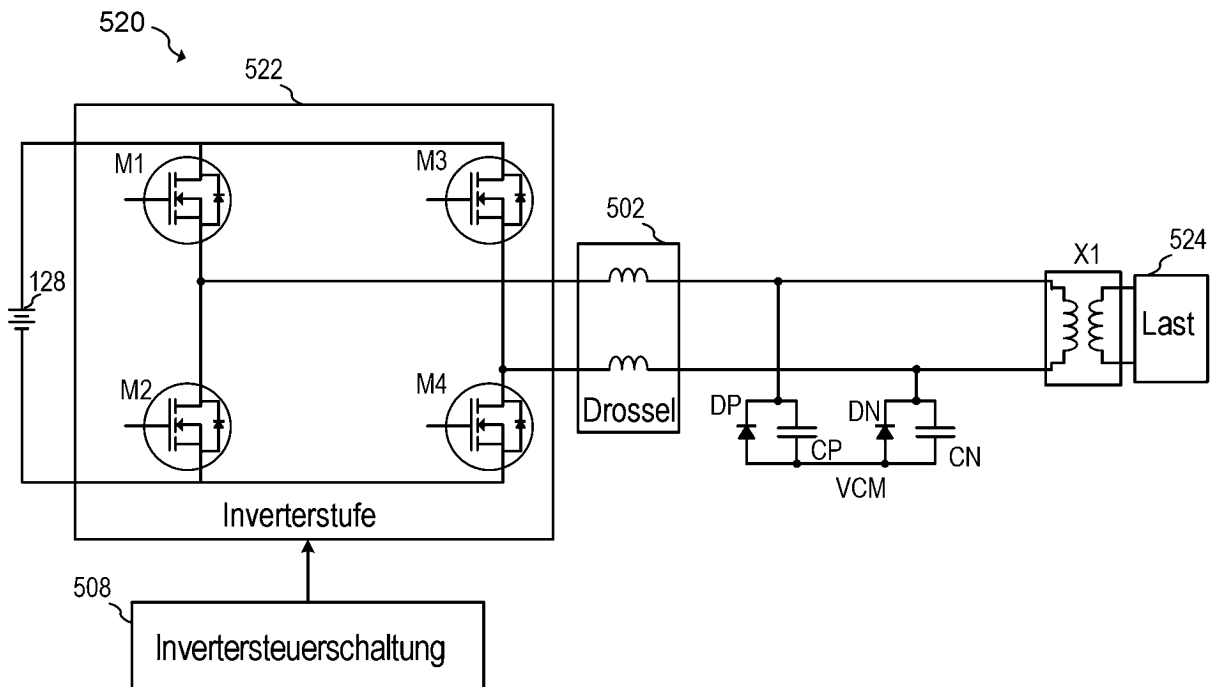




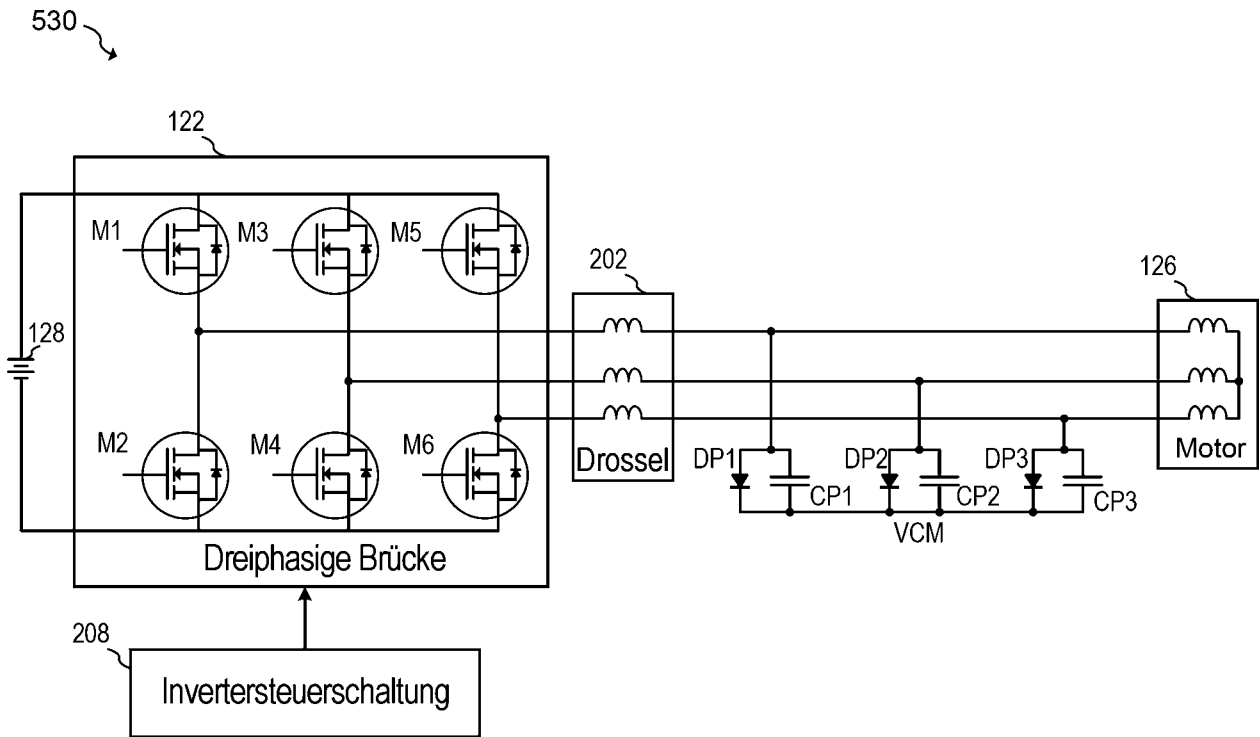
**FIG. 4c**



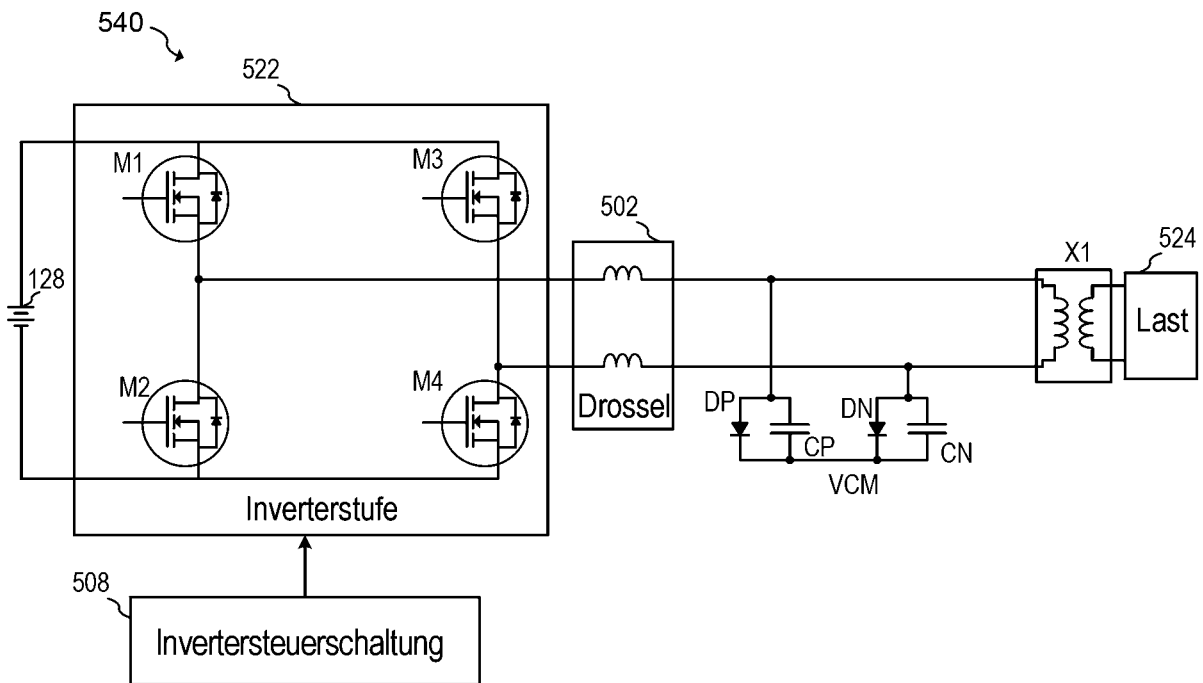
**FIG. 5a**



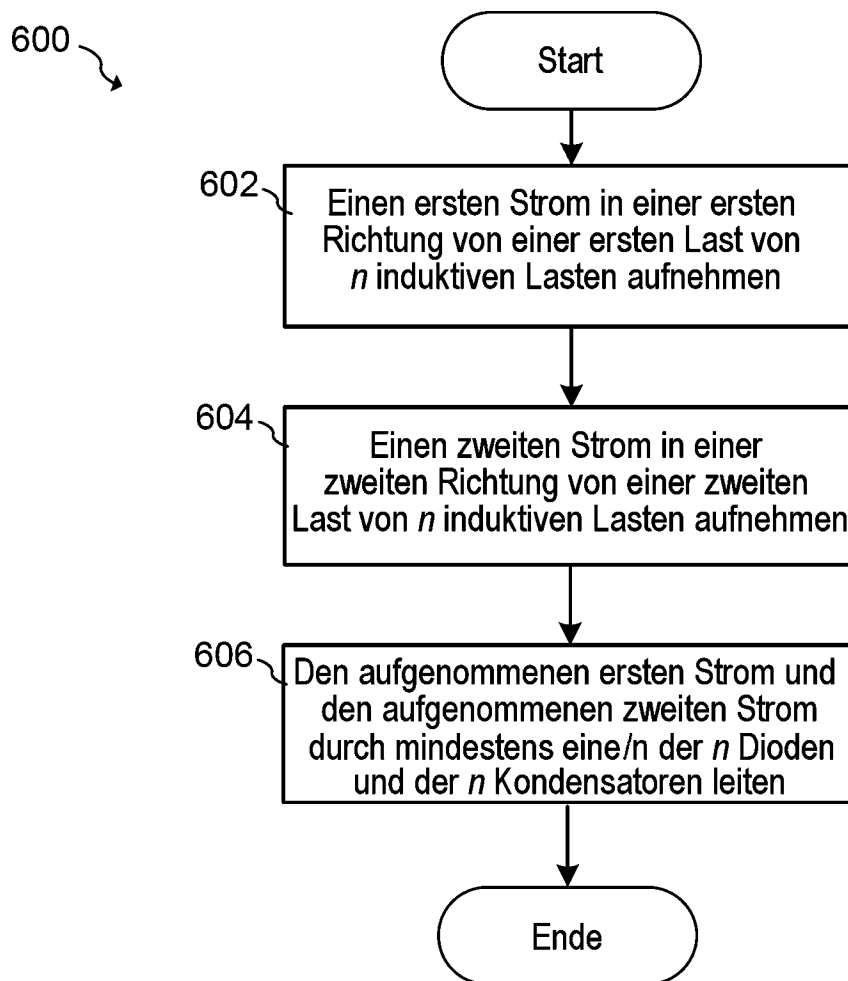
**FIG. 5b**

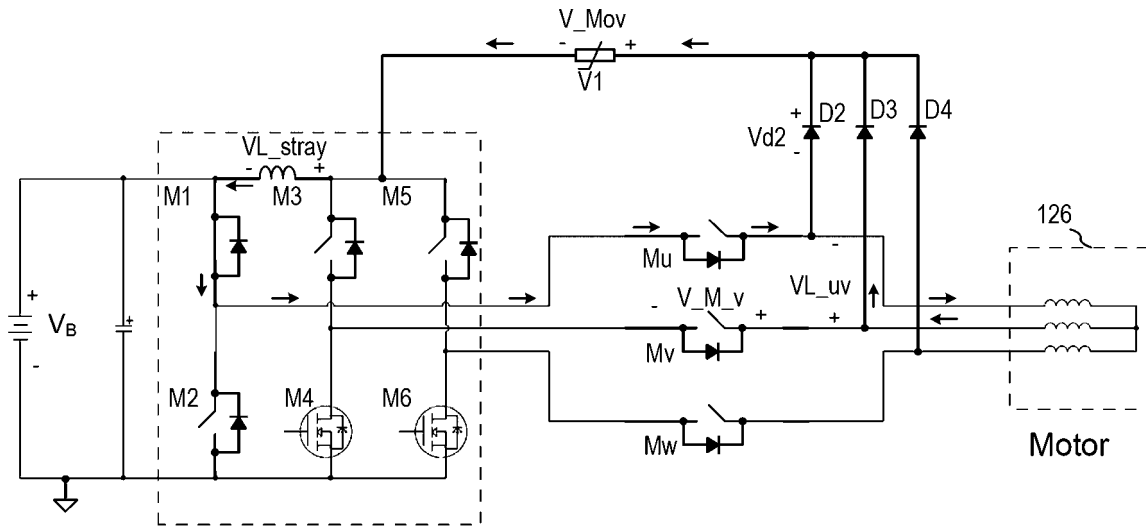


**FIG. 5c**

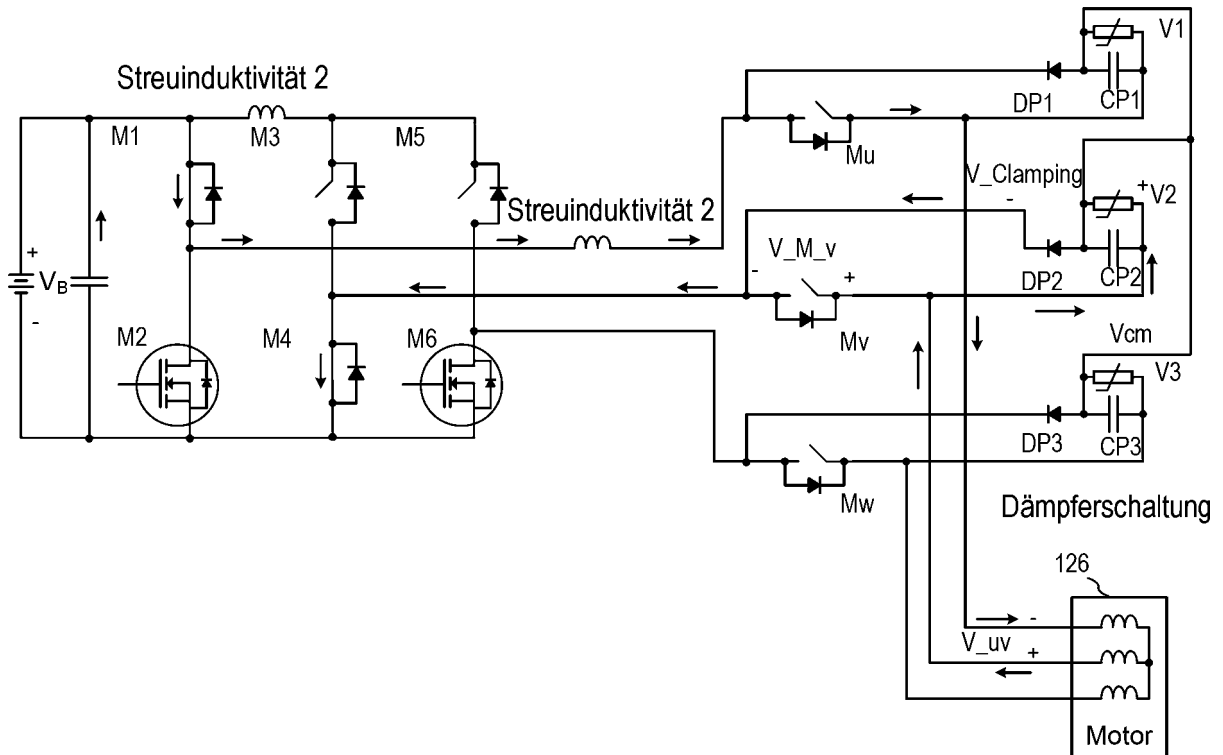


**FIG. 5d**

**FIG. 6**



**FIG. 7a** Stand der Technik



**FIG. 7b**