

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50174/2020 (51) Int. Cl.: **H02M 1/12** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 05.03.2020 **H02M 7/493** (2007.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2024 **H02M 7/49** (2007.01)
H02M 7/5387 (2007.01)
H02P 27/08 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102010003020 A1
EP 2950434 A1
EP 3101800 A1
US 2005047182 A1
US 2012249045 A1
DE 4020490 A1
EP 2665170 A1
EP 1145416 B1
EP 2665170 A1
DE 102017115639 A1

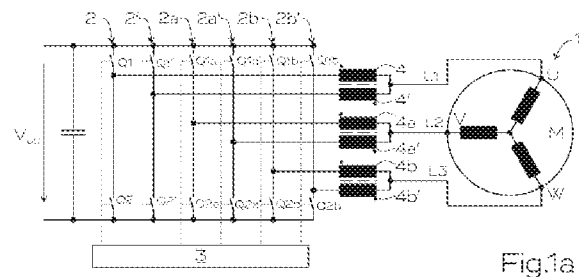
(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
REISINGER Erwin Dr.
8073 Feldkirchen bei Graz (AT)
SCHMIDT Martin Dr. Ing.
63225 Langen (DE)

(74) Vertreter:
Hartinger Mario Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) Maschinenumrichter und Verfahren zum Betrieb eines Maschinenumrichters

(57) Die Erfindung betrifft einen Maschinenumrichter zur Versorgung einer N-phasigen elektrischen Maschine (1) mit Wechselstrom aus einer Gleichspannungsquelle, beispielsweise einer Batterie, einer Brennstoffzelle oder einem Gleichspannungszwischenkreis, wobei für zumindest eine, vorzugsweise jede der N Phasen der elektrischen Maschine (1) M elektronisch steuerbare Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') vorgesehen sind, wobei M größer eins ist, eine die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') in Pulsweitenmodulation ansteuernde Steuerungseinheit (3) vorgesehen ist, und die Steuerungseinheit (3) dazu ausgeführt ist, die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') zumindest einer, vorzugsweise jeder der N Phasen derart zeitversetzt zu aktivieren, dass sich der Strom dieser Phase auf die der Phase zugeordneten M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') im Wesentlichen gleich aufteilt und jeweils für eine im Wesentlichen identische Einschaltdauer t_{on} und zueinander um eine Zeitspanne von im Wesentlichen t_{on}/M verzögert aktiviert. Die Erfindung betrifft ferner eine Belastungseinheit für eine Prüfstand mit einem derartigen Maschinenumrichter ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Maschinenumrichters und die Verwendung eines derartigen Maschinenumrichters zum Betrieb einer Belastungseinheit eines Prüfstands.



Beschreibung

MASCHINENUMRICHTER UND VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES MASCHINENUMRICHTERS

[0001] Die Erfindung betrifft einen Maschinenumrichter sowie Verfahren zum Betrieb eines Maschinenumrichters.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Wechselrichter zum Betrieb von elektrischen Maschinen (Maschinenumrichter) bekannt. Zur Generierung variabler Wechselspannungen sind diese als geschaltete Wechselrichter mit Halbleiter-Brückenschaltungen ausgeführt, die durch ein Modulationsverfahren, beispielsweise Pulsweitenmodulation (PWM) eine Sinus-Wechselspannung aus kurzen Pulsen hoher Frequenz (einige kHz bis über 20 kHz) nachbilden. Derartige Wechselrichter werden auch als Sinus-Wechselrichter bezeichnet. Die Halbleiterschalter schalten die Gleichspannung mit hoher Frequenz ein und aus; der Mittelwert der hochfrequenten, pulswertenmodulierten Schaltfrequenz ist die Ausgangs-Wechselspannung. Die Ausgangs-Wechselspannung setzt sich somit aus kleinen, unterschiedlich breiten Impulsen zusammen; der resultierende Strom nähert so einen netzüblichen sinusförmigen Stromverlauf an.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind hier beispielsweise die Dokumente EP 1145416 B1, DE 102010003020 A1, EP 2950434 A1, EP 3101800 A1 bekannt.

[0004] Derartige geschaltete Wechselrichter finden insbesondere bei Prüfständen für Fahrzeuge Anwendung, da bei derartigen Prüfständen Wechselspannungen variabler Amplitude und Frequenz mit hoher Leistung und gleichzeitig möglichst niedrigem Rippelstrom benötigt werden. In Prüfständen aus dem Stand der Technik wird die elektrische Leistung über einen Gleichspannungs-Zwischenkreis zur Verfügung gestellt, und Maschinenumrichter wandeln die Gleichspannung in die für die jeweilige elektrische Maschine, beispielsweise einen Elektromotor als Belastungsmaschinen eines mechanischen Antriebsstrangs, benötigte Wechselspannung um. In derartigen Maschinenumrichtern wird zumindest eine Halbbrücke je Phase der elektrischen Maschine durch ein PWM-Verfahren über eine Steuereinrichtung angesteuert.

[0005] Eine Problematik herkömmlicher Prüfstände besteht jedoch darin, dass die Maschinenumrichter aufgrund der hohen erforderlichen Leistung von meist über 100 kW und der hohen Gleichspannung von meist über 500 V zu groß sind, um direkt auf der anzutreibenden elektrischen Maschine angeordnet werden zu können. Somit sind lange dreiphasige Anschlussleitungen erforderlich, was jedoch wiederum zu erhöhten elektrischen Störeinflüssen führt. Außerdem entstehen durch die Pulsweitenmodulation der hohen Gleichspannung hochfrequente Störungen, die in den Gleichspannungs-Zwischenkreis zurückwirken und Rippelströme in der angetriebenen elektrischen Maschine bewirken. Die hohe geschaltete Gleichspannung resultiert auch in einer sehr hohen Wechselstrombelastung der eingangsseitigen Kondensatoren durch den blockförmigen Strom.

[0006] Es ist somit eine Aufgabe der Erfindung, mindestens eines dieser Probleme zu lösen. Es soll insbesondere ein Maschinenumrichter zur Verfügung gestellt werden, der kompakt ist und insbesondere in einem Prüfstand für Fahrzeuge oder als Teil einer elektrischen Antriebseinheit eines Fahrzeuges eingesetzt werden kann, ohne den Gleichspannungs-Zwischenkreis übermäßig zu stören und ohne die angetriebene elektrische Maschine mit Rippelströmen zu belasten.

[0007] Diese und andere Aufgaben werden durch einen Maschinenumrichter und ein Verfahren zum Betrieb eines Maschinenumrichters nach den unabhängigen Patentansprüchen gelöst.

[0008] Ein erfindungsgemäßer Maschinenumrichter ist zur Versorgung einer N-phasigen elektrischen Maschine mit Wechselstrom aus einer Gleichspannungsquelle, beispielsweise einer Batterie, einer Brennstoffzelle oder einem Gleichspannungszwischenkreis ausgeführt. Für zumindest eine der N Phasen der elektrischen Maschine sind M elektronisch steuerbare Halbbrücken vorgesehen, wobei M größer eins ist. Es können auch für jede Phase M Halbbrücken vorgesehen sein. Es ist eine die Halbbrücken in Pulsweitenmodulation ansteuernde elektronische Steue-

rungseinheit vorgesehen, die dazu ausgeführt ist, die Halbbrücken zumindest einer der N Phasen derart zeitversetzt zu aktivieren, dass sich der Strom in dieser Phase auf die der Phase zugeordneten M Halbbrücken im Wesentlichen gleich aufteilt. Dadurch ergibt sich eine Erhöhung der Schaltfrequenz des PWM-Verfahrens um den Faktor M und es kann eine glattere und störungsfreiere Nachbildung eines Sinussignals auch bei hohen Spannungen und hohen Frequenzen erreicht werden.

[0009] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die elektronische Steuerungseinheit dazu ausgeführt ist, die Halbbrücken jeder der N Phasen derart zeitversetzt zu aktivieren, dass sich der Strom in jeder Phase auf die der Phase zugeordneten M Halbbrücken im Wesentlichen gleich aufteilt.

[0010] Die Ausgänge der Halbbrücken können direkt in die elektrische Maschine geführt werden, beispielsweise können damit direkt elektrische Wicklungen in der Maschine gespeist werden.

[0011] Erfindungsgemäß kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Ausgänge jener M Halbbrücken, welche dieselbe Phase versorgen, über stromkompensierte Interleaving-Drosseln zusammengeschaltet sind. Dies hat den Vorteil, dass ein glatter Übergang zwischen den geschalteten Halbbrücken möglich ist und Störungen reduziert werden. Stromkompensiert bedeutet dabei, dass die Wicklungen der Drosseln gegensinnig auf einem gemeinsamen Eisenkern verlaufen.

[0012] Die Steuerungseinheit ist dazu ausgeführt, die einer Phase zugeordneten M Halbbrücken jeweils für eine identische Einschaltdauer t_{on} und zueinander um eine Zeitspanne von im Wesentlichen t_{on}/M verzögert zu aktivieren. Mit anderen Worten, die Einschaltdauern der zugeordneten Halbbrücken sind im Wesentlichen gleich lang, nämlich gleich t_{on} , jedoch zueinander um t_{on}/M versetzt. Beispielsweise werden bei $M=2$ die beiden einer Phase zugeordneten Halbbrücken in diesen Ausführungsbeispielen um etwa $t_{on}/2$ verzögert aktiviert.

[0013] Dabei können selbstverständlich geringfügige Abweichungen auftreten, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen, beispielsweise können auch tatsächliche Verzögerungswerte von $0,4 \times t_{on} - 0,6 \times t_{on}$ bei $M=2$ erfindungsgemäß vorgesehen sein. Bei Ausführungsbeispielen mit drei Halbbrücken je Phase, also $M=3$, werden die Halbbrücken jeweils um etwa $t_{on}/3$ verzögert für eine Dauer von t_{on} aktiviert, wobei wiederum eine gewisse Toleranz der Verzögerungswerte vorgesehen sein kann, beispielsweise etwa $0,2 \times t_{on} - 0,4 \times t_{on}$.

[0014] Durch diese Überlagerung der Ansteuersignale einzelner Halbbrücken ergibt sich aus Sicht der angesteuerten Phase eine Erhöhung der Schaltfrequenz um den Faktor M, d.h. bei $M=2$ etwa eine Schaltfrequenzverdoppelung.

[0015] Die Steuereinheit kann dazu ausgeführt sein, ein pulsweitenmoduliertes Ansteuersignal der Halbbrücken mit einer Frequenz zu erzeugen, welche um einen Faktor 5 bis 100, vorzugsweise um einen Faktor 10 bis 20, höher ist als die Frequenz des gewünschten Ausgangssignals (Sinussignals) auf den Phasen. Beispielsweise kann bei einer Frequenz des (Sinus-)Ausgangssignals auf des Phasen von 1 kHz eine Frequenz des pulsweitenmodulierten Ansteuersignals von etwa 5 kHz bis etwa 100 kHz vorgesehen sein. Bei der Verwendung entsprechend ausgeführter Halbleiterschalter kann auch eine noch höhere Frequenz des pulsweitenmodulierten Ansteuersignals vorgesehen sein. Durch die erfindungsgemäße Überlagerung der Ansteuersignale wird diese Frequenz noch weiter erhöht, sodass ein besonders niedriger Rippelstrom erreicht werden kann.

[0016] Erfindungsgemäß kann die die Phasenzahl N gleich drei sein. Die Zahl M der Halbbrücken je Phase kann gleich zwei, drei, vier, fünf, sechs oder höher sein. Jede der Halbbrücken kann zwei gesteuerte Halbleiterschalter Q1, Q2, vorzugsweise SiC-Transistoren umfassen.

[0017] Die Erfindung erstreckt sich ferner auf eine Belastungseinheit für einen Prüfstand mit einem erfindungsgemäßen Maschinenumrichter und einer N-phasigen elektrischen Maschine.

[0018] Erfindungsgemäß sind in der elektrischen Maschine in zumindest einer der N Phasen M separate und gegeneinander isolierte Maschinenwicklungen vorgesehen, wobei die Maschinen-

wicklungen dieser Phase jeweils an eine der Halbbrücken geführt sind. Vorzugsweise sind in jeder der N Phasen M separate und gegeneinander isolierte Maschinenwicklungen vorgesehen, wobei die Maschinenwicklungen jeder Phase jeweils an eine der M Halbbrücken geführt sind. In diesem Fall erübrigt sich die Verwendung von Interleaving-Drosseln, da die Maschinenwicklungen selbst zu der gewünschten Überlagerung des Stromes bzw. des magnetischen Flusses in der Maschine führen.

[0019] Erfindungsgemäß kann für besonders hohe elektrische Leistungen vorgesehen sein, dass für jede der N Phasen der elektrischen Maschine eine separate Wechselrichtereinheit mit jeweils M Halbbrücken vorgesehen ist. Es kann für jede der Wechselrichtereinheiten eine separate Steuereinheit vorgesehen sein, es kann jedoch auch eine gemeinsame Steuereinheit für alle Wechselrichtereinheiten vorgesehen sein.

[0020] Die Erfindung erstreckt sich ferner auf ein Verfahren zur Versorgung einer N-phasigen elektrischen Maschine mit Wechselstrom aus einer Gleichspannungsquelle, beispielsweise einer Batterie, einer Brennstoffzelle oder einem Gleichspannungszwischenkreis. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren sind für zumindest eine, vorzugsweise jede der N Phasen der elektrischen Maschine M elektronisch steuerbare Halbbrücken und eine die Halbbrücken in Pulsweitenmodulation ansteuernde Steuerungseinheit vorgesehen.

[0021] Erfindungsgemäß aktiviert die Steuerungseinheit die Halbbrücken zumindest einer, vorzugsweise jeder Phase derart zeitversetzt, dass sich der Strom in dieser Phase auf die der Phase zugeordneten M Halbbrücken im Wesentlichen gleich aufteilt. Insbesondere kann die Steuerungseinheit die einer Phase zugeordneten M Halbbrücken jeweils für eine identische Einschalt-dauer t_{on} und um einen Zeitversatz von t_{on}/M verzögert aktivieren.

[0022] Die Steuerungseinheit kann als integriertes elektronisches Bauelement ausgeführt sein, kann jedoch auch mehrere getrennte Steuergeräte umfassen.

Die Erfindung erstreckt sich ferner auf die Verwendung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betrieb einer Belastungseinheit eines Prüfstands.

[0023] Weitere erfindungsgemäße Merkmale ergeben sich aus den Patentansprüchen, den Figuren und der nachfolgenden Figurenbeschreibung. Die Erfindung wird im Folgenden an Hand von nicht ausschließlichen Ausführungsbeispielen erläutert:

[0024] Fig. 1a zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Maschinenumrichters bei der Ansteuerung einer elektrischen Maschine unter Verwendung von Interleaving-Drosseln;

[0025] Fig. 1b - 1c zeigen schematische Spannungs- und Stromverläufe bei der Ausübung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0026] Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Maschinenumrichters unter Verwendung einer elektrischen Maschine mit getrennten Wicklungen in jeder der drei Phasen.

[0027] Fig. 1a zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Maschinenumrichters zur Versorgung einer 3-phasigen elektrischen Maschine 1, nämlich eines Elektromotors mit den 3 Wicklungen U, V und W. Der Maschinenumrichter wandelt eine Eingangs-Gleichspannung V_{DC} aus einem Gleichspannungs-Zwischenkreis in drei phasenverschobene Wechselspannungen L_1 , L_2 , L_3 zum Betrieb des Elektromotors um. Zu diesem Zweck umfasst der Maschinenumrichter einen Brücken-Gleichrichter mit sechs Halbbrücken 2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b', wobei jeweils eine Phase U, V, W der elektrischen Maschine 1 über zwei Halbbrücken versorgt wird. Die Halbbrücken umfassen jeweils zwei elektronisch schaltbare Halbleiterschalter Q_1 , Q_2 , Q_1' , Q_2' , Q_{1a} , Q_{2a} , Q_{1a}' , Q_{2a}' , Q_{1b} , Q_{2b} , Q_{1b}' , Q_{2b}' , die mit einer elektronischen Steuereinheit 3 verbunden sind. In diesem Ausführungsbeispiel ist die Steuereinheit 3 als integriertes elektronisches Bauelement realisiert.

[0028] Die Halbleiterschalter sind in diesem Ausführungsbeispiel als SiC-Schalter ausgeführt und weisen eine hohe Spannungsfestigkeit auf.

[0029] Die Steuereinheit 3 schaltet die Halbleiterschalter in einem Pulsweitenmodulations-Verfahren mit einer Grundfrequenz je Schalter von etwa 5 kHz, um für jede der Phasen U, V und W eine möglichst ideale Sinusform bilden zu können. Mit anderen Worten, die Frequenz der Ansteuersignale eines Schalters beträgt in diesem Ausführungsbeispiel etwa 5 kHz.

[0030] Die Steuereinheit 3 ist dazu ausgeführt, jene Halbbrückenpaare, die dieselbe Phase des Elektromotors versorgen, derart zeitversetzt zu aktivieren, dass sich der Strom dieser Phase auf die beiden Halbbrücken im Wesentlichen gleich aufteilt.

[0031] Beispielsweise aktiviert die Steuereinheit 3 zunächst die erste Halbbrücke 2 für eine bestimmte Zeitdauer t_{on} und, nach einer Verzögerungszeit von $t_{on}/2$, die Halbbrücke 2' für eine identische Zeitdauer t_{on} . Dadurch wird die je Halbbrücke übertragene Leistung halbiert und die Frequenz des PWM-Verfahrens pro Phase des Elektromotors verdoppelt. Folglich sinkt der Rippel im Ausgangsstrom und auch störende Rückwirkungen in den Gleichspannungs-Zwischenkreis werden reduziert.

[0032] In diesem Ausführungsbeispiel sind die Ausgänge von je zwei Halbbrücken, welche dieselbe Phase versorgen, über stromkompensierte Interleaving-Drosseln 4, 4', 4a, 4a', 4b, 4b' zusammengeschaltet. Dabei sind für jede Phase zwei gegensinnig laufende Wicklungen auf einem gemeinsamen Eisenkern vorgesehen. Dies ermöglicht die kompakte Ausführung der Drosseln und gleichzeitig einen besonders rippelfreien Betrieb des Brückengleichrichters.

[0033] Fig. 1b zeigt schematisch den zeitlichen Verlauf der Spannung V an der Phase L_1 und den schematischen Verlauf der Einschaltpulse für die Schalter Q_1, Q_2 der ersten Halbbrücke 2 und Q_1', Q_2' der zweiten Halbbrücke 2'. Aus diesem schematischen Diagramm ist die Funktionsweise des PWM-Verfahrens zur Generierung eines möglichst exakten Sinus-Ausgangssignals ersichtlich. Die Periodendauer des PWM-Signals ist mit dem Symbol T gekennzeichnet, wobei der Duty Cycle, also der Tastgrad, des PWM-Signals sinusförmig steigt und fällt, wobei die Periodendauer des Sinus-Ausgangssignals mit dem Symbol T_{L_1} bezeichnet ist und etwa 20 mal höher als T ist.

[0034] Fig. 1c zeigt das in Fig. 1b schematisch angedeutete Detail A in höherem Detailgrad, wobei die Schaltimpulse der Schalter Q_2 und Q_2' sowie der Strom I_2 durch die erste Halbbrücke 2, der Strom I_2' durch die zweite Halbbrücke 2' und der gesamte Strom $I_{ges} = I_2 + I_2'$ der Phase L_1 idealisiert dargestellt sind. Die beiden Halbbrücken werden jeweils für eine identische Einschaltdauer t_{on} aktiviert, wobei die zweite Halbbrücke 2' gegenüber der ersten Halbbrücke 2 um die Zeitspanne $t_{on} / 2$ verzögert aktiviert wird.

[0035] Bezogen auf die Periodendauer der zugeordneten Phase liegt der resultierende Phasenversatz in der Regel bei weniger als 1° , etwa bei $0,1^\circ$. Dadurch wird aus Sicht der Phase L_1 eine Verdoppelung der Frequenz des PWM-Verfahrens erreicht. Durch die Überlagerung der Teilströme I_2 und I_2' reduziert sich die Wechselstrombelastung kapazitiver Elemente, während die Schaltfrequenz der Halbbrücken niedrig bleibt. Im gegenständlichen Ausführungsbeispiel beträgt die Schaltfrequenz jeder einzelnen Halbbrücke etwa 5 kHz, hingegen die Schaltfrequenz des resultierenden Stromverlaufs etwa 10 kHz.

[0036] Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. In diesem Ausführungsbeispiel ist eine Belastungseinheit für einen Prüfstand dargestellt, welche einen Maschinenumrichter und eine 3-phasige elektrische Maschine 1 umfasst. Die Belastungseinheit ist dazu ausgeführt, den mechanischen Antriebsstrang eines Fahrzeugs zu testen.

[0037] Der Maschinenumrichter entspricht dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1a, wobei wiederum je Phase der elektrischen Maschine 1 zwei separat über die Steuereinheit 3 angesteuerte Halbbrücken 2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b' vorgesehen sind. In diesem Ausführungsbeispiel ist die elektrische Maschine 1 jedoch speziell an den Maschinenumrichter angepasst und verfügt in jeder ihrer drei Phasen U, V, W über zwei separate und gegeneinander isolierte Maschinenwicklungen 5, 5', 5a, 5a', 5b, 5b'. Diese Maschinenwicklungen sind über die Anschlüsse $U_1, U_2, V_1, V_2, W_1, W_2$ herausgeführt und mit den Ausgängen der gesteuerten Halbbrücken 2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b' verbunden. Da die Maschinenwicklungen je Phase auf einem gemeinsamen Eisenkern gewickelt sind, erübrigt sich in diesem Ausführungsbeispiel das Anordnen zusätzlicher Interleaving-Dros-

seln, da die Maschinenwicklungen deren Funktion übernehmen.

[0038] Statt eines zentralen Maschinenumrichters kann auch vorgesehen sein, dass jede Phase der elektrischen Maschine 1 über einen separaten Maschinenumrichter mit mehreren Halbbrücken, im vorliegenden Ausführungsbeispiel jeweils zwei Halbbrücken, angesteuert wird. Dies kann besonders bei Anwendungen mit sehr hohen Leistungen vorteilhaft sein.

[0039] Ferner kann vorgesehen sein, dass bei elektrischen Maschinen hoher Leistungen, die mehrere Wicklungen je Phase aufweisen, diese Wicklungen an jeweils separate Maschinenumrichter herausgeführt werden, die über eine gemeinsame oder separate, miteinander verbundene Steuereinheiten gesteuert werden. Beispielsweise können für eine Maschine mit zwei Wicklungen auf jeder Phase zwei separate Maschinenumrichter vorgesehen sein, die jeweils eine der Wicklungen auf den Phasen versorgen.

[0040] Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die vorliegenden Ausführungsbeispiele, sondern umfasst sämtliche Vorrichtungen und Verfahren im Rahmen der nachfolgenden Patentansprüche.

[0041] Hierin verwendete Begriffe wie Umrichter oder Maschinenumrichter sollen nicht zu eng ausgelegt werden. Unter einem erfindungsgemäßen Umrichter oder Maschinenumrichter kann jede gesteuerte elektrische und/oder elektronische Schaltung verstanden werden, die eine Gleichspannung in eine Wechselspannung umwandelt, oder eine Wechselspannung in eine andere Wechselspannung umwandelt. Bei einer derartigen Schaltung kann es sich beispielsweise, aber nicht ausschließlich, um einen Direktumrichter, einen Matrixumrichter, einen Wechselspannungswandler, einen geschalteten Brückenwechselrichter oder dergleichen handeln. Die konkrete schaltungstechnische Realisierung des Umrichters ist nicht wesentlich. Erfindungsgemäß vorgesehene Umrichter können auch eine interne galvanische Trennung vorsehen und können für hohe elektrische Leistungen vorgesehen sein, beispielsweise Leistungen im Bereich von 100 kW bei einer Gleichspannung von 850 V bzw. 300 kVA Wechselstromleistung.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Elektrische Maschine
2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b'	Halbbrücke
3	Steuerungseinheit
4, 4', 4a, 4a', 4b, 4b'	Interleaving-Drossel
5, 5', 5a, 5a', 5b, 5b'	Maschinenwicklungen

Patentansprüche

1. Maschinenumrichter zur Versorgung einer N-phasigen elektrischen Maschine (1) mit Wechselstrom aus einer Gleichspannungsquelle, beispielsweise einer Batterie, einer Brennstoffzelle oder einem Gleichspannungszwischenkreis, wobei
 - für zumindest eine, vorzugsweise jede der N Phasen der elektrischen Maschine (1) M elektronisch steuerbare Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') vorgesehen sind, wobei M größer eins ist,
 - eine die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') in Pulsweitenmodulation ansteuernde Steuerungseinheit (3) vorgesehen ist,
 - die Steuerungseinheit (3) dazu ausgeführt ist, die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') zumindest einer, vorzugsweise jeder der N Phasen derart zeitversetzt zu aktivieren, dass sich der Strom dieser Phase auf die der Phase zugeordneten M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') im Wesentlichen gleich aufteilt und die einer Phase zugeordneten M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') jeweils für eine im Wesentlichen identische Einschaltdauer t_{on} aktiviert,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - die Steuerungseinheit (3) die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') zueinander um eine Zeitspanne von im Wesentlichen t_{on}/M verzögert aktiviert.
2. Maschinenumrichter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgänge der M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b'), welche dieselbe Phase versorgen, über stromkompensierte Interleaving-Drosseln (4, 4', 4a, 4a', 4b, 4b') zusammengeschaltet sind.
3. Maschinenumrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Phasenzahl N gleich drei ist.
4. Maschinenumrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahl M der Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') je Phase gleich zwei, drei, vier, fünf, sechs oder höher ist, und/oder dass jede der Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') zwei gesteuerte Halbleiterschalter Q_1, Q_2 , vorzugsweise SiC-Transistoren, umfassen.
5. Belastungseinheit für einen Prüfstand, umfassend einen Maschinenumrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und eine N-phasige elektrische Maschine (1),
dadurch gekennzeichnet, dass
 - in der elektrischen Maschine (1) in zumindest einer, vorzugsweise in jeder der N Phasen M separate und gegeneinander isolierte Maschinenwicklungen (5, 5', 5a, 5a', 5b, 5b') vorgesehen sind,
 - wobei die Maschinenwicklungen (5, 5', 5a, 5a', 5b, 5b') dieser, vorzugsweise jeder Phase jeweils an eine der M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') geführt sind.
6. Antriebseinheit eines Fahrzeuges, umfassend einen Maschinenumrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und eine N-phasige elektrische Maschine (1),
dadurch gekennzeichnet, dass
 - in der elektrischen Maschine (1) in zumindest einer, vorzugsweise in jeder der N Phasen M separate und gegeneinander isolierte Maschinenwicklungen (5, 5', 5a, 5a', 5b, 5b') vorgesehen sind,
 - wobei die Maschinenwicklungen (5, 5', 5a, 5a', 5b, 5b') dieser, vorzugsweise jeder Phase jeweils an eine der M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') geführt sind.
7. Verfahren zur Versorgung einer N-phasigen elektrischen Maschine (1) mit Wechselstrom aus einer Gleichspannungsquelle, beispielsweise einer Batterie, einer Brennstoffzelle oder einem Gleichspannungszwischenkreis, wobei für zumindest eine, vorzugsweise jede der N Phasen der elektrischen Maschine (1) M elektronisch steuerbare Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') vorgesehen sind, und eine die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') in Pulsweitenmodulation ansteuernde Steuerungseinheit (3) vorgesehen ist, wobei die Steuerungseinheit (3) die Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') zumindest einer, vorzugsweise jeder Phase derart zeitversetzt aktiviert, dass sich der Strom dieser Phase auf die der

Phase zugeordneten M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') im Wesentlichen gleich aufteilt und jeweils für eine identische Einschaltdauer t_{on} aktiviert, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerungseinheit (3) die M Halbbrücken (2, 2', 2a, 2a', 2b, 2b') zueinander um einen Zeitspanne von t_{on}/M verzögert aktiviert.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

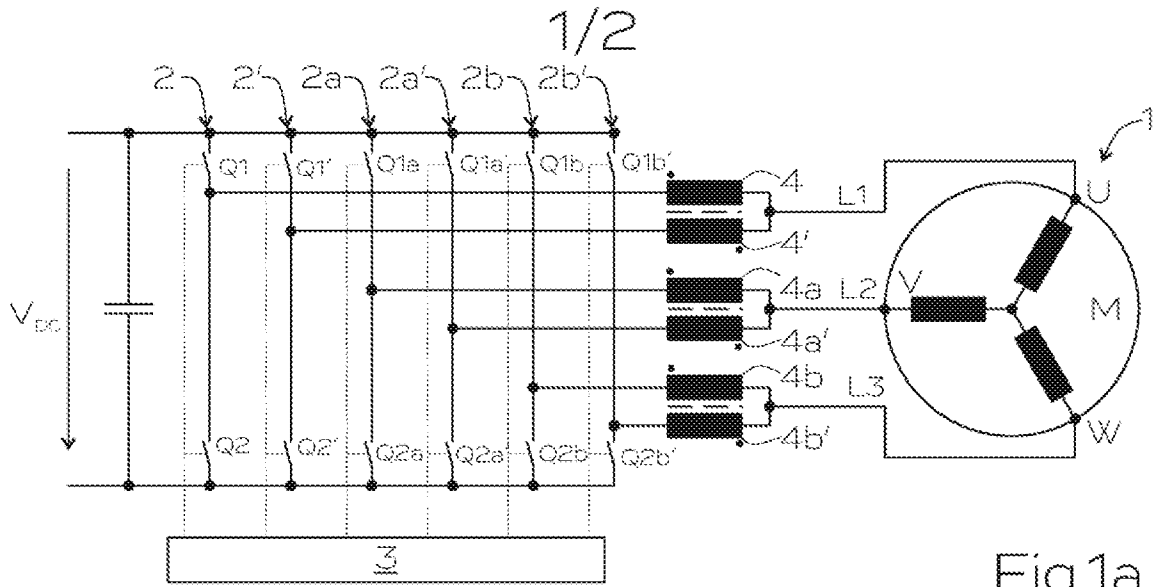


Fig.1a

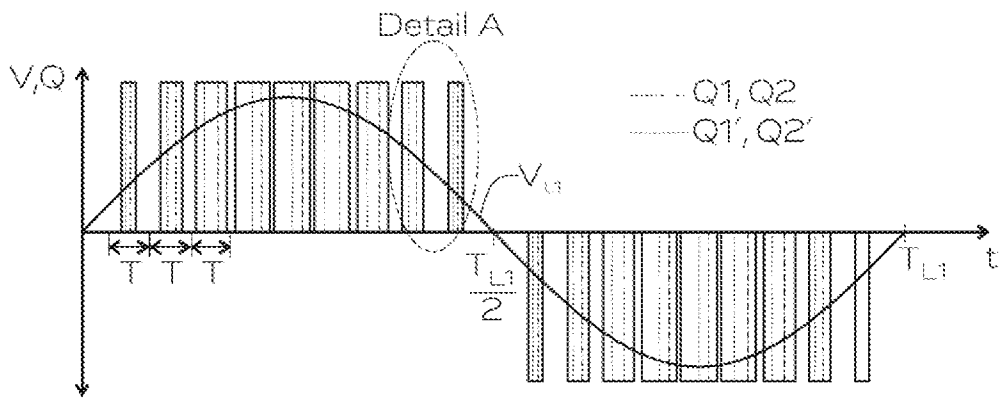


Fig.1b

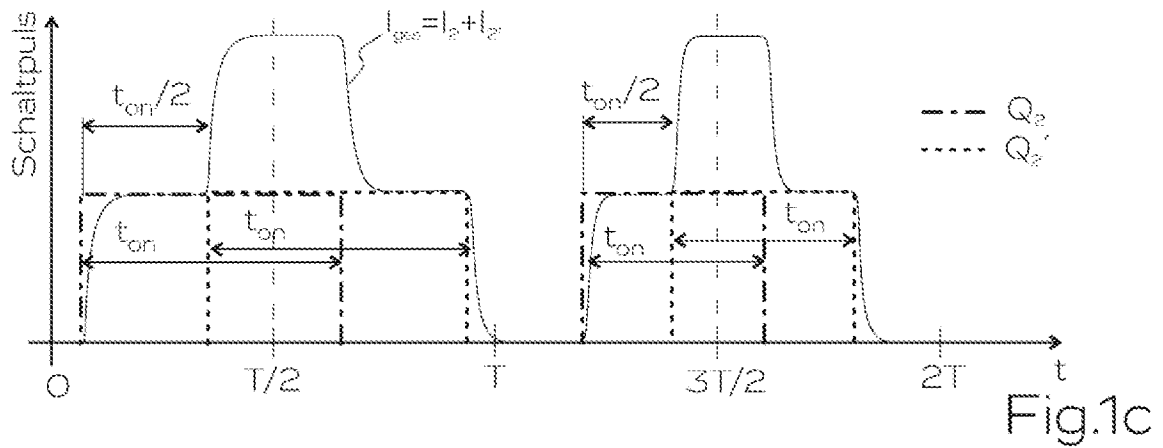


Fig.1c

2/2

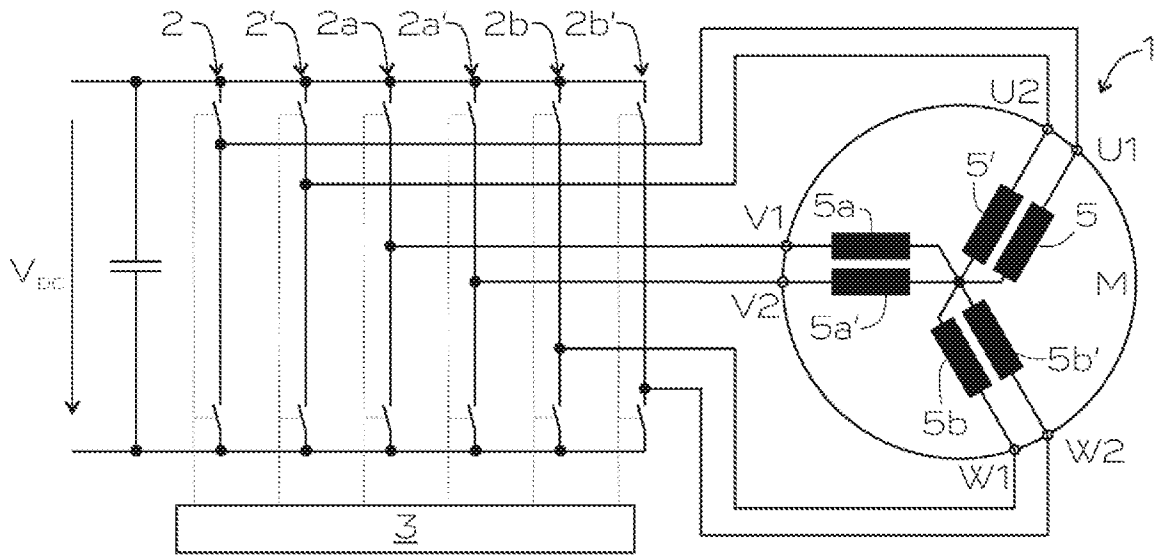


Fig.2