

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50317/2018
(22) Anmeldetag: 13.04.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2019

(51) Int. Cl.: **H02M 7/5387** (2007.01)
B60L 11/12 (2006.01)
G05F 1/67 (2006.01)
H01L 41/187 (2006.01)
H02P 27/06 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 19959171 A1
EP 0281260 A2
US 9070865 B1
US 2013009581 A1
EP 2509207 A2
US 2008245990 A1
EP 2509207 A2
US 2009207555 A1

(71) Patentanmelder:
CeraCap Engel KG
8430 Leibnitz (AT)

(74) Vertreter:
WIRNSBERGER & LERCHBAUM
Patentanwälte OG
8700 Leoben (AT)

(54) **Wechselrichter mit Zwischenkreis**

(57) Die Erfindung betrifft eine Wechselrichterschaltung (1), aufweisend einen Wechselrichter (2) und zumindest einen Zwischenkreis (3). Um eine hohe Praktikabilität und Energieeffizienz zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass im Zwischenkreis (3) ein keramisches Bauelement (9) angeordnet ist, wobei das keramische Bauelement (9) ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum mit zumindest einem Impedanz-Maximum aufweist. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Verwendung einer solchen Wechselrichterschaltung (1). Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Umwandeln einer elektrischen Gleichspannung in eine elektrische Wechselspannung mit einer solchen Wechselrichterschaltung (1).

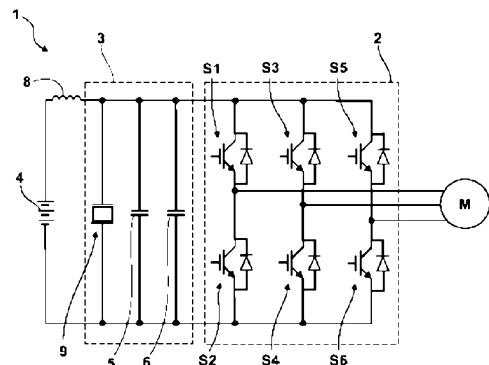


Fig. 3

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Wechselrichterschaltung (1), aufweisend einen Wechselrichter (2) und zumindest einen Zwischenkreis (3). Um eine hohe Praktikabilität und Energieeffizienz zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass im
5 Zwischenkreis (3) ein keramisches Bauelement (9) angeordnet ist, wobei das keramische Bauelement (9) ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum mit zumindest einem Impedanz-Maximum aufweist.

10 Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Verwendung einer solchen Wechselrichterschaltung (1).

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Umwandeln einer elektrischen Gleichspannung in eine elektrische Wechselspannung mit einer solchen
15 Wechselrichterschaltung (1).

Fig. 3

Wechselrichter mit Zwischenkreis

Die Erfindung betrifft eine Wechselrichterschaltung, aufweisend einen Wechselrichter und zumindest einen Zwischenkreis.

5

Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Verwendung einer solchen Wechselrichterschaltung.

Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Umwandeln einer elektrischen Gleichspannung in eine elektrische Wechselspannung mit einer Wechselrichterschaltung aufweisend einen Wechselrichter und zumindest einen Zwischenkreis.

10

Es ist bekannt zur Umformung einer zur Verfügung gestellten Gleichspannung in Wechselspannung, beispielsweise um einen elektrischen Motor anzutreiben, eine Wechselrichterschaltung einzusetzen, welche einen Wechselrichter und einen dem Wechselrichter vorgelagerten Zwischenkreis aufweist. Der Wechselrichter weist dabei üblicherweise zumindest einen, in der Regel mehrere Schalter bzw. Stromventile auf, welche mit einer hohen Frequenz geschaltet werden können, um eine Rechteckspannung mit variabler Frequenz zu generieren. Der Zwischenkreis weist üblicherweise einen Stützkondensator zur Stabilisierung der zugeführten Spannung sowie häufig weitere elektrische Filterbauteile auf, um ein schnelles und verlustarmes Schalten der Schalter zu unterstützen, unerwünschte Frequenzen der Wechselspannung zu reduzieren und eine Rechteckspannung mit steilen Anstiegsflanken zu erzeugen.

15
20

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Wechselrichterschaltung zur Ansteuerung eines Elektromotors, welche an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen ist. Ersichtlich sind die Gleichspannungsquelle in Form eines Akkumulators, ein Zwischenkreis mit einem Stützkondensator und ein Wechselrichter mit sechs Schaltern. Die Schalter sind in Form einer Brückenschaltung angeordnet, wobei jeweils zwei Schalter in Reihe geschaltet sind. Die einzelnen Anschlüsse bzw. Phasen des Elektromotors zweigen jeweils zwischen zwei Schaltern ab. Jede der Phasen kann gesondert über jeweils einen Schalter mit dem Pluspol oder Minuspol der Gleichspannungsquelle verbunden werden, wobei zwei in Reihe angeordnete Schalter in der Regel im Gegentakt betrieben werden. Als Schalter werden üblicherweise

25
30

abschaltbare Halbleiterschalter, insbesondere Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (IGBTs), mit parallel geschalteten Dioden, sogenannten Freilaufdioden, verwendet.

5 Beim Schalten der Schalter einer derartigen Wechselrichterschaltung, häufig mit durchschnittlichen Schaltfrequenzen von etwa 20 kHz bis 30 kHz, entstehen in der Regel aufgrund von Induktivitäten der Schaltung, insbesondere von Induktivitäten von Verbindungsleitungen zwischen den Schaltern und der Gleichspannungsquelle sowie dem Stützkondensator, Induktionsspannungsschübe, welche zu Überspannungen an den
10 Bauteilen führen sowie sehr hochfrequente Schwingungen bewirken. Um diese Induktionsspannungsschübe zu dämpfen, ist es üblich, einen zusätzlichen Kondensator, einen sogenannten Snubber-Kondensator niederinduktiv, also unter Minimierung von Leitungslängen, in den Zwischenkreis zu integrieren. In der Regel wird der Snubber-Kondensator hierzu parallel zum Stützkondensator dem Wechselrichter vorgeschaltet.

15 Insbesondere bei einer Wechselrichterschaltung in einem Elektrofahrzeug, beispielsweise einem Hauptwechselrichter zur Ansteuerung des Elektromotors des Elektrofahrzeuges, besteht des Weiteren die Notwendigkeit, niederfrequente Strom- und Spannungsschwankungen von Lastkreisen bzw. Energieversorgungskreisen,
20 beispielsweise bei Lastwechselforgängen bzw. Stromschwankungen vom oder zum Akkumulator, zu dämpfen. Derartige niederfrequente Schwankungen weisen meist eine Frequenz von etwa 5 kHz bis 15 kHz auf und werden üblicherweise und auch im Folgenden als Lastwechselfrequenzen bezeichnet. Um die Lastwechselfrequenzen zu dämpfen, hat es sich bewährt, einen weiteren Kondensator, einen sogenannten
25 Dämpfungskondensator, als Dämpfungfilter in den Zwischenkreis zu integrieren.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer derartigen Wechselrichterschaltung, welche zur Ansteuerung eines Elektromotors in einem Elektrofahrzeug üblich ist. Solche Leistungswechselrichterschaltungen werden üblicherweise mit Betriebsspannungen
30 zwischen 400 V und 800 V betrieben. Im Unterschied zur Fig. 1 weist hierbei ein dem Wechselrichter vorgeschalteter Zwischenkreis neben einem Stützkondensator zusätzlich einen Snubber-Kondensator zur Minderung von Induktionsspannungsschüben und außerdem einen Dämpfungskondensator zur Dämpfung von Lastwechselfrequenzen auf. In Fig. 2 ist der Dämpfungskondensator mit einem üblichen RCL-Ersatzserienschaltsbild,

aufweisend einen Kondensator (Serienkapazität), einen Widerstand (Serienwiderstand) sowie eine Spule (Serieninduktivität), dargestellt.

Der Stützkondensator und der Snubber-Kondensator sind üblicherweise als

5 Vielschichtkondensatoren ausgebildet. Der Dämpfungskondensator ist meist als großvolumiger Aluminiumelektrolytkondensator oder Folienkondensator ausgebildet, welcher einen genügend hohen ohmschen Serien-Widerstand bzw. Eigenwiderstand aufweist, um eine ausreichende Dämpfung der Lastwechselfrequenzen zu bewirken.

10 Eine derartige Anordnung mit Vielschichtkondensatoren bzw. Elektrolytkondensatoren bzw. Folienkondensatoren führt jedoch zu einem sehr großen Volumen der Wechselrichterschaltung. Eine derartige Anordnung von Kondensatoren beansprucht in der Regel fast die Hälfte eines Volumens einer solchen Wechselrichterschaltung und ist entsprechend wenig praktikabel im Einsatz.

15

Es gibt daher Bestrebungen, eine solche Leistungswechselrichterschaltung bzw. deren Anordnung von Kondensatoren zu minimieren. Aufgrund eines großen Volumens und einer mangelnden Temperaturfestigkeit bei hohen Temperaturen der vorgenannten

20 Kondensatoren besteht eine Alternative darin, stattdessen Keramik-Kondensatoren einzusetzen, da diese bedeutend geringere Volumina aufweisen. Ein weiterer Vorteil von Keramik-Kondensatoren liegt außerdem in deren besseren Hochfrequenz-Eignung, wodurch ein hochfrequentes Schalten der Schalter bei geringeren Verlusten möglich ist. Schaltfrequenzen an einem solchen Kondensator im Zwischenkreis können dabei bis zu 200 kHz und darüber betragen. Allerdings erweist es sich bei derartigen

25 Leistungswechselrichterschaltungen als schwierig, Kondensatoren, welche als Filterelemente bzw. Dämpfungselemente wirken, als Keramik-Kondensatoren auszubilden, da diese in der Regel ungenügende Serien-Widerstände bzw.

Eigenwiderstände bei den zu dimensionierenden Kapazitäten aufweisen. Insbesondere den Dämpfungskondensator als Keramik-Kondensator auszubilden, erweist sich als
30 problematisch, da mit einem solchen nur eine ungenügende Dämpfung der Lastwechselfrequenzen erreichbar ist. Zur Lösung dieser Problematik wird daher häufig ein zusätzlicher Widerstand zu einem als Keramik-Kondensator ausgebildeten Dämpfungskondensator in Serie geschaltet, um die Lastwechselfrequenzen ausreichend zu dämpfen. Dies führt allerdings gleichzeitig dazu, dass der hochfrequente

Schaltvorgang durch die Schalter des Wechselrichters ebenfalls gedämpft wird, wodurch erhöhte energetische Verluste in Kauf genommen werden müssen.

5 Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Wechselrichterschaltung der eingangs genannten Art anzugeben, welche eine hohe Praktikabilität und Energieeffizienz aufweist.

Weiter ist es ein Ziel, eine Verwendung einer solchen Wechselrichterschaltung anzugeben.

10

Darüber hinaus ist es ein Ziel, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, welches ein Umwandeln einer elektrischen Gleichspannung in eine elektrische Wechselfrequenz mit hoher Praktikabilität und Energieeffizienz ermöglicht.

15 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einer Wechselrichterschaltung der eingangs genannten Art im Zwischenkreis ein keramisches Bauelement angeordnet ist, wobei das keramische Bauelement ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum mit zumindest einem Impedanz-Maximum aufweist.

20 Grundlage der Erfindung ist die Idee, in den Zwischenkreis ein Bauelement einzubringen, welches mit relativ kleinem Volumen ausgebildet werden kann, eine ausgeprägte Hochfrequenz-Eignung und Temperaturbelastbarkeit aufweist, gleichzeitig aber auch einen frequenzabhängigen Widerstand bzw. eine frequenzabhängige Impedanz aufweist, sodass unerwünschte Frequenzen, beispielsweise niederfrequente

25 Lastwechselfrequenzen, gefiltert bzw. gedämpft und erwünschte Frequenzen, wie etwa hochfrequente Schaltfrequenzen der Schalter des Wechselrichters, möglichst ungestört bleiben. Derartige Anforderungen werden von einem keramischen Bauelement, welches ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum mit zumindest einem Impedanz-Maximum aufweist, erfüllt. Das keramische Bauelement stellt damit ein frequenzselektives

30 Dämpfungselement bzw. Filterelement dar. Um Lastwechselfrequenzen zu dämpfen, ist es somit beispielsweise zweckmäßig, wenn das keramische Bauelement in Serie zu einem als Keramik-Kondensator ausgebildeten Dämpfungskondensator angeordnet ist. Dadurch werden vor allem Frequenzen am Impedanz-Maximum bzw. in dessen Nähe gedämpft, während andere Frequenzen, vorzugsweise Schaltfrequenzen der Schalter des

Wechselrichters, weitgehend unbeeinflusst bleiben. Es versteht sich, dass eine Frequenz am Impedanz-Maximum in diesem Fall im Bereich der Lastwechselfrequenzen liegt. Bei üblichen Wechselrichterschaltungen für Elektroautos liegen solche

- 5 Lastwechselfrequenzen meist im Bereich von 5 kHz bis 15 kHz, während Schaltfrequenzen der Schalter des Wechselrichters häufig im Bereich von 20 kHz bis 30 kHz und darüber liegen.

Vorteilhaft ist es, wenn das keramische Bauteil ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum mit mehreren Impedanz-Maxima aufweist. Ein solches

- 10 Impedanzspektrum weist in der Regel ein oder mehrere Impedanz-Minima auf, welche zwischen den Impedanz-Maxima liegen. Auf diese Weise können unterschiedliche Frequenzbereiche mit nur einem Bauteil selektiv gedämpft bzw. gefiltert werden, wodurch energetische Verluste minimiert werden. Eine durchschnittliche Schaltfrequenz eines Schalters des Wechselrichters befindet sich dabei zweckmäßig bei einer Frequenz mit
- 15 geringer Impedanz im Impedanzspektrum, insbesondere bei einer Frequenz eines Impedanz-Minimums im Impedanzspektrum, wodurch erwünschte Schaltfrequenzen bzw. Kommutationsströme der Wechselrichterschaltung möglichst wenig gedämpft werden.

- 20 Es versteht sich, dass eine Formulierung eines Dämpfens bzw. Filterns einer Frequenz in diesem Zusammenhang bedeutet, dass eine Amplitude einer Strom- bzw. Spannungsschwingung bei dieser Frequenz gedämpft bzw. minimiert wird. Entsprechend analog ist auch ein Dämpfen bzw. Filtern von mehreren Frequenzen, beispielsweise von Lastwechselfrequenzen und/oder Schaltfrequenzen zu interpretieren.

- 25 Der Zwischenkreis ist dabei in der Regel dem Wechselrichter vorgeschaltet bzw. zwischen dem Wechselrichter und einer Gleichstromquelle bzw. einem zugeführten Gleichstrom angeordnet. Der Zwischenkreis wird dann häufig als Eingangszwischenkreis bezeichnet. Es ist aber auch möglich und kann vorteilhaft sein, wenn der Zwischenkreis dem Wechselrichter nachgeschaltet ist, um eine Dämpfung bzw. Filterung einer Frequenz
- 30 einer durch den Wechselrichter erzeugten Wechselspannung vorzunehmen. Ein solcher Zwischenkreis wird dann häufig als Ausgangszwischenkreis bezeichnet.

Hinsichtlich einer hohen Praktikabilität und Energieeffizienz der Wechselrichterschaltung hat es sich besonders bewährt, wenn der Wechselrichter als dreiphasiger Wechselrichter

ausgebildet ist. Der Wechselrichter kann jedoch grundsätzlich als einphasiger oder mehrphasiger Wechselrichter ausgebildet sein, wie diese etwa dem Fachmann aus dem Stand der Technik bekannt sind, um eine hohe Praktikabilität und Energieeffizienz zu erreichen.

5

Vorteilhaft ist vorgesehen, dass das keramische Bauelement mit oder aus einer Piezokeramik gebildet ist. Piezokeramiken sind Keramiken, welche piezoelektrische Eigenschaften aufweisen. Verformungen der Piezokeramik bewirken eine Änderung einer elektrischen Polarisierung bzw. einer elektrischen Spannung an der Piezokeramik und umgekehrt. Auf diese Weise können bekanntermaßen Bauelemente mit oder aus einer Piezokeramik hergestellt werden, welche aufgrund der piezoelektrischen Eigenschaften zu akustischen Schwingungen mit einer oder mehreren Resonanzfrequenzen anregbar sind. Eine akustische Resonanzfrequenz korrespondiert dabei mit einem Impedanz-Maximum im Impedanzspektrum des keramischen Bauelementes. Die

10

15

Resonanzfrequenzen bzw. Impedanz-Maxima bzw. Frequenzen der Impedanz-Maxima sind dabei abhängig vom Material, einer akustischen Schwingungsart und/oder einer Geometrie der Piezokeramik bzw. des Bauelementes. Auf diese Weise kann das keramische Bauelement bzw. die Wechselrichterschaltung auf einen spezifischen Einsatzzweck durch die Wahl eines geeigneten Impedanzspektrums abgestimmt werden.

20

Grundsätzlich können verschiedene akustische Schwingungsarten genutzt werden, um das Impedanzspektrum auszubilden, beispielsweise Längsschwingungen, Dickenschwingungen, Radialschwingungen, Wänddickenschwingungen und/oder Scherschwingungen. Bevorzugt ist es, wenn die Piezokeramik bzw. das keramische Bauelement derart ausgebildet ist, dass diese bzw. dieses in einer Arbeitsposition mit einer Längsschwingung schwingt. Dadurch ist eine Herstellung des Bauteiles vereinfacht, da das Bauteil modular aus mehreren einzelnen parallel geschalteten längsschwingenden Bauteilelementen hergestellt werden kann.

25

Als Piezokeramik sind grundsätzlich alle ferroelektrischen oder antiferroelektrischen

30

Keramiken geeignet. Antiferroelektrische Keramiken weisen piezoelektrische Eigenschaften in der Regel erst bei Anlegen eines elektrischen Feldes bzw. einer elektrischen Spannung auf. Der Begriff Piezokeramik umfasst damit insbesondere antiferroelektrische Keramiken, an welche ein elektrisches Feld bzw. eine elektrische Spannung angelegt ist. Aufgrund deren hohen Dielektrizitätskonstanten hat es sich

bewährt, wenn die Piezokeramik mit oder aus, insbesondere dotiertem, BaTiO_3 und/oder, insbesondere dotiertem, Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) und/oder, insbesondere dotiertem, Blei-Neodym-Zirkonat-Titanat (PNZT) gebildet ist.

5 Besonders günstig ist es, wenn die Piezokeramik mit oder aus, insbesondere dotiertem, Blei-Lanthan-Zirkonat-Titanat (PLZT) und/oder, insbesondere dotiertem, Blei-Barium-Lanthan-Zirkonat-Titanat (PBLZT) gebildet ist. Diese weisen hohe Dielektrizitätskonstanten bei hohen Feldstärken auf und können zudem dauerhaft bei hohen Temperaturen betrieben werden. Eine hohe Temperaturbeständigkeit ist
10 besonders dann relevant, wenn das keramische Bauteil in der Nähe von Halbleiterschaltern angeordnet ist, etwa wenn die Schalter des Wechselrichters als Halbleiterschalter ausgebildet sind, da diese im Betrieb in der Regel eine hohe Temperatur aufweisen.

15 Mit Vorteil ist vorgesehen, dass das keramische Bauelement als Keramikresonator ausgebildet ist. Dadurch ist das Bauteil als schwingendes mechanisches System ausgebildet, welches besonders robust ist. Dabei ist die Piezokeramik üblicherweise von einem, insbesondere schallweichen, Rahmen oder einer, insbesondere schallweichen, Umhüllung derart formschlüssig gehalten, dass akustische Schwingungen der
20 Piezokeramik ermöglicht sind.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass das keramische Bauelement als Kondensator ausgebildet ist, wobei die Piezokeramik ein Dielektrikum des Kondensators bildet. Auf diese Weise wird ein mechanisch schwingfähiger Kondensator gebildet, wodurch die Eigenschaften
25 eines Kondensators mit dem frequenzabhängigen Impedanzspektrum der Piezokeramik in einem Bauteil kombiniert sind. Dies ermöglicht ein besonders kompaktes und robustes Ausbilden des keramischen Bauelementes. Zweckmäßig kann somit beispielsweise der Dämpfungskondensator durch das keramische Bauteil ersetzt sein bzw. das keramische Bauteil als Dämpfungskondensator im Zwischenkreis angeordnet sein, um
30 Lastwechselfrequenzen zu dämpfen. Hierzu ist vorgesehen, dass das Impedanzspektrum des keramischen Bauelementes bzw. der Piezokeramik bei den Lastwechselfrequenzen ein Impedanz-Maximum aufweist. Um die Schaltfrequenzen der Schalter des Wechselrichters möglichst wenig zu beeinflussen, ist es günstig, wenn das Impedanzspektrum ein Impedanz-Minimum bei einer durchschnittlichen Schaltfrequenz

eines Schalters des Wechselrichters aufweist. Vorteilhaft ist es, wenn das Impedanzspektrum alternativ oder zudem ein Impedanz-Maximum bei einer Frequenz eines Induktionsspannungsstoßes aufweist, welcher durch das Schalten eines Schalters des Wechselrichters verursacht wird. Auf diese Weise kann das keramische Bauelement alternativ oder zusätzlich eine Funktion eines Snubber-Kondensators übernehmen. Das keramische Bauelement kann somit sowohl einen konventionellen Dämpfungskondensator als auch einen konventionellen Snubber-Kondensator im Zwischenkreis ersetzen.

- 10 Um das keramische Bauelement kompakt auszubilden, hat es sich bewährt, dass die Piezokeramik in mehreren übereinanderliegenden Lagen angeordnet ist, wobei zwischen den Lagen Innenelektroden angeordnet sind. Zudem kann dadurch eine Länge der Piezokeramik bzw. des Bauelementes definiert werden und damit ein akustisches Schwingungsspektrum der Piezokeramik bzw. des Bauelementes und das
- 15 Impedanzspektrum eingestellt werden. Ist das keramische Bauteil als Kondensator ausgebildet, kann auf diese Weise zudem eine Kapazität des Kondensators eingestellt werden.

- Bevorzugt ist es, wenn die Innenelektroden durch zumindest einen elektrisch leitenden Verbindungsstreifen verbunden sind, welcher mäanderförmig geformt ist. Der Verbindungsstreifen stellt dabei in der Regel eine Außenkontaktierung des Bauteiles dar. Indem der Verbindungsstreifen mäanderförmig geformt ist, ist eine elektrische Verbindung zwischen den Innenelektroden und dem Verbindungsstreifen auch während akustischer Schwingungen der Piezokeramik sichergestellt. Üblicherweise sind dabei zumindest zwei
- 25 Verbindungsstreifen vorgesehen, welche mit unterschiedlichen Innenelektroden elektrisch verbunden sind.

- Um eine hohe Stromspezifikation sicherzustellen, ist vorteilhaft vorgesehen, dass die Innenelektroden und/oder der zumindest eine Verbindungsstreifen als insbesondere
- 30 hochstromfähige Beschichtungen ausgebildet sind. Eine hochstromfähige Beschichtung wird dabei üblicherweise durch eine Metallisierung mit einem Sputter-Verfahren erreicht.

Es hat sich bewährt, dass eine Polarisationsrichtung der Piezokeramik durch Anlegen eines elektrischen Feldes festgelegt ist. Dadurch kann eine bevorzugte

Polarisationsrichtung auf einfache Weise eingestellt werden. Üblicherweise wird hierzu im Rahmen eines Herstellungsprozesses der Piezokeramik bzw. des keramischen Bauelementes ein elektrisches Feld mit einer elektrischen Feldstärke von mehr als 3 kV/mm an die Piezokeramik bzw. das keramische Bauteil angelegt.

5

Mit Vorteil ist vorgesehen, dass der Wechselrichter derart ausgebildet ist, dass ein Schalter des Wechselrichters mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz schaltbar ist, welche zumindest doppelt so groß wie eine Frequenz am Impedanz-Maximum ist. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass die Schaltfrequenz durch eine durch das Impedanz-Maximum verursachte Dämpfung bzw. Filterung kaum beeinflusst wird. Weist das Impedanzspektrum ein oder mehrere Impedanz-Minima auf, ist es vorteilhaft, wenn ein Schalter des Wechselrichters mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz schaltbar ist, welche einer Frequenz an einem Impedanz-Minimum entspricht, um eine Filterung bzw. Dämpfung der Schaltfrequenzen zu vermeiden.

10

Eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Wechselrichterschaltung erfolgt mit Vorteil in einem eine Gleichspannungsquelle aufweisenden Fahrzeug, insbesondere zur Steuerung bzw. Energieversorgung eines Elektromotors.

20 Bewährt hat sich zudem eine Verwendung einer erfindungsgemäßen Wechselrichterschaltung als Solarwechselrichter.

Das weitere Ziel der Erfindung wird durch ein Verfahren der eingangs genannten Art erreicht, wobei im Zwischenkreis ein keramisches Bauelement angeordnet wird, wobei 25 das keramische Bauelement ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum mit zumindest einem Impedanz-Maximum aufweist und zumindest ein Schalter des Wechselrichters mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz geschaltet wird, welche einer Frequenz außerhalb des zumindest einen Impedanz-Maximums, insbesondere einer Frequenz bei zumindest einem Impedanz-Minimum, entspricht. Dadurch können unerwünschte Frequenzen, 30 beispielsweise Lastwechselfrequenzen, gedämpft werden, während die Schaltfrequenzen nur wenig beeinflusst werden. Günstig ist es hierzu, wenn sämtliche Schalter des Wechselrichters mit durchschnittlichen Frequenzen betrieben werden, welche Frequenzen außerhalb des zumindest einen Impedanz-Maximums, insbesondere Frequenzen bei zumindest einem Impedanz-Minimum, entsprechen.

Vorteilhaft ist es, wenn der zumindest eine Schalter des Wechselrichters mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz geschaltet wird, welche doppelt so groß wie eine Frequenz am Impedanz-Maximum ist. Dadurch wird erreicht, dass die Schaltfrequenz durch eine durch das Impedanz-Maximum verursachte Filterung bzw. Dämpfung kaum beeinflusst wird. Zweckmäßig werden sämtliche Schalter des Wechselrichters
5 entsprechend geschaltet.

Mit Vorteil ist die Wechselrichterschaltung dabei entsprechend einer erfindungsgemäßen Wechselrichterschaltung mit den zugehörigen Merkmalen, Wirkungen und Vorteilen
10 ausgebildet.

Es hat sich bewährt, wenn das Impedanzspektrum mehrere Impedanz-Maxima aufweist. Es versteht sich, dass ein solches Impedanzspektrum in der Regel ein oder mehrere Impedanz-Minima aufweist, welche zwischen den Impedanz-Maxima angeordnet sind. Auf
15 diese Weise können unterschiedliche Frequenzbereiche mit nur einem Bauteil selektiv gedämpft bzw. gefiltert werden, wodurch energetische Verluste minimiert werden. Zweckmäßig ist es, analog dem Vorbeschriebenen, wenn der zumindest eine Schalter des Wechselrichters mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz geschaltet wird, welche einer Frequenz außerhalb der Impedanz-Maxima im Impedanzspektrum, insbesondere
20 einer Frequenz bei einem Impedanz-Minimum, entspricht.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug
genommen wird, zeigen:

25

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer aus dem Stand der Technik bekannten Wechselrichterschaltung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer weiteren aus dem Stand der Technik bekannten Wechselrichterschaltung;

30

Fig. 3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Wechselrichterschaltung;
Fig. 4 eine graphische Darstellung eines frequenzabhängigen Impedanzspektrums eines keramischen Bauelementes.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer aus dem Stand der Technik bekannten Wechselrichterschaltung 1 zur Ansteuerung eines Elektromotors M, welche an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen ist. Ersichtlich sind die Gleichspannungsquelle in Form eines Akkumulators 4, ein dreiphasiger Wechselrichter 2 und ein dem

5 Wechselrichter 2 vorgeschalteter Zwischenkreis 3 mit einem Stützkondensator 5. Der Zwischenkreis 3 ist dabei zwischen dem Akkumulator 4 und dem Wechselrichter 2 angeordnet. Der Wechselrichter 2 umfasst sechs Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6, welche in Form von drei parallel zueinander geschalteten Halbbrücken angeordnet sind, wobei jeweils zwei Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 in Reihe bzw. Serie angeordnet sind. Die

10 Anschlüsse bzw. Phasen des Elektromotors M zweigen jeweils zwischen zwei Schaltern S1, S2, S3, S4, S5, S6 ab. Die Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 sind als abschaltbare Halbleiterschalter, üblicherweise Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (IGBTs), mit parallel geschalteten Dioden, sogenannten Freilaufdioden, ausgebildet. Jede der Phasen kann gesondert über jeweils einen

15 Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 mit dem Pluspol oder Minuspol der Gleichspannungsquelle bzw. mit einem ersten oder zweiten Potenzial des Zwischenkreises 3 verbunden werden. Auf diese Weise kann bekanntermaßen durch hochfrequentes Schalten der Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 aus den Potenzialen des Zwischenkreises 3 ein Wechselfspannungspotenzial moduliert werden. Zur Stabilisierung

20 einer durch den Akkumulator 4 zugeführten Gleichspannung weist der Zwischenkreis 3 einen Stützkondensator 5 auf, welcher parallel zur Gleichspannungsquelle geschaltet ist.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren aus dem Stand der Technik bekannten Wechselrichterschaltung 1, welche zur Ansteuerung eines Elektromotors M

25 eines Elektrofahrzeuges als sogenannter Hauptwechselrichter üblich ist. Eine derartige Leistungswechselrichterschaltung weist üblicherweise Betriebsspannungen zwischen 400 V und 800 V auf und wird mit durchschnittlichen Schaltfrequenzen eines Schalters S1, S2, S3, S4, S5, S6 des Wechselrichters von etwa 20 kHz bis 30 kHz betrieben. Ein grundsätzlicher Aufbau der Wechselrichterschaltung 1 entspricht einem in

30 Fig. 1 dargestellten Aufbau. Im Unterschied zu Fig. 1 weist der Zwischenkreis 3 zwei zusätzliche Kondensatoren auf. Einen sogenannten Snubber-Kondensator 6 zur Minderung von Induktionsspannungsschößen, welche durch ein hochfrequentes Schalten der Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 des Wechselrichters 2 aufgrund von Induktivitäten der Wechselrichterschaltung 1, insbesondere von Induktivitäten von Verbindungsleitungen

der Wechselrichterschaltung 1, dargestellt in der Fig. 2 durch eine Leitungsinduktivität 8, verursacht werden. Und einen sogenannten Dämpfungskondensator 7 zur Dämpfung von niederfrequenten Strom- bzw. Spannungsschwankungen, sogenannten Lastwechselfrequenzen, welche als Folge von Lastwechseländerungen entstehen.

5 Sowohl der Snubber-Kondensator 6 als auch der Dämpfungskondensator 7 sind dabei parallel zum Stützkondensator 5 geschaltet. Der Dämpfungskondensator 7 ist in der Fig. 2 durch ein übliches RCL-Ersatzschaltbild, aufweisend einen Kondensator bzw. Serienkapazität, einen Widerstand bzw. Serienwiderstand sowie eine Spule bzw. Serieninduktivität, dargestellt.

10

Der Stützkondensator 5 und der Snubber-Kondensator 6 sind dabei üblicherweise als Vielschichtkondensatoren ausgebildet. Der Dämpfungskondensator 7 ist meist als großvolumiger Aluminiumelektrolytkondensator oder Folienkondensator ausgebildet, welcher einen genügend hohen Serienwiderstand bzw. Eigenwiderstand aufweist, um

15

eine ausreichende Dämpfung der Lastwechselfrequenzen zu bewirken. Eine solche Anordnung mit Vielschichtkondensatoren bzw. Elektrolytkondensatoren bzw. Folienkondensatoren erfordert jedoch ein sehr großes Volumen und beansprucht in der Regel fast die Hälfte eines Volumens einer solchen Wechselrichterschaltung 1.

20

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Wechselrichterschaltung 1, welche an eine Gleichspannungsquelle angeschlossen ist. Der grundsätzliche Aufbau der erfindungsgemäßen Wechselrichterschaltung 1 entspricht dabei den in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Wechselrichterschaltungen 1 mit dazu korrespondierenden Wirkungen. Die Wechselrichterschaltung 1 weist einen

25

Wechselrichter 2 und einen dem Wechselrichter 2 vorgeschalteten Zwischenkreis 3 auf. Der Zwischenkreis 3 weist in der Regel einen Stützkondensator 5 zur Stabilisierung einer zugeführten Gleichspannung auf, wobei der Stützkondensator 5 zwischen zwei elektrische Potenziale der Gleichspannung bzw. parallel zu einer Gleichspannungsquelle geschaltet ist und elektrisch dem Wechselrichter 2 vorgeschaltet ist, um diesen mit

30

Energie zu versorgen. In Fig. 3 ist außerdem ein Snubber-Kondensator 6 dargestellt, welcher häufig zusätzlich zum Stützkondensator 5 im Zwischenkreis 3 angeordnet ist, um hochfrequente Induktionsspannungsschübe zu mindern. Der Snubber-Kondensator 6 ist dabei üblicherweise parallel zum Stützkondensator 5 geschaltet.

Um ein Volumen der Wechselrichterschaltung 1 zu verkleinern und energetische Verluste zu minimieren, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein keramisches Bauelement 9 im Zwischenkreis 3 angeordnet ist, wobei das keramische Bauelement 9 ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum 10 mit zumindest einem Impedanz-Maximum 11 aufweist. Das keramische Bauelement 9 stellt damit ein frequenzselektives Dämpfungselement bzw. Filterelement dar.

Um niederfrequente Lastwechselfrequenzen zu dämpfen und einen üblichen großvolumigen Dämpfungs-Elektrolytkondensator zu ersetzen, ist zweckmäßig vorgesehen, dass das keramische Bauteil zudem als Kondensator ausgebildet ist, wobei eine Piezokeramik ein Dielektrikum des Kondensators bildet. Wie in Fig. 3 dargestellt, ist das keramische Bauteil im Zwischenkreis 3 parallel zum Stützkondensator 5 geschaltet angeordnet. Frequenzen am Impedanz-Maximum 11 werden gedämpft, während Frequenzen bei niedrigerer Impedanz, insbesondere bei einer Frequenz eines Impedanz-Minimums 12, nur wenig beeinflusst werden. Zur Dämpfung von Lastwechselfrequenzen, welche üblicherweise eine Größe zwischen 5 kHz und 15 kHz aufweisen, ist entsprechend vorgesehen, dass das Impedanzspektrum 10 bei den Lastwechselfrequenzen ein Impedanz-Maximum 11 aufweist.

Fig. 4 zeigt eine graphische Darstellung eines frequenzabhängigen Impedanzspektrums 10 des in Fig. 3 beschriebenen keramischen Bauelementes 9. Das Impedanzspektrum 10 weist eine Mehrzahl von Impedanz-Maxima 11 auf, welche durch Impedanz-Minima 12 getrennt sind. Übliche Lastwechselfrequenzen befinden sich in einem Frequenzbereich zwischen 5 kHz und 15 kHz. Dies entspricht in etwa dem ersten Impedanz-Maximum 11 des in Fig. 4 dargestellten Impedanzspektrums 10. Ist zudem vorgesehen, dass ein Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 des Wechselrichters 2 mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz schaltbar ist bzw. geschaltet wird, welche einer geringen Impedanz im Impedanzspektrum 10, insbesondere einer Frequenz bei einem Impedanz-Minimum 12 des Impedanzspektrums 10, entspricht, können auf diese Weise selektiv Lastwechselfrequenzen gedämpft werden, während Schwingungen bei Schaltfrequenzen der Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 des Wechselrichters 2 nur wenig beeinflusst werden.

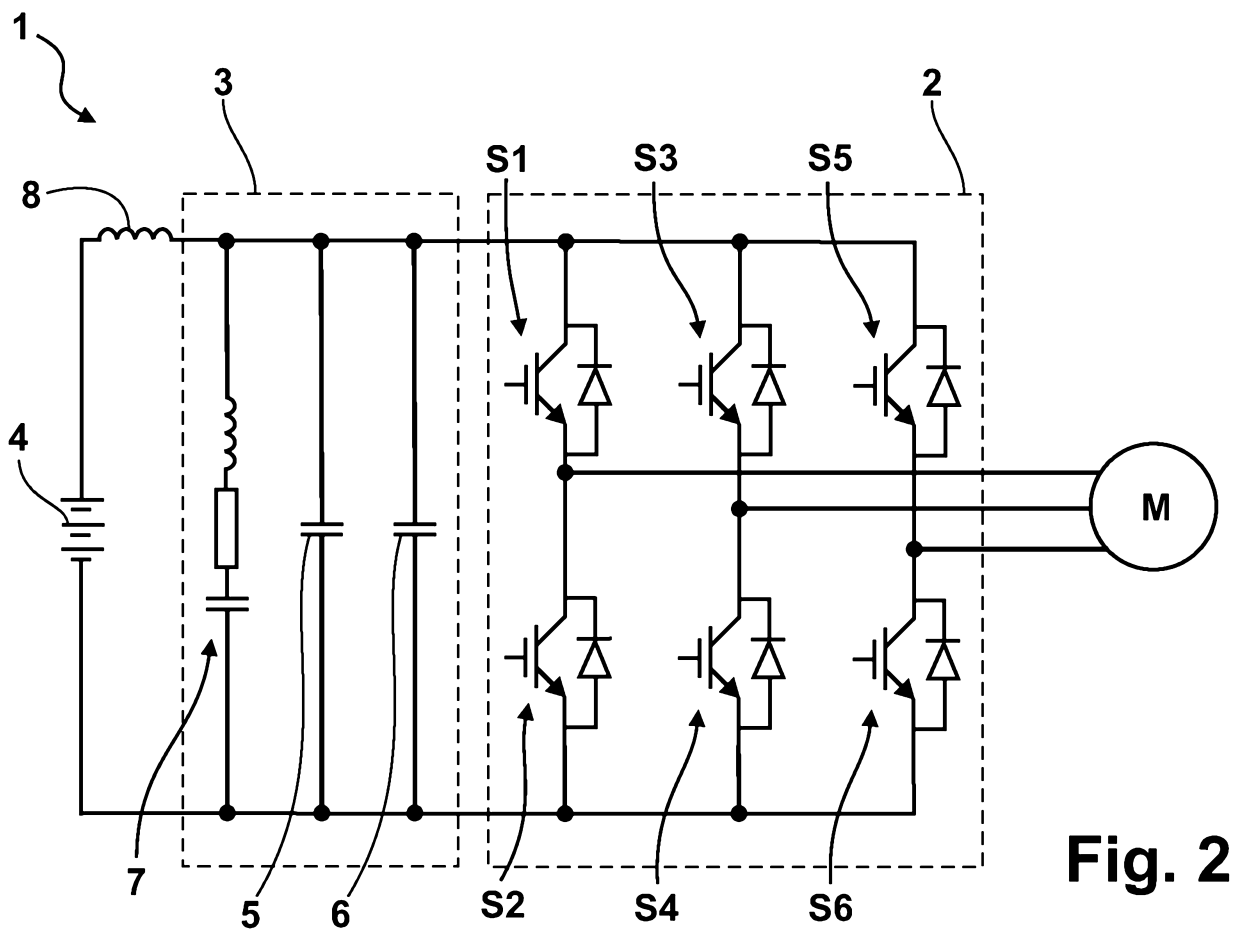
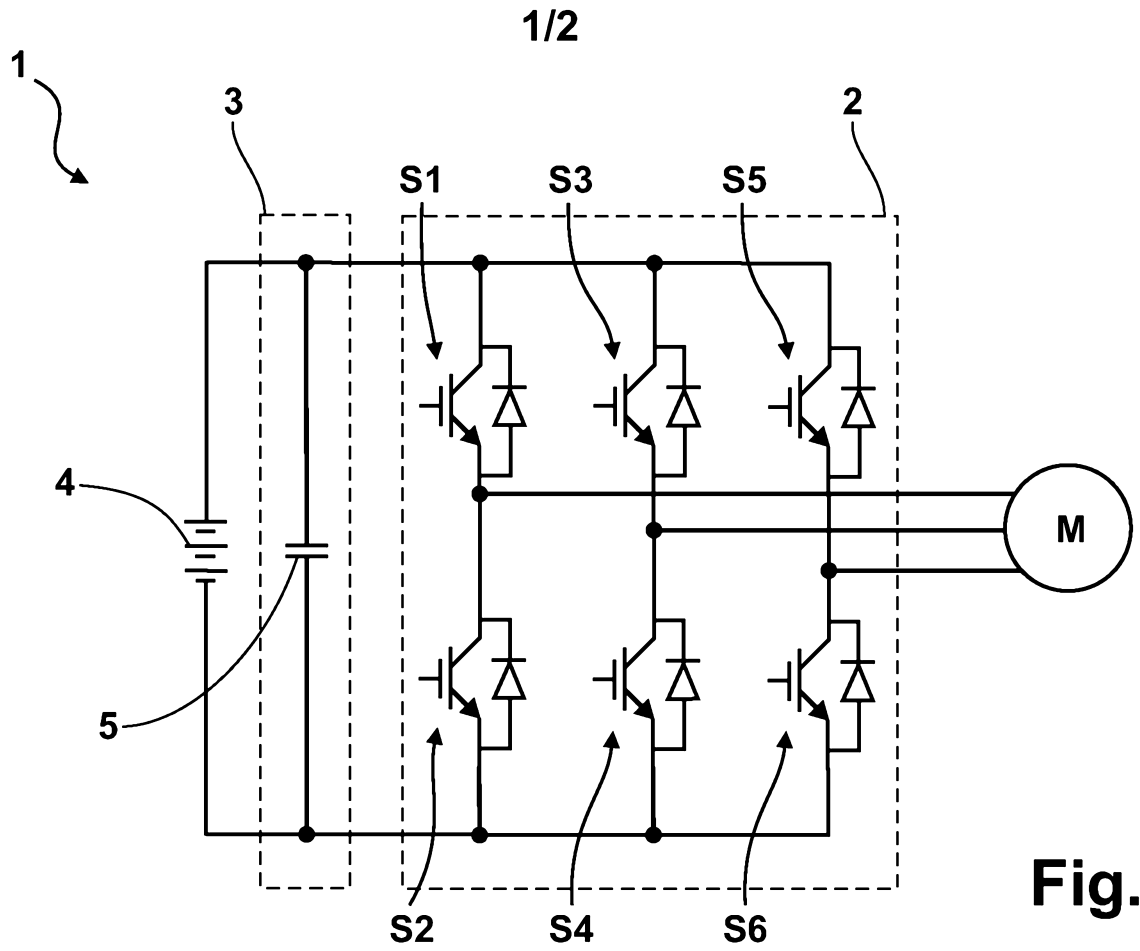
Eine erfindungsgemäße Wechselrichterschaltung 1 weist eine hohe Praktikabilität und Energieeffizienz auf, da das keramische Bauelement 9 mit kleinem Volumen ausgebildet sein kann und aufgrund dessen zumindest einem Impedanz-Maximums 11 ein selektives Dämpfen von unerwünschten niederfrequenten Lastwechselfrequenzen ermöglicht.

- 5 Hochfrequente Schaltfrequenzen der Schalter S1, S2, S3, S4, S5, S6 des Wechselrichters 2 werden dabei kaum gedämpft. Auf diese Weise können energetische Verluste im Einsatz minimiert werden. Indem das keramische Bauelement 9 als Kondensator ausgebildet ist, wobei eine Piezokeramik ein Dielektrikum des Kondensators bildet, kann ein üblicher Elektrolyt-Dämpfungskondensator 7 im Zwischenkreis 3 auf
- 10 einfache Weise ersetzt werden, ohne dabei größere Anpassung am Schaltungsaufbau vornehmen zu müssen. Die Möglichkeit ein solches keramisches Bauteil zudem mit hoher Hochfrequenz-Eignung und Temperaturbeständigkeit auszubilden, ermöglicht einen vorteilhaften Einsatz in Leistungsanwendungen wie etwa als
- 15 Hauptwechselrichterschaltungen in einem Elektro- bzw. Hybridfahrzeug oder als Solarwechselrichter einer Solaranlage.

Patentansprüche

1. Wechselrichterschaltung (1), aufweisend einen Wechselrichter (2) und zumindest einen Zwischenkreis (3), dadurch gekennzeichnet, dass im Zwischenkreis (3) ein
5 keramisches Bauelement (9) angeordnet ist, wobei das keramische Bauelement (9) ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum (10) mit zumindest einem Impedanz-Maximum (11) aufweist.
2. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das
10 keramische Bauelement (9) mit oder aus einer Piezokeramik gebildet ist.
3. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezokeramik mit oder aus, insbesondere dotiertem, Blei-Lanthan-Zirkonat-Titanat und/oder, insbesondere dotiertem, Blei-Barium-Lanthan-Zirkonat-Titanat gebildet ist.
15
4. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das keramische Bauelement (9) als Keramikresonator ausgebildet ist.
5. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
20 dass das keramische Bauelement (9) als Kondensator ausgebildet ist, wobei die Piezokeramik ein Dielektrikum des Kondensators bildet.
6. Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezokeramik in mehreren übereinanderliegenden Lagen
25 angeordnet ist, wobei zwischen den Lagen Innenelektroden angeordnet sind.
7. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenelektroden durch zumindest einen elektrisch leitenden Verbindungsstreifen verbunden sind, welcher mäanderförmig geformt ist.
30
8. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenelektroden und/oder der zumindest eine Verbindungsstreifen als insbesondere hochstromfähige Beschichtungen ausgebildet sind.

9. Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Polarisationsrichtung der Piezokeramik durch Anlegen eines elektrischen Feldes festgelegt ist.
- 5 10. Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wechselrichter (2) derart ausgebildet ist, dass ein Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz schaltbar ist, welche zumindest doppelt so groß wie eine Frequenz am Impedanz-Maximum (11) ist.
- 10 11. Verwendung einer Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 in einem eine Gleichspannungsquelle aufweisenden Fahrzeug, insbesondere zur Steuerung bzw. Energieversorgung eines Elektromotors (M).
- 15 12. Verwendung einer Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 als Solarwechselrichter.
13. Verfahren zum Umwandeln einer elektrischen Gleichspannung in eine elektrische Wechselspannung mit einer Wechselrichterschaltung (1), insbesondere einer
- 20 Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, aufweisend einen Wechselrichter (2) und zumindest einen Zwischenkreis (3), dadurch gekennzeichnet, dass im Zwischenkreis (3) ein keramisches Bauelement (9) angeordnet wird, wobei das keramische Bauelement (9) ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum (10) mit zumindest einem Impedanz-Maximum (11) aufweist und zumindest ein
- 25 Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz geschaltet wird, welche einer Frequenz außerhalb des zumindest einen Impedanz-Maximums (11) im Impedanzspektrum (10), insbesondere einer Frequenz bei zumindest einem Impedanz-Minimum (12), entspricht.
- 30 14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz geschaltet wird, welche doppelt so groß wie eine Frequenz am Impedanz-Maximum (11) ist.



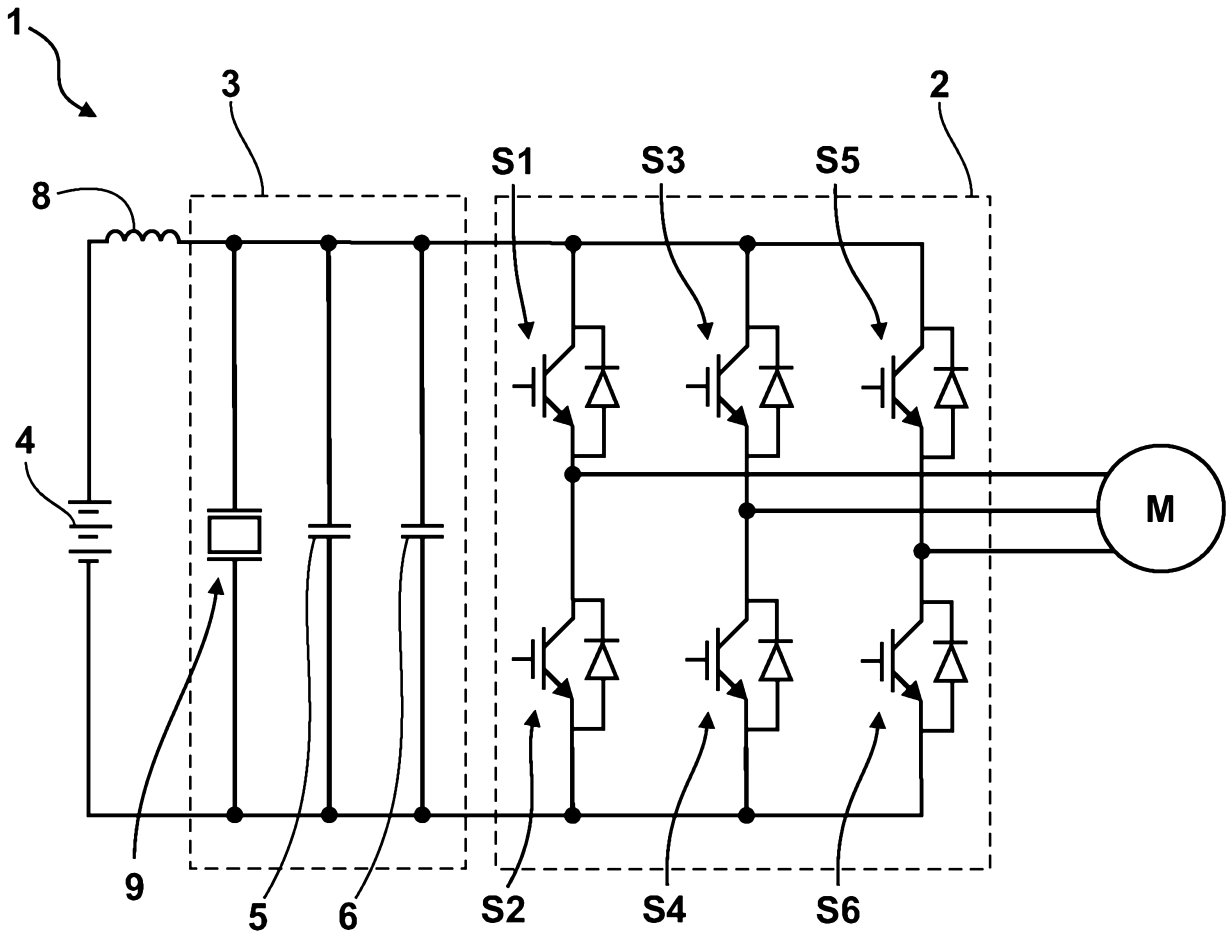


Fig. 3

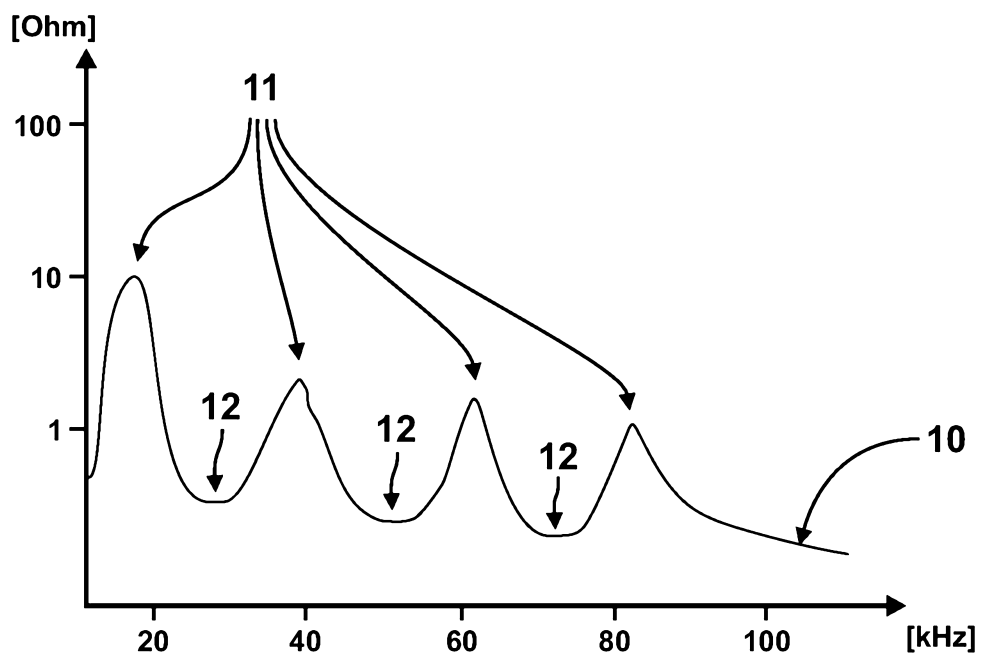


Fig. 4

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
H02M 7/5387 (2007.01); **B60L 11/12** (2006.01); **G05F 1/67** (2006.01); **H01L 41/187** (2006.01); **H02P 27/06** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
H02M 7/5387 (2013.01); **B60L 11/12** (2013.01); **G05F 1/67** (2013.01); **H01L 41/1876** (2013.01); **H02P 27/06** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 H02M, B60L, G05F, H01L, H02P

Konsultierte Online-Datenbank:
 WPI, EPODOC, IEEE

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **13.04.2018** eingereichten Ansprüchen **1-14** erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 19959171 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 07. Dezember 2000 (07.12.2000) Spalte 5, Zeile 65 - Spalte 6, Zeile 52; Fig. 1.	1, 2, 9-11, 13, 14
Y		3-8
Y	EP 0281260 A2 (SPRAGUE ELECTRIC CO) 07. September 1988 (07.09.1988) Seite 2, Zeilen 33 - 44; Anspruch 5.	3, 5-8
Y	US 9070865 B1 (SNOOK KEVIN A, LIANG YU, LUO JUN, HACKENBERGER WESLEY S, SAHUL RAFFI) 30. Juni 2015 (30.06.2015) Ansprüche 1-3.	4
X	US 2013009581 A1 (SCHUBERT GOERAN, GRAF MANUEL, FENDERL MARKUS, BERTELSHOFER PETER, JERICHOW EDGAR) 10. Januar 2013 (10.01.2013) Das ganze Dokument.	1, 2, 9-11, 13, 14
Y		3-8
Y	EP 2509207 A2 (HITACHI LTD) 10. Oktober 2012 (10.10.2012) Absätze [0020, 0026]; Fig. 2.	3, 5-8
Y	US 2008245990 A1 (HIROSE MASAKAZU, AZUMA TOMOHISA, SAKAMOTO NORIMASA) 09. Oktober 2008 (09.10.2008) Absatz [0030].	4
X	EP 2509207 A2 (HITACHI LTD) 10. Oktober 2012 (10.10.2012) Spalten 0061,0062]; Fig. 2.	1, 2, 9, 10, 13, 14
Y		3, 5-8
Y	US 2009207555 A1 (HACKENBERGER WESLEY S, KWON SEONGTAE) 20. August 2009 (20.08.2009) Absätze [0021-0039].	3, 5-8

Datum der Beendigung der Recherche:
 16.10.2018

Seite 1 von 2

Prüfer(in):

MEHLMAUER Adolf

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
- P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.

Patentansprüche

1. Wechselrichterschaltung (1), aufweisend einen Wechselrichter (2) und zumindest einen Zwischenkreis (3), dadurch gekennzeichnet, dass im Zwischenkreis (3) ein
5 keramisches Bauelement (9) angeordnet ist, wobei das keramische Bauelement (9) ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum (10) mit zumindest einem Impedanz-Maximum (11) aufweist, um Lastwechselfrequenzen zu dämpfen, und zumindest ein
Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen
Schaltfrequenz schaltbar ist, welche einer Frequenz außerhalb des zumindest einen
10 Impedanz-Maximums (11) entspricht.
2. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das
keramische Bauelement (9) mit oder aus einer Piezokeramik gebildet ist.
- 15 3. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Piezokeramik mit oder aus, insbesondere dotiertem, Blei-Lanthan-Zirkonat-Titanat und/oder, insbesondere dotiertem, Blei-Barium-Lanthan-Zirkonat-Titanat gebildet ist.
4. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
20 dass das keramische Bauelement (9) als Keramikresonator ausgebildet ist.
5. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet,
dass das keramische Bauelement (9) als Kondensator ausgebildet ist, wobei die
Piezokeramik ein Dielektrikum des Kondensators bildet.
25
6. Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch
gekennzeichnet, dass die Piezokeramik in mehreren übereinanderliegenden Lagen
angeordnet ist, wobei zwischen den Lagen Innenelektroden angeordnet sind.
- 30 7. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenelektroden durch zumindest einen elektrisch leitenden Verbindungsstreifen verbunden sind, welcher mäanderförmig geformt ist.

8. Wechselrichterschaltung (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenelektroden und/oder der zumindest eine Verbindungsstreifen als insbesondere hochstromfähige Beschichtungen ausgebildet sind.

9. Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch
5 gekennzeichnet, dass eine Polarisationsrichtung der Piezokeramik durch Anlegen eines elektrischen Feldes festgelegt ist.

10. Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Wechselrichter (2) derart ausgebildet ist, dass ein
10 Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz schaltbar ist, welche zumindest doppelt so groß wie eine Frequenz am Impedanz-Maximum (11) ist.

11. Verwendung einer Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1
15 bis 10 in einem eine Gleichspannungsquelle aufweisenden Fahrzeug, insbesondere zur Steuerung bzw. Energieversorgung eines Elektromotors (M).

12. Verwendung einer Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1
bis 11 als Solarwechselrichter.

20

13. Verfahren zum Umwandeln einer elektrischen Gleichspannung in eine elektrische Wechselspannung mit einer Wechselrichterschaltung (1), insbesondere einer Wechselrichterschaltung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, aufweisend einen Wechselrichter (2) und zumindest einen Zwischenkreis (3), dadurch gekennzeichnet, dass
25 im Zwischenkreis (3) ein keramisches Bauelement (9) angeordnet wird, wobei das keramische Bauelement (9) ein frequenzabhängiges Impedanzspektrum (10) mit zumindest einem Impedanz-Maximum (11) aufweist und zumindest ein Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen Schaltfrequenz geschaltet wird, welche einer Frequenz außerhalb des zumindest einen
30 Impedanz-Maximums (11) im Impedanzspektrum (10), insbesondere einer Frequenz bei zumindest einem Impedanz-Minimum (12), entspricht.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Schalter (S1, S2, S3, S4, S5, S6) des Wechselrichters (2) mit einer durchschnittlichen

Schaltfrequenz geschaltet wird, welche doppelt so groß wie eine Frequenz am Impedanz-Maximum (11) ist.