



(10) **DE 10 2012 109 638 A1** 2014.05.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 109 638.4**

(22) Anmeldetag: **10.10.2012**

(43) Offenlegungstag: **15.05.2014**

(51) Int Cl.: **H02M 1/14 (2006.01)**

H02M 1/44 (2007.01)

(71) Anmelder:
SMA Solar Technology AG, 34266, Niestetal, DE

(74) Vertreter:
**REHBERG HÜPPE + PARTNER Patentanwälte
PartG mbB, 37073, Göttingen, DE**

(72) Erfinder:
**Berger, Nils, Dr., 34266, Niestetal, DE; Napierala,
Tomasz, 13583, Berlin, DE; Buchhold, Stefan,
34253, Lohfelden, DE; Pinne, Julia, 34246,
Vellmar, DE; Rückmann, Frank, 34266, Niestetal,
DE; Wolf, Henrik, Dr., 34131, Kassel, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

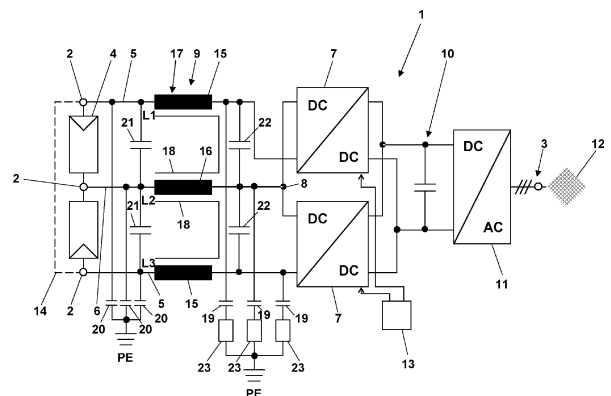
DE	100 19 461	A1
US	2010 / 0 207 560	A1
EP	1 209 704	A1
EP	2 276 136	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Multistring-Wechselrichter mit eingangsseitigem EMV-Filter**

(57) Zusammenfassung: Ein Wechselrichter (1) weist einen DC/AC-Wandler (11), einen Gleichspannungszwischenkreis (10) auf der Gleichspannungsseingangsseite des DC/AC-Wandlers (11), mehrere DC/DC-Wandler (7), die ausgangseitig parallel zueinander an den Gleichspannungszwischenkreis (10) angeschlossen sind, mehrere zu jeweils einem der DC/DC-Wandler (7) führende Eingänge (2) und ein zwischen die Eingänge (2) und die DC/DC-Wandler (7) geschaltetes EMV-Filter (9) auf. Das EMV-Filter (9) umfasst Drosseln (25, 26) in allen stromtragenden Leitungen (5, 6) zwischen den Eingängen (2) und den DC/DC-Wandlern (7) und von allen stromtragenden Leitungen (5, 6) zwischen den Eingängen (2) und den DC/DC-Wandlern (7) nach Erde (PE) führende Filterkondensatoren (19, 20). Von mindestens zwei Eingängen (2) führt – neben jeweils einer eigenen stromtragenden Leitung (5) – eine gemeinsame stromtragende Leitung (6) zu den beiden zugehörigen DC/DC-Wandlern (7); und die Drosseln (25, 26) in allen stromtragenden Leitungen (5, 6) von den mindestens zwei Eingängen sind durch Drosselwicklungen auf einem gemeinsamen Kern (18) einer stromkompensierten Drossel (17) gebildet.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Wechselrichter mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1. Aufgrund der mehreren Eingänge und mehreren DC/DC-Wandler eines solchen Wechselrichters können mehrere Stromquellen angeschlossen und bei unterschiedlichen Spannungen betrieben werden. Dies erlaubt es beispielsweise, bei mehreren an den Wechselrichter angeschlossenen Photovoltaikgeneratoren ein voneinander unabhängiges MPP-Tracking durchzuführen. Derartige Wechselrichter werden dann auch als Multistring-Wechselrichter bezeichnet.

[0002] Mit dem EMV-Filter, das zwischen den Eingängen und den zugehörigen DC/DC-Wandlern vorgesehen ist, wird die Einkopplung von Störungen aus dem Bereich des Wechselrichters in die angeschlossenen Stromquellen verhindert. So besteht besonders bei angeschlossenen Photovoltaikgeneratoren aufgrund deren großen Fläche die Gefahr, dass sie bei eingekoppelten Störungen als Senderantennen für elektromagnetische Wellen wirken. Zur Vermeidung der Abstrahlung solcher elektromagnetischer Wellen ist das EMV-Filter auf die in den entsprechenden Normen (z. B.: CE, FCC Bestimmungen) definierten EMV-Grenzwerte abzustimmen. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte durch den Wechselrichter ist davon auszugehen, dass die Abstrahlung der elektromagnetischen Wellen in ausreichender Form reduziert ist.

STAND DER TECHNIK

[0003] Bei Drosseln eines EMV-Filters, die neben zu unterdrückenden Störungen von einem Gleichstrom durchflossen werden, ist es bekannt, eine Sättigung ihres Kerns bereits durch den Gleichstrom dadurch zu verhindern, dass die Drosseln in einem Vorwärtsleiter und einen zugehörigen Rückleiter für den Gleichstrom so auf einen gemeinsamen Kern gewickelt werden, dass sich die Magnetisierungen des Kerns aufgrund des Gleichstroms durch die beiden Drosseln aufheben. Gleichtaktstörungen, die auf einer Seite der Drosseln in den Vorwärtsleiter und den Rückleiter eingekoppelt werden, resultieren hingegen in eine bei null beginnende variable Magnetisierung des Kerns und werden entsprechend gedämpft. Solche Drosseln mit mehreren Drosselwicklungen auf einem gemeinsamen Kern werden zusammen als stromkompensierte Drossel bezeichnet.

[0004] Die Verwendung von stromkompensierten Drosseln für die beiden Leitungen, die von einem Eingang eines Multistring-Wechselrichters zu den zugehörigen DC/DC-Wandler führen, ist z. B. von den Produkten Sunny Boy 4200 TL HC und Sunny Boy 5000

TL HC der Anmelderin bekannt (vgl.: Sunny Boy 4200 TL HC/Sunny Boy 5000 TL HC PV – Wechselrichter/Installationsanleitung; Version 1.1; S. 11, 2006). Das gesamte EMV-Filter eines solchen Multistring-Wechselrichters mit einer stromkompensierten Drossel je Eingang weist jedoch einerseits eine erhebliche Masse aufgrund seiner Drosseln und zugleich keine Filterwirkung auf, die über die verschiedenen Betriebsarten des Multistring-Wechselrichters hinweg optimal ist. Zu diesen Betriebsarten gehört es auch, dass mehrere Eingänge hart gekoppelt sind. Dies kann durch hartes Koppeln verschiedener Photovoltaikgeneratoren bereits im Feld aber auch durch Brücken der verschiedenen Eingänge des Multistring-Wechselrichters erfolgen und führt dazu, dass die entsprechenden DC/DC-Wandler zwischen den hart gekoppelten Eingängen einerseits und dem Gleichspannungszwischenkreis auf der Eingangsseite des nachgeschalteten DC/AC-Wandlers andererseits parallel geschaltet sind. In diesem Fall können bereits kleine Unsymmetrien der DC/DC-Wandler zur Folge haben, dass der Rückfluss des Gleichstroms von einem der Eingänge zu einem anderen der Eingänge erfolgt und dass dadurch die Kerne der beiden diesen Eingängen zugeordneten stromkompensierten Drosseln bereits durch den unsymmetrisch verteilten Gleichstrom gesättigt sind. Sie fallen damit für die mit ihnen eigentlich beabsichtigte Dämpfung höherfrequenter Gleichtaktstörungen aus.

[0005] Aus der EP 1 209 704 A1 ist eine stromkompensierte Drossel mit einem Kern aus ferromagnetischem Material zur Unterdrückung von hochfrequenten Störsignalen in einer elektrischen Schaltung eines Zweispannungssystems bekannt. Die elektrische Schaltung besteht aus mindestens zwei Schaltkreisen, die einen gemeinsamen Referenzstrompfad und jeweils einen eigenen Strompfad aufweisen. In den beiden Schaltkreisen liegen unterschiedliche Spannungen zwischen dem jeweils eigenen Strompfad und dem gemeinsamen Referenzstrompfad vor. Die beiden Schaltkreise haben nur den Referenzstrompfad gemeinsam. In dem Referenzstrompfad und den eigenen Strompfaden der Schaltkreise sind Drosseln angeordnet, die jeweils durch eine Drosselwicklung gleicher Windungszahl auf einem gemeinsamen Kern ausgebildet sind. Die in den einzelnen Schaltkreisen über die eigenen Strompfade vorwärts und über den gemeinsamen Referenzstrompfad zurückfließenden Ströme rufen sich wechselseitig kompensierende Magnetisierungen des gemeinsamen Kerns hervor. Die derart mehrfach stromkompensierte Drossel mit der einen Drosselwicklung für den gemeinsamen Referenzstrompfad ersetzt zwei stromkompensierte Drosseln mit jeweils zwei Drosselwicklungen, die für zwei vollständig getrennte Schaltkreise vorzusehen wären. Der Kern der mehrfach stromkompensierten Drossel ist vorzugsweise ein ringförmiger Kern, auf dem die drei Drosselwicklungen im Abstand von 120° angeordnet sind. Aufgrund der Fi-

guren der EP 1 209 704 A1 ist eine Verwendung der bekannten stromkompensierten Drossel mit drei Drosselwicklungen zwischen einem DC/DC-Wandler mit mehreren Ausgängen und verschiedenen Lichtquellen vorgesehen. Eine derartige Schaltung wird insbesondere in einem Zweispannungsbordnetz eines Kraftfahrzeuges verwendet. Dies ist eine Verwendung in einem Bereich deutlich kleinerer elektrischer Leistungen und auch kleinerer Ströme als sie durch ein EMV-Filter bei einem Wechselrichter mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 fließen. Über jeden Eingang eines Wechselrichters mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 fließen typischerweise elektrische Leistungen von einigen Kilowatt bis hin zu einigen zehn Kilowatt und Ströme im Bereich zwischen 10A und 50A.

[0006] Die Verwendung einer stromkompensierten Drossel mit insgesamt drei Wicklungen auf einem gemeinsamen Kern ist in EMV-Filtern für dreiphasige Wechselströme bekannt, wobei jeder Phase des Wechselstroms eine Drosselwicklung zugeordnet ist.

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wechselrichter mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 aufzuzeigen, der ein hinsichtlich seiner Masse und Wirksamkeit in allen Betriebszuständen eines Multistring-Wechselrichters optimiertes EMV-Filter aufweist.

LÖSUNG

[0008] Die Aufgabe der Erfindung wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte erfindungsgemäße Ausgestaltungen sind den abhängigen Patentansprüchen zu entnehmen. Der nebengeordnete Patentanspruch 15 ist auf eine ihrerseits erfindungsgemäße Verwendung eines erfindungsgemäßen Wechselrichters gerichtet.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die Erfindung geht von einem Wechselrichter mit einem DC/AC-Wandler, einem Gleichspannungszwischenkreis auf der Gleichspannungseingangsseite des DC/AC-Wandlers, mehreren DC/DC-Wandlern, die ausgangsseitig parallel zueinander an den Gleichspannungszwischenkreis angeschlossen sind, mehreren zu jeweils einem der DC/DC-Wandler führenden Eingängen und einem zwischen die Eingänge und die DC/DC-Wandler geschalteten EMV-Filter aus, wobei das EMV-Filter Drosseln in allen stromtragenden Leitungen zwischen den Eingängen und den DC/DC-Wandlern und von allen stromtragenden Leitungen zwischen den Eingängen und den DC/DC-Wandlern nach Erde führende Filterkondensato-

ren umfasst. Erfindungsgemäß führt von mindestens zwei Eingängen – neben jeweils einer eigenen stromtragenden Leitung – eine gemeinsame stromtragende Leitung zu den beiden zugehörigen DC/DC-Wandlern, wobei die Drosseln in allen stromtragenden Leitungen von den mindestens zwei Eingängen durch Drosselwicklungen auf einem gemeinsamen Kern einer stromkompensierten Drossel gebildet sind.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Wechselrichter mit mehreren Eingängen dient die Verwendung einer einzigen stromkompensierten Drossel mit $n + 1$ Drosselwicklungen für n Eingänge einerseits dazu, den Materialaufwand und damit auch den Kostenaufwand für die Drosseln in den stromtragenden Leitungen von den Eingängen insgesamt zu begrenzen. Andererseits wird mit der derart mehrfach stromkompensierten Drossel erreicht, dass bei gebrückten Eingängen infolge von Unsymmetrien der zugehörigen DC/DC-Wandler auftretende Umverteilungen der Rückströme zwischen den Eingängen keine unerwünschte Magnetisierung des Kerns der Drossel zur Folge haben, die seine Magnetisierbarkeit schnell ausschöpft. Alle Eingänge, die über die gemeinsame stromkompensierte Drossel an die zugehörigen DC/DC-Wandler angeschlossen sind, können vielmehr in beliebigen Teilmengen oder auch sämtlich gebrückt werden, ohne dass die Gefahr besteht, dass der Kern der gemeinsamen stromkompensierten Drossel bereits ohne zu dämpfende Störungen magnetisiert wird. Dies gilt auch dann, wenn, wie dies bei Multistring-Wechselrichtern üblich ist, ganz erhebliche elektrische Leistungen von mehreren Kilowatt bis hin zu einigen zehn Kilowatt und typischen Strömen zwischen 10A und 50A – bei der gemeinsamen stromtragenden Leitung sogar das n -Fache dieser Ströme – durch die einzelnen Drosselwicklungen fließen. Diese großen Leistungen bzw. die ihnen entsprechenden Gleichströme, die als Gegentaktströme durch die mehrfach stromkompensierte Drossel fließen, beeinträchtigen damit nicht die Funktion des EMV-Filters, das mit den Induktivitäten seiner Drosseln und den Kapazitäten seiner Filterkondensatoren auf die möglicherweise auftretenden Gleichtaktstörungen, insbesondere aus dem Bereich der DC/DC-Wandler und des DC/AC-Wandlers abgestimmt ist, um die geforderten EMV Grenzwerte einzuhalten.

[0011] Typische Induktivitäten der Drosseln des EMV-Filters des erfindungsgemäßen Wechselrichters liegen im Bereich von 0,2 mH bis 4,0 mH.

[0012] Die Drosselwicklung für die Drossel in der gemeinsamen stromtragenden Leitung der mindestens zwei Eingänge weist bei dem erfindungsgemäßen Wechselrichter vorzugsweise einen n -mal größeren Leitungsquerschnitt auf als die Drosselwicklungen für jede Drossel in einer der eigenen stromtragenden Leitungen der mindestens zwei Eingänge. Hierbei ist n die Anzahl der mindestens zwei Eingänge. Die

Stromdichte über die Leitungsquerschnitte der verschiedenen Drosselwicklungen ist damit zumindest in etwa gleich. Dies schließt nicht aus, dass im Betrieb des Wechselrichters auch stark unterschiedliche Ströme durch die einzelnen eigenen stromtragenden Leitungen der mindestens zwei Eingänge fließen und entsprechend unterschiedliche Stromdichten auftreten können, insbesondere wenn die jeweiligen Eingänge nicht gebrückt sind.

[0013] Der n-mal größere Leitungsquerschnitt der Drosselwicklung für die Drossel in der gemeinsamen stromtragenden Leitung kann der Leitungsquerschnitt eines einzelnen Drahtleiters oder auch der gemeinsame Leitungsquerschnitt mehrerer parallel geführter Drahtleiter sein. Letzteres kann das Ausbilden kleiner Radien beim Bewickeln des Kerns erleichtern.

[0014] Vorzugsweise ist der gemeinsame Kern der stromkompensierten Drossel des erfindungsgemäßen Wechselrichters symmetrisch mit den Drosselwicklungen bewickelt. Dies bedeutet, dass alle Drosselwicklungen für die Drosseln in den eigenen stromtragenden Leitungen der einzelnen Eingänge in möglichst gleichen Relativanordnungen mit gleicher magnetischer Kopplung zu der Drosselwicklung der Drossel in der gemeinsamen stromtragenden Leitungen der mindestens zwei Eingänge angeordnet sind. Dies ist Voraussetzung für die angestrebte vollständige Stromkompensation in Bezug auf beliebige Gegendtakte durch die stromkompensierte Drossel.

[0015] Wenn die Anzahl der Eingänge zwei ist, kann der Kern ein Ringkern sein, auf den die Drosselwicklungen für jede Drossel in einer der eigenen stromtragenden Leitungen symmetrisch zu der Drosselwicklung für die Drossel in der gemeinsamen stromtragenden Leitung gewickelt sind. Der Ringkern kann dabei sowohl rund als auch oval sein. Um auch bei mehr als zwei Eingängen und entsprechend vielen Drosseln in einer eigenen stromtragenden Leitung eine solche Symmetrie der Drosseln zu erreichen, können auch anderer Kernformen Verwendung finden, wie z. B. ein Kern mit einem zentralen Steg, auf den die Drosselwicklung für die Drossel in der gemeinsamen stromtragenden Leitung gewickelt ist, und mehreren kreisförmig angeordneten Nebenstege, auf denen jeweils eine Drosselwicklung für eine Drossel in einer der eigenen stromtragenden Leitungen gewickelt ist.

[0016] Der gemeinsame Kern der stromkompensierten Drossel des erfindungsgemäßen Wechselrichters ist in der Regel ungeschlitzt, um bezogen auf die Masse des Kerns eine möglichst hohe Induktivität der einzelnen Drosseln zu realisieren.

[0017] Bei dem EMV-Filter des erfindungsgemäßen Wechselrichters sind zumindest Filterkondensatoren vorgesehen, die zwischen den Drosseln und den DC/

DC-Wandlern an die stromtragenden Leitungen angeschlossen sind und von dort nach Erde führen. Diese Filterkondensatoren sind dabei in einer für EMV-Filter unüblichen aber hier bevorzugten Weise mit in Reihe geschalteten Widerständen bedämpft. Diese Bedämpfung der Filterkondensatoren ist vielfach notwendige Voraussetzung für die Funktion des EMV-Filters des erfindungsgemäßen Wechselrichters, d. h. für die Sicherstellung der elektromagnetischen Verträglichkeit des Wechselrichters. Dies liegt daran, dass bei der mehrfach stromkompensierten Drossel des erfindungsgemäßen Wechselrichters aus parasitären Streufeldern und damit verbundenen Verkopplungen der einzelnen Drosseln ungewünschte Resonanzen resultieren können. Diese Resonanzen können die elektromagnetische Verträglichkeit des erfindungsgemäßen Wechselrichters in Frage stellen. Durch die Serienbedämpfung der Filterkondensatoren werden sie jedoch bedämpft und effektiv unterdrückt. Normalerweise sind ohmsche Widerstände, die die Filterkapazitäten eines EMV-Filters bedämpfen, für die Funktion des EMV-Filters kontraproduktiv. Bei der vorliegenden Erfindung werden sie jedoch gezielt zur Unterdrückung von Resonanzen eingesetzt, die sonst vielfach dazu führen würden, dass eine mehrfach stromkompensierte Drossel – trotz ihrer Vorteile bei gebrückten Eingängen eines Multistring-Wechselrichters – wegen nicht erreichbarer elektromagnetischer Verträglichkeit des Wechselrichters nicht einsetzbar wäre.

[0018] So notwendig die mit den Filterkondensatoren in Reihe geschalteten Widerstände bei dem erfindungsgemäßen Wechselrichter in aller Regel sind, so ist es doch wichtig, sie für das Sicherstellen der grundsätzlichen Funktion des EMV-Filters klein zu halten. Typischerweise wird eine optimale Funktion erreicht, wenn die Widerstände bei Kapazitäten der Filterkondensatoren von typischerweise mindestens 47 nF einen ohmschen Widerstand von 0,5 bis 10,0 Ohm, häufig von 1 bis 5 Ohm, aufweisen.

[0019] Das EMV-Filter des erfindungsgemäßen Wechselrichters kann auch noch weitere Filterkondensatoren aufweisen. So können weitere Filterkondensatoren zwischen den Eingängen und den Drosseln von den stromtragenden Leitungen nach Erde führen. Diese weiteren Filterkondensatoren haben dann regelmäßig eine kleinere Kapazität als die zwischen den Drosseln und den DC/DC-Wandlern nach Erde führenden Filterkondensatoren. Zudem sind sie unbedämpft. Die weiteren Filterkondensatoren können konkret Kapazitäten von 0,2 bis 33 nF aufweisen und sind dabei maximal nur etwa $\frac{1}{2}$ mal so groß und häufig maximal nur $\frac{1}{10}$ mal so groß, sowie oft auch nur $\frac{1}{20}$ mal so groß wie die Filterkondensatoren auf der anderen Seite der Drosseln.

[0020] Noch weitere Filterkondensatoren kann das EMV-Filter zwischen den beiden stromführenden Lei-

tungen jedes Eingangs aufweisen, und zwar sowohl vor als auch hinter den Drosseln in diesen Leitungen. Diese zusätzlichen Filterkondensatoren haben primär eine Filterwirkung auf Gegentaktstörungen zwischen den stromführenden Leitungen.

[0021] Wenn bei dem erfindungsgemäßen Wechselrichter Eingänge, die über eine gemeinsame mehrfach stromkompensierte Drossel an die zugehörigen DC/DC-Wandler angeschlossen sind, gebrückt sind, erweist es sich für das Einhalten der gewünschten elektromagnetischen Verträglichkeit des Wechselrichters als sehr hilfreich, wenn die entsprechenden DC/DC-Wandler synchron angesteuert werden. Auf diese Weise wird vermieden, dass hochfrequente (parasitäre) Ausgleichsströme zwischen den einzelnen DC/DC-Wandlern hin und her fließen. Diese Ausgleichsströme würden sonst die Schaltvorgänge in den DC/DC-Wandlern stören, und gestörte Schaltvorgänge enthalten typischerweise nicht nur mehr, sondern insbesondere stärker störende Spektralanteile, für die ggf. ein zusätzliches Filter vorzusehen wäre. Durch synchrone Taktung der Schalter der jeweiligen DC/DC-Wandler kann die Notwendigkeit eines solchen zusätzlichen Filters vermieden werden. Für diese synchrone Taktung kann eine Steuerung des erfindungsgemäßen Wechselrichters gezielt ausgelegt sein.

[0022] Der gemeinsame Kern der stromkompensierten Drossel wird innerhalb eines Gehäuses des Wechselrichters vorzugsweise hochkant ausgerichtet, um eine Kühlung, insbesondere eine Konvektionskühlung der Drosseln zu erleichtern. Dabei ist es sinnvoll die Drosselwicklung für die Drossel in der gemeinsamen stromtragenden Leitung im Vergleich zu den Drosselwicklungen für jede Drossel in einer der eigenen stromtragenden Leitungen an einer Stelle anzuordnen, die einem Kühlluftstrom für die stromkompensierte Drossel leichter zugänglich ist, weil sich im Betrieb des erfindungsgemäßen Wechselrichters der wärmste Punkt der stromkompensierten Drossel im Bereich dieser Drosselwicklung ausbildet.

[0023] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen. Ohne dass hierdurch der Gegenstand der beigefügten Patentansprüche verändert wird, gilt hinsichtlich des Offenbarungsgehalts der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents Folgendes: weitere Merkmale sind den Zeichnungen – insbesondere den dargestellten Geometrien und den relativen Abmessungen mehrerer

Bauteile zueinander sowie deren relativer Anordnung und Wirkverbindung – zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen.

[0024] Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs "mindestens" bedarf. Wenn also beispielsweise von einem Element die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Element, zwei Elemente oder mehr Elemente vorhanden sind. Diese Merkmale können durch andere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, aus denen das jeweilige Erzeugnis besteht.

[0025] Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugszeichen stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschützten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0026] Die Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert und beschrieben.

[0027] Fig. 1 ist ein schematischer Schaltplan einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wechselrichters mit zwei eingangsseitig angeschlossenen Photovoltaikgeneratoren und einem ausgangsseitig angeschlossenen Wechselstromnetz.

[0028] Fig. 2 zeigt separat und schematisch eine mehrfach stromkompensierte Drossel mit drei Drosselwicklungen auf einem gemeinsamen Kern zur Erläuterung des Auftretens von Resonanzen aufgrund unsymmetrischer Streufelder um die einzelnen Drosselwicklungen.

[0029] Fig. 3 illustriert eine EMV-Messung an einem Fig. 1 entsprechenden Wechselrichter, bei dem nur an einen Eingang ein Photovoltaikgenerator angeschlossen ist; und

[0030] Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform eines Wechselrichters mit drei Eingängen und drei daran angeschlossenen Photovoltaikgeneratoren.

FIGURENBESCHREIBUNG

[0031] Fig. 1 illustriert einen Wechselrichter **1** mit zwei Eingängen **2** und einem Ausgang **3**. Die Eingänge **2** befinden sich auf einer Gleichspannungseingangsseite des Wechselrichters **1** und sind zum Anschluss von Gleichstromquellen vorgesehen. In Fig. 1 ist an jeden der Eingänge **2** ein Photovoltaikgenerator **4** angeschlossen. Von jedem Eingang **2** verlaufen zwei stromtragende Leitungen **5** und **6** zu einem diesem Eingang **2** zugeordneten DC/DC-Wandler **7**. Dabei sind die stromtragenden Leitungen **5** eigene stromtragende Leitungen des jeweiligen Eingangs **2**, während die stromtragende Leitung **6** von allen Eingängen **2** gemeinsam zu allen DC/DC-Wandlern **7** verläuft und sich erst an einem Punkt **8** hinter einem EMV-Filter **9** zu den einzelnen DC/DC-Wandlern **7** verzweigt. Das EMV-Filter **9** ist zwischen den Eingängen **2** und den DC/DC-Wandlern **7** für alle stromtragenden Leitungen **5** und **6** vorgesehen und wird im nächsten Absatz detailliert beschrieben werden. Die DC/DC-Wandler **7** sind ausgangsseitig parallel an einen Gleichspannungszwischenkreis **10** auf der Eingangsseite eines DC/AC-Wandlers **11** angeschlossen. Der DC/AC-Wandler **11** ist seinerseits – optional unter (hier nicht dargestellter) Zwischenschaltung von einem oder mehreren weiteren Filtern, Transformatoren, Schützen und dergleichen – an den Ausgang **3** angeschlossen. Über den Ausgang **3** speist der Wechselrichter **1** elektrische Energie von den Photovoltaikgeneratoren **4** in ein Wechselstromnetz **12** ein. In Fig. 1 ist ein 3-phasiger DC/AC-Wandler **11** dargestellt, dessen Ausgang **3** elektrische Leistung in die 3-Phasen eines Wechselstromnetzes **12** einspeist. Die Erfindung ist jedoch auch auf Wechselrichter **1** mit 1-phasigem DC/AC-Wandler **11** anwendbar. Um die in das Wechselstromnetz **12** eingespeiste elektrische Energie zu maximieren, kann mit dem Wechselrichter **1** ein unabhängiges MPP(Maximum Power Point)-Tracking für jeden einzelnen Photovoltaikgenerator **4** durchgeführt werden. Dazu werden die DC/DC-Wandler **7** von einer Steuerung **13** so angesteuert, dass die Photovoltaikgeneratoren **4** bei optimaler Spannung betrieben werden. In der Folge können unterschiedliche Spannungen über den beiden Eingängen **2** anliegen. Aufgrund der Möglichkeit dieses getrennten Betriebs der DC/DC-Wandler **7** handelt es sich bei dem Wechselrichter **1** um einen sogenannten Multistring-Wechselrichter. Die beiden Eingänge **2** können aber auch außerhalb des Wechselrichters **1** oder innerhalb desselben gebrückt, d. h. hart gekoppelt, sein, was durch eine mit gestrichelter Linie dargestellte optionale elektrische Verbindung **14** angedeutet ist. Dann sind die beiden DC/DC-Wandler **7** nicht nur ausgangsseitig parallel an den Gleichspannungszwischenkreis **10**, sondern

auch eingangsseitig parallel an die gebrückten Eingänge **2** angeschlossen. In diesem Fall steuert die Steuerung **13** die DC/DC-Wandler **7** synchron an und symmetriert idealerweise die über die beiden DC/DC-Wandler **7** fließenden Ströme, um eine gleichmäßige Auslastung und damit auch gleichmäßige Belastung zu erreichen. Dennoch kann es – allein aufgrund von unvermeidbaren Bauteilunsymmetrien – dazu kommen, dass ein über eine der Leitungen **5** zu einem der DC/DC-Wandler **7** vorfließender Strom über den anderen DC/DC-Wandler **7** an den Punkt **8** zurückfließt. Da beide DC/DC-Wandler **7** an dem Punkt **8** jedoch miteinander und mit der stromtragenden Leitung **6** verbunden sind, wirkt sich diese Unsymmetrie im Bereich des EMV-Filters **9** nicht aus.

[0032] Das EMV-Filter **9** weist Drosseln **15** und **16** in den stromtragenden Leitungen **5** und **6** auf. Auf diese Drosseln **15** und **16** wird im Folgenden auch mit den durch sie bereitgestellten Induktivitäten L_1 , L_2 und L_3 Bezug genommen. Die Drosseln **15** und **16** sind so magnetisch gekoppelt, dass sie zusammen eine mehrfach stromkompensierte Drossel **17** ausbilden. Das heißt, die Magnetisierung eines gemeinsamen Kerns **18** der mehrfach stromkompensierten Drossel **17** infolge des vorwärts fließenden Stroms durch die Drosseln **15** wird durch den rückwärts fließenden Strom durch die Drosseln **16** kompensiert. Als Gegentaktströme von den Photovoltaikgeneratoren **4** durch die stromkompensierte Drossel **17** fließende Leistungsgleichströme beanspruchen damit die Magnetisierbarkeit des Kerns **18** nicht, ganz anders als mit dem EMV-Filter **9** zu bedämpfende Gleichtaktstörungen, insbesondere aus dem Bereich der DC/DC-Wandler **7** und des DC/AC-Wandlers **11**.

[0033] Neben der Drossel **17** weist das EMV-Filter **9** Filterkondensatoren **19** bis **22** auf. Die Filterkondensatoren **19** sind in Abzweigen von den stromtragenden Leitungen **5** und **6** zwischen der Drossel **17** und den DC/DC-Wandlern **7** nach Potentialerde PE (oder kurz Erde) vorgesehen. Dabei sind diese Filterkondensatoren **19** mit Widerständen **23** in Reihe geschaltet. Die Filterkondensatoren **19** sind damit zwar in einer für EMV-Filter üblichen Anordnung vorgesehen. Ihre Serienbedämpfung mit den Widerständen **23** ist aber eher ungewöhnlich, auch wenn die Widerstände **23** jeweils nur einen geringen ohmschen Widerstand von wenigen Ohm aufweisen. Auf die Bedeutung der Widerstände **23** wird im Zusammenhang mit den Fig. 2 und Fig. 3 näher eingegangen werden. Auch die Filterkondensatoren **20** führen von den stromtragenden Leitungen **5** und **6** nach Erde PE. Sie sind jedoch eingangsseitig der Drossel **17**, d. h. zwischen dieser und den Eingängen **2** vorgesehen. Zudem beträgt die elektrische Kapazität der Filterkondensatoren **20** typischerweise nur ein Zehntel oder weniger der elektrischen Kapazität der Filterkondensatoren **19**. Die Filterkondensatoren **21** sind eingangsseitig der Drossel **17** und die Filterkondensato-

ren **22** sind ausgangsseitig der Drossel **17** zwischen die stromtragenden Leitungen **5** und **6** geschaltet. Bis auf die Widerstände **23** ist die gesamte Anordnung der Filterkondensatoren **19** bis **22** des EMV-Filters **9** nicht grundsätzlich ungewöhnlich. Die Anordnung der Filterkondensatoren **19** bis **22** ist hier aber auf die gemeinsame stromtragende Leitung **6** für die beiden Eingänge **2** abgestimmt. Ungewöhnlich ist jedoch neben der mehrfach stromkompensierten Drossel **17** mit der Drossel **16** in der gemeinsamen stromtragenden Leitung **6** die Serienbedämpfung der Filterkondensatoren **19** mit den Widerständen **23**.

[0034] Fig. 2 zeigt eine konkretisierte Ausführungsform der stromkompensierten Drossel **17** mit Drosselwicklungen **25** und **26** zur Ausbildung der Drosseln **15** und **16** in den stromtragenden Leitungen **5** und **6** auf dem gemeinsamen Kern **18**. Fig. 2 deutet mit einer dickeren Linie zur Darstellung der Drosselwicklung **26** an, dass diese einen doppelt so großen Leitungsquerschnitt wie die Drosselwicklungen **25** aufweist. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass die Summe des durch die beiden Drosselwicklungen **25** vorfließenden Stroms durch die Drosselwicklung **26** zurückfließt. Der Kern **18** besteht aus einem magnetisierbaren Material, wie bspw. einem nanokristallinen ferromagnetischen Blech, das zu einem Bandkern aufgewickelt ist, oder einem ferrimagnetischen Material, und ist ungeschlitzt. Wenn ein Störsignal **24** ausgangsseitig in die in Reihe geschalteten Induktivitäten L1 und L2 eingekoppelt wird, erzeugt das hochfrequente Störsignal **24** sich zeitlich ändernde Streufelder, die in Fig. 2 durch Feldlinien **27** und **28** angedeutet sind. Diese Streufelder treten aus den Drosselwicklungen **25** und **26** der Induktivitäten L1 und L2 aus und durchsetzen die Drosselwicklung **25** der Seitendrossel **15** mit der Induktivität L3. Da die Streufelder bereits aufgrund geringster Unterschiede in den Wickelgeometrien nie vollständig identisch sind, wird in Folge der asymmetrischen Verhältnisse eine hochfrequente (HF) Spannung in der Induktivität L3 induziert, die von einem an die Induktivität L3 angeschlossenen hochohmigen Spannungsmessgerät **29**, beispielsweise einem Oszilloskop, angezeigt wird. Diese Gegeninduktion findet grundsätzlich immer statt, d. h. auch dann, wenn an die Induktivität L3 selbst eine HF-Spannungsquelle angeschlossen ist. In diesem Fall überlagern sich die durch diese weitere Spannungsquelle angelegte und die durch die Gegeninduktion hervorgerufene Spannung nach dem Superpositionsprinzip additiv.

[0035] In Fig. 2 ist die Drosselwicklung **26** in Form eines einadrigen dicken Drahtleiters dargestellt, der in seinem Leitungsquerschnitt der Summe der Leitungsquerschnitte der beiden Drosselwicklungen **25** entspricht. Es ist jedoch auch möglich, den entsprechend größeren Leitungsquerschnitt in Form mehrerer, innerhalb der Drosselwicklung **26** parallel gewickelter Drahtleiter zu realisieren. Hierdurch können

zwar parasitäre Resonanzeffekte der beiden parallel gewickelten Drahtleiter untereinander generiert werden, die zusätzliche EMV Störsignale bzw. auch Störfrequenzen erzeugen können. Dennoch kann je nach Anwendungsfall eine derartige Unterteilung zum Beispiel im Hinblick auf die Umsetzung engerer Biegeadien vorteilhaft sein.

[0036] Für dreiphasige Wechselströme sind stromkompensierte Drosseln mit drei gleichen Drosselwicklungen auf einem gemeinsamen ringförmigen Kern bekannt. Diese stromkompensierten Drosseln werden aus Gründen der besseren Kühlung oftmals hochkant in einem Gehäuse montiert. Diese Orientierung im Gehäuse erlaubt einen besseren und großflächigeren Kontakt mit einem – entweder separat angetriebenen oder sich infolge der Wärmeunterschiede selbst einstellenden – Kühlluftstrom. Für den vorliegenden Fall einer Drossel **17** mit mehreren separaten Drosselwicklungen **25** und einer Drosselwicklung **26** mit dickerem Leitungsquerschnitt hat sich gezeigt, dass die wärmste Stelle der Drossel **17** im Betrieb des EMV-Filters **9** im Bereich der Drosselwicklung **26** liegt. Dies resultiert hauptsächlich daraus, dass aufgrund von sogenannten „Proximity-Effekten“ (z. B. Skin-Effekt) die Stromdichte in dem Drahtleiter nicht homogen ist, sondern sich zunehmend auf den Randbereich des Drahtleiters konzentriert. Diese inhomogene Stromverteilung führt bei einem einadrigen Leiter mit n-fachem Querschnitt zu etwas höheren ohmschen Verlusten, als dies bei n Leitern mit einfachem Querschnitt der Fall ist. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, gerade den Bereich der Drosselwicklung **26** besonders gut zu kühlen. Es ist daher bei hochkantiger (d. h. stehender) Orientierung der Drossel **17** im Wechselrichter vorteilhaft, wenn die Drosselwicklung **26** im Vergleich zu den Drosselwicklungen **25** an einer dem Luftstrom besonders gut ausgesetzten Stelle angeordnet ist – in der Regel ist dies der obere Bereich der Drossel **17**, wobei die Drosselwicklungen **25** dann seitlich nach unten gerichtet sind. Auf diese Weise befindet sich der thermisch kritischere Bereich (Hot-Spot) der Drossel **17** in besserem Kontakt mit dem Kühlluftstrom als die weiter unten befindlichen, thermisch unkritischeren Drosselwicklungen **25**, die an dieser Stelle eventuell durch andere Komponenten teilweise von dem Kühlluftstrom abgeschirmt werden.

[0037] Fig. 3 illustriert die Auswirkungen der asymmetrischen Streufelder gemäß Fig. 2 auf die EMV-Verträglichkeit des Wechselrichters **1** gemäß Fig. 1. Der Wechselrichter **1** ist hier nur von den Eingängen **2** bis zu den DC/DC-Wandlern **7** dargestellt. Zusätzlich dargestellt ist in Fig. 3 jedoch eine EMV-Messanordnung **30** mit zugehörigen Drosseln **31** in den stromtragenden Leitungen **5** und **6**, zugehörigen Kondensatoren **32**, die von den stromtragenden Leitungen **5** und **6** nach Erde PE führen und Messwiderständen **33**, um die über die Kondensatoren **32** nach Erde PE

fließenden Ströme als Spannungsabfall zu messen. Eine solche Messanordnung mit normierten Induktivitäten der Drosseln **31**, Kapazitäten der Kondensatoren **32** und ohmschen Widerständen der Messwiderstände **33** ist bei Typenprüfungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) solcher Wechselrichter vorgeschrieben, wie sie Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind. Diese Messanordnung und ihre Dimensionierung wird beispielsweise in den für die Durchführung einer EMV Prüfung relevanten Normen definiert. Durch die Messanordnung **30** werden definierte Rahmenbedingungen geschaffen, um eine Vergleichbarkeit verschiedener EMV-Messungen, die im Allgemeinen auch an unterschiedlichen Gerätetypen durchgeführt werden, zu gewährleisten. Die EMV-Messanordnung **30** ist demnach zur Durchführung der EMV-Prüfung, nicht aber für den normalen Betrieb des Wechselrichters **1** erforderlich.

[0038] Zur einfacheren Erläuterung der Auswirkungen der asymmetrischen Streufelder ist in **Fig. 3** ein Fall dargestellt und wird im Folgenden betrachtet, in dem nur an den oberen Eingang **2** ein Photovoltaikgenerator **4** angeschlossen ist, während der andere Eingang **2** offen ist. Obwohl die folgende Erklärung für diesen Spezialfall erfolgt, lassen sich die auftretenden Effekte aufgrund des Superpositionsprinzips der durch die Streufelder induzierten Spannungen auch auf die anderen Betriebsmodi des Wechselrichters **1** übertragen. Des Weiteren sei nur der obere DC/DC-Wandler **7** aktiviert, während der untere DC/DC-Wandler **7** deaktiviert bleibt. Der aktivierte DC/DC-Wandler kann dann aufgrund seiner hochfrequenten Schalthandlungen als Störgenerator für hochfrequente Störsignale und einen damit verbundenen hochfrequenten Störstrom betrachtet werden. Dieser Störstrom sei zunächst als reiner Gegentaktstörstrom vorausgesetzt. Dieser Gegentaktstörstrom "sieht" die Induktivitäten L1 und L2 der Drossel **17** nicht und fließt, wie durch Pfeile mit punktierter Linie angezeigt ist, im DC-Kreis durch das EMV-Filter **9**. Über den den Induktivitäten L1 und L2 zugeordneten Messwiderständen **33** der EMV-Messanordnung **30** fallen dabei keine Spannungen ab, und es ist entsprechend kein EMV-relevantes Signal zu detektieren. Allerdings wird an dem der Induktivität L3, d. h. der eigenen stromtragenden Leitung **5** des offenen Eingangs **2** zugeordnetem Messwiderstand **33** ein HF-Störsignal gemessen. Dieses resultiert aus der gemäß **Fig. 2** in L3 induzierten Spannung. Der entsprechende HF-Störstrom, dessen Weg durch Pfeile mit gestrichelter Linie angezeigt ist, fließt gegen Erde PE und über den groß dimensionierten Filterkondensator **19** zurück zur Induktivität L3. Betrachtet man den Stromkreis über die Filterkondensatoren **20** links der Drossel **17** als geschlossen, so stellt dies einen Resonanzkreis dar, der den Störstrom durch die Messanordnung **30** bestimmt. Damit die Resonanz in diesem Resonanzkreis keine zu große Güte erreicht, sind die Widerstände **23** vorgesehen. Diese reduzieren den

HF-Störstrom und damit auch das hieraus resultierende EMV-Störsignal. Das Vorsehen der Widerstände **23** in Reihe mit allen Filterkondensatoren **19** hat dabei nicht nur Symmetriegründe, sondern berücksichtigt auch komplexere Kopplungen zwischen den Induktivitäten L1, L2 und L3 von potentiell auftretenden Störungen.

[0039] Im Allgemeinen ist ein Störstrom aus Gegentakt- und Gleichtaktanteilen zusammengesetzt. Das Verhalten des EMV-Filters **9** bei Gleichtaktströmen ist für den vorliegenden Spezialfall in **Fig. 3** durch Pfeile mit durchgezogener Linie illustriert. Im Gegensatz zu einem Gegentaktstrom gemäß den gestrichelten Pfeilen "sieht" der Gleichtaktstrom die Induktivitäten L1 und L2 und wird durch diese abgeschwächt. Vor den Drosseln **15** und **16** sind die größeren Filterkondensatoren **19** nach Erde angeschlossen, um den Störungen einen gewünscht kurzen Rückpfad zu ihrer Quelle zu bieten, damit die Störungen lokal begrenzt bleiben. Die nach den Induktivitäten L1, L2 noch vorhandenen Gleichtaktströme fließen anteilig über den oberen und mittleren Filterkondensator **20** und den oberen und mittleren Kondensator **32** sowie die damit in Reihe geschalteten Messwiderstände **33** der EMV-Messanordnung **30** gegen Erde PE und bestimmen so das dort gemessene EMV-Störsignal. Auch bei den Gleichtaktströmen wird aufgrund der Asymmetrie der Streufelder eine Spannung in der Induktivität L3 der unteren Drossel **15** hervorgerufen, die einen mit gestrichelten Pfeilen angezeigten Störstrom über PE und den zugehörigen Filterkondensator **19** treibt. Auch in diesem Fall wird die Höhe der Störströme durch den in Reihe geschalteten Widerstand **23** reduziert.

[0040] Für den Teil des HF-Störstroms, der unmittelbar am Ausgang des DC/DC-Wandlers über die großen Filterkondensatoren **19** zur lokalen Begrenzung der Störung gegen PE abgeführt wird, wirken die Widerstände **23** zwar kontraproduktiv, da dieser unmittelbar abgeführte Störstromanteil abgeschwächt wird. Wenn jedoch die Widerstände **19** klein dimensioniert bleiben, kann ein guter Kompromiss zwischen den beiden einander entgegenwirkenden Zielen erreicht werden:

- möglichst gute Auskopplung des HF-Störsignals direkt an den DC/DC-Wandlern, die als Störsignalgeneratoren wirken,
- möglichst gute Dämpfung der danach noch vorhandenen, d. h. nicht sofort ausgekoppelten Störströme und der durch diese induzierten Störströme.

[0041] Zudem sorgt die synchrone Taktung der DC/DC-Wandler **7** bei gebrückten Eingängen **2** für ein nahezu gleiches Störspektrum wie beim unabhängigen Betrieb der beiden DC/DC-Wandler **7** ohne Brückung der Eingänge, so dass die Abstimmung des EMV-Filters vereinfacht ist. Weiterhin wird durch die

synchrone Taktung ein gutes Wärmemanagement in dem Wechselrichter **1** erreicht und das Fließen von Querströmen verhindert.

[0042] Fig. 4 illustriert eine Ausführungsform des Wechselrichters **1**, bei der drei Eingänge **2** und entsprechend drei DC/DC-Wandler **7** vorgesehen sind. Von diesen drei Eingängen **2** führen insgesamt drei eigene stromtragende Leitungen **5** und eine gemeinsame stromtragende Leitung **6** durch die mehrfach stromkompensierte Drossel **17**. Dabei ist die Drosselwicklung für die Drossel **16** hier von dreimal so großem Leitungsquerschnitt wie die Drosselwicklungen für die Drosseln **15**. Bei dem Wechselrichter **1** gemäß Fig. 4 können zwei der Eingänge **2**, aber auch alle drei Eingänge **2** gebrückt sein, wie durch zwei gestrichelte Linien **14** angedeutet ist. Ansonsten entspricht nicht nur der Aufbau, sondern auch die Funktion des Wechselrichters **1** gemäß Fig. 4 derjenigen des Wechselrichters **1** der bisherigen Figuren.

Bezugszeichenliste

1	Wechselrichter
2	Eingang
3	Ausgang
4	Photovoltaikgenerator
5	Leitung
6	Leitung
7	DC/DC-Wandler
8	Punkt
9	EMV-Filter
10	Gleichspannungszwischenkreis
11	DC/AC-Wandler
12	Wechselstromnetz
13	Steuerung
14	optionale elektrische Verbindung
15	Drossel
16	Drossel
17	stromkompensierte Drossel
18	Kern
19	Filterkondensator
20	Filterkondensator
21	Filterkondensator
22	Filterkondensator
23	Widerstand
24	HF-Störsignal
25	Drosselwicklung
26	Drosselwicklung
27	Streufeld
28	Streufeld
29	Spannungsmessgerät
30	Messanordnung
31	Drossel
32	Kondensator
33	Messwiderstand
PE	Potentialerde
L1	Induktivität
L2	Induktivität
L3	Induktivität

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 Patentliteratur

- EP 1209704 A1 [0005, 0005]

Patentansprüche

1. Wechselrichter (1) mit:
 - einem DC/AC-Wandler (11),
 - einem Gleichspannungszwischenkreis (10) auf der Gleichspannungseingangsseite des DC/AC-Wandlers,
 - mehreren DC/DC-Wandlern (7), die ausgangsseitig parallel zueinander an den Gleichspannungszwischenkreis (10) angeschlossen sind,
 - mehreren zu jeweils einem der DC/DC-Wandler (7) führenden Eingängen (2) und
 - einem zwischen die Eingänge (2) und die DC/DC-Wandler geschalteten EMV-Filter (9),
 - wobei das EMV-Filter (9)
 - Drosseln (15, 16) in allen stromtragenden Leitungen (5, 6) zwischen den Eingängen (2) und den DC/DC-Wandlern (7) und
 - von allen stromtragenden Leitungen (5, 6) zwischen den Eingängen (2) und den DC/DC-Wandlern (7) nach Erde führende Filterkondensatoren (19, 20) umfasst,**dadurch gekennzeichnet,**
 - dass von mindestens zwei Eingängen (2) – neben jeweils einer eigenen stromtragenden Leitung (5) – eine gemeinsame stromtragende Leitung (6) zu den beiden zugehörigen DC/DC-Wandlern (7) führt und
 - dass die Drosseln (15, 16) in allen stromtragenden Leitungen (5, 6) von den mindestens zwei Eingängen (2) durch Drosselwicklungen (25, 26) auf einem gemeinsamen Kern (18) einer stromkompensierten Drossel (17) gebildet sind.

2. Wechselrichter (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Drosseln (15 und 16) jeweils eine Induktivität von 0,2 mH bis 4,0 mH aufweisen.

3. Wechselrichter (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Drosselwicklung (26) für die Drossel (16) in der gemeinsamen stromtragenden Leitung (6) einen n-mal größeren Leitungsquerschnitt aufweist als die Drosselwicklung (25) für jede Drossel (15) in einer der eigenen stromtragenden Leitungen (5) der mindestens zwei Eingänge (2), wobei n die Anzahl der mindestens zwei Eingänge (2) ist.

4. Wechselrichter (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass der n-mal größere Leitungsquerschnitt der Drosselwicklung (26) für die Drossel (16) in der gemeinsamen stromtragenden Leitung (6) der Leitungsquerschnitt eines einzelnen dicken Drahtleiters ist.

5. Wechselrichter (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass der n-mal größere Leitungsquerschnitt der Drosselwicklung (26) für die Drossel (16) in der gemeinsamen stromtragenden Leitung (6)

der gemeinsame Leitungsquerschnitt mehrerer parallel geführter Drahtleiter ist.

6. Wechselrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der gemeinsame Kern (18) symmetrisch mit den Drosselwicklungen (25, 26) bewickelt ist.

7. Wechselrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der gemeinsame Kern (18) ein ungeschlitzter Kern ist.

8. Wechselrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der gemeinsame Kern (18) innerhalb eines Gehäuses des Wechselrichters (1) hochkant ausgerichtet ist, wobei die Drosselwicklung (26) für die Drossel (16) in der gemeinsamen stromtragenden Leitung (6) im Vergleich zu den Drosselwicklungen (25) für jede Drossel (15) in einer der eigenen stromtragenden Leitungen (5) an einer Stelle angeordnet ist, die einem Kühlluftstrom für die stromkompensierte Drossel (17) leichter zugänglich ist.

9. Wechselrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Filterkondensatoren (19) zwischen den Drosseln (25, 26) und den DC/DC-Wandlern (7) nach Erde (PE) führen.

10. Wechselrichter (1) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Filterkondensatoren (19) nach Erde (PE) mit in Reihe geschalteten Widerständen (23) bedämpft sind.

11. Wechselrichter (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Widerstände (23) bei Kapazitäten der Filterkondensatoren (19) von mindestens 47 nF einen ohmschen Widerstand von 0,5 bis 10 Ohm aufweisen.

12. Wechselrichter (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet,** dass weitere Filterkondensatoren (20) zwischen den Eingängen (2) und den Drosseln (15, 16) nach Erde (PE) führen, die eine kleinere Kapazität als die zwischen den Drosseln (15, 16) und den DC/DC-Wandlern (7) nach Erde (PE) führenden Filterkondensatoren (19) aufweisen und unbedämpft sind.

13. Wechselrichter (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet,** dass die weiteren Filterkondensatoren (20) eine Kapazität von 0,2 nF bis 33 nF aufweisen.

14. Wechselrichter (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine Steuerung (13) vorgesehen ist, die die Schalter der zugehörigen DC/DC-Wandler (7) synchron ansteuert, wenn die mindestens zwei Eingänge (2)

durch harte Kopplung ihrer eigenen stromführenden Leitungen (5) parallel geschaltet sind.

15. Verwendung eines Wechselrichters (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schalter der zugehörigen DC/DC-Wandler (7) synchron angesteuert werden, wenn die mindestens zwei Eingänge (2) durch harte Kopplung ihrer eigenen stromführenden Leitungen (5) parallel geschaltet sind.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

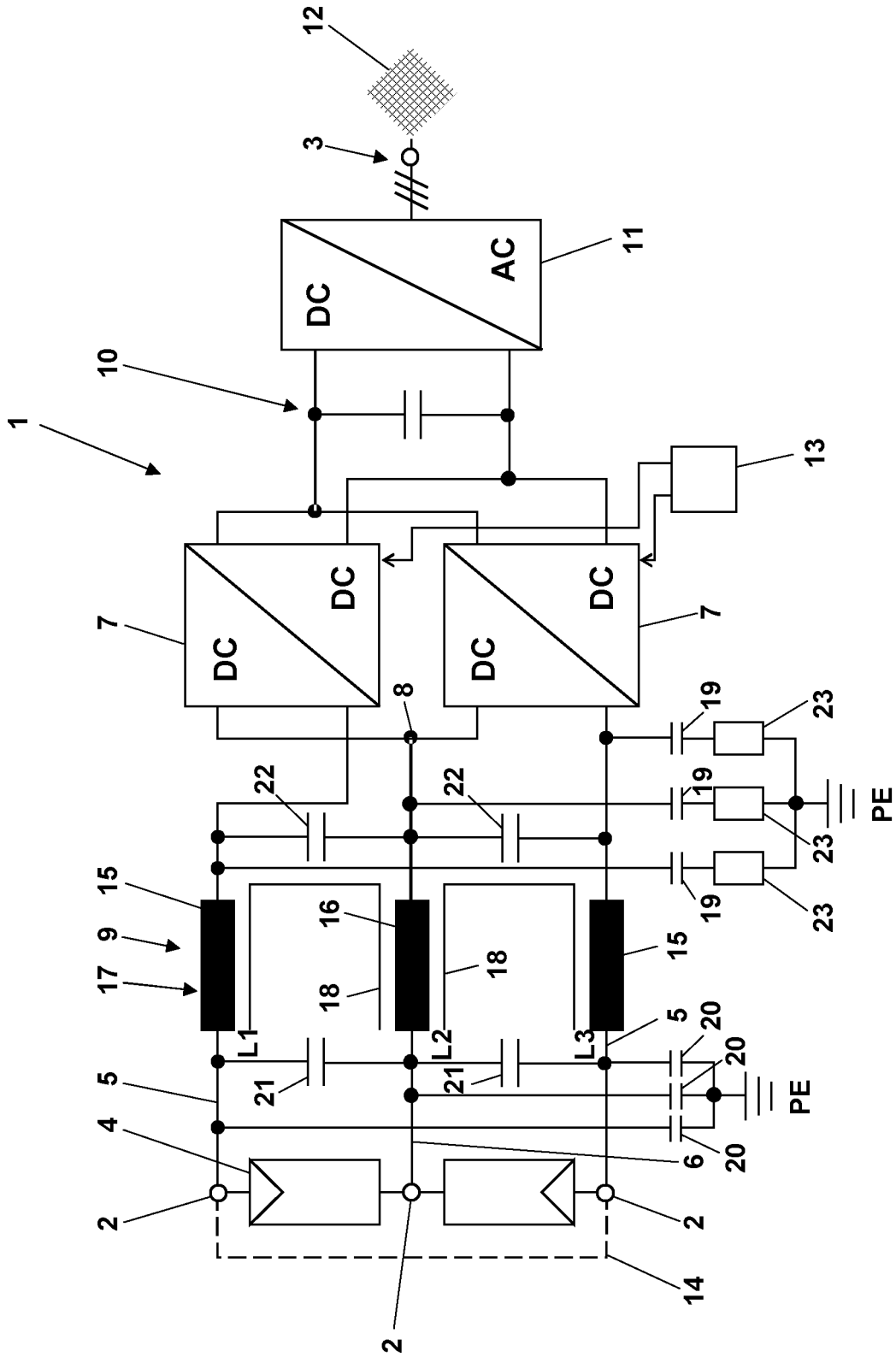


Fig. 1

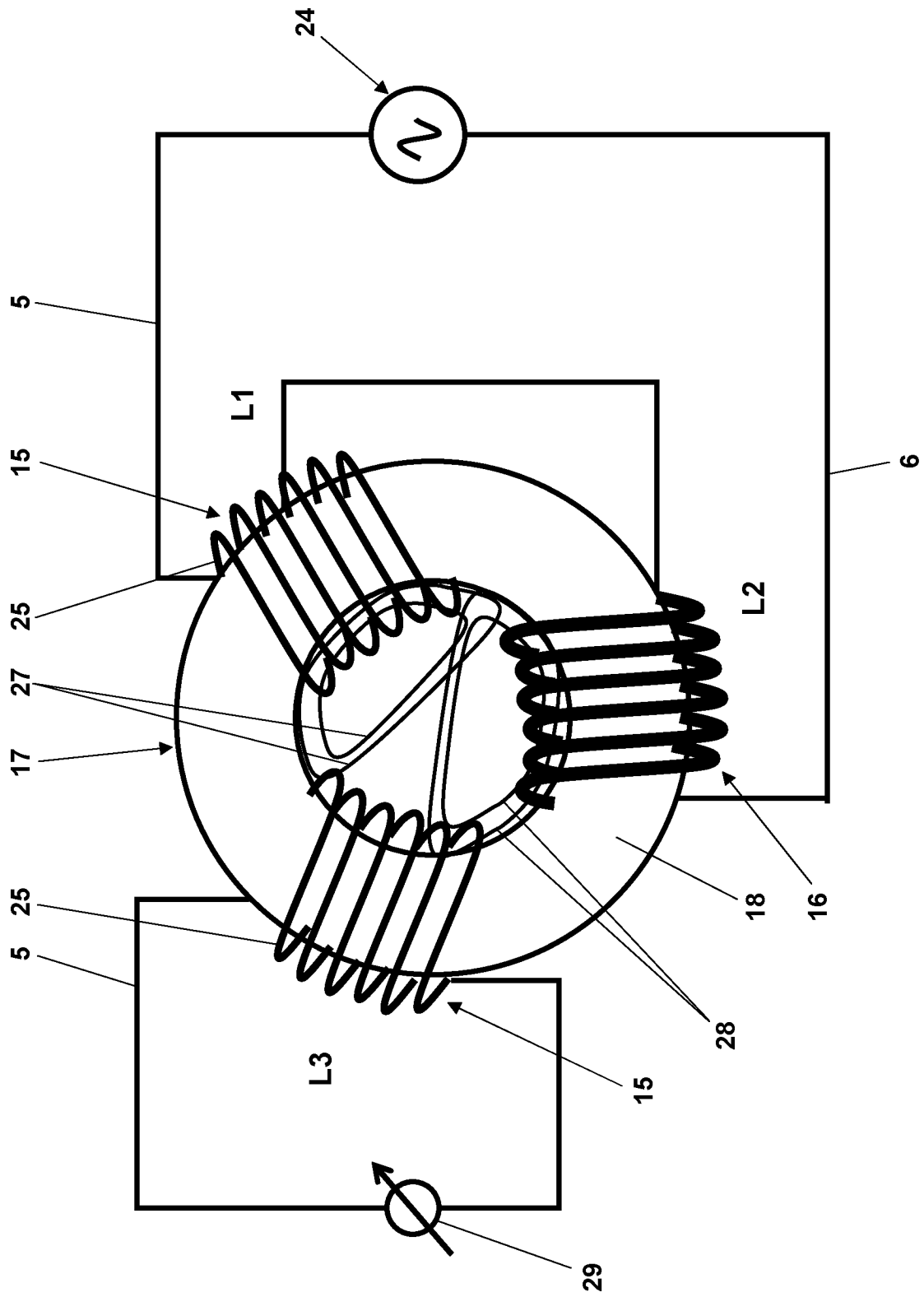


Fig. 2

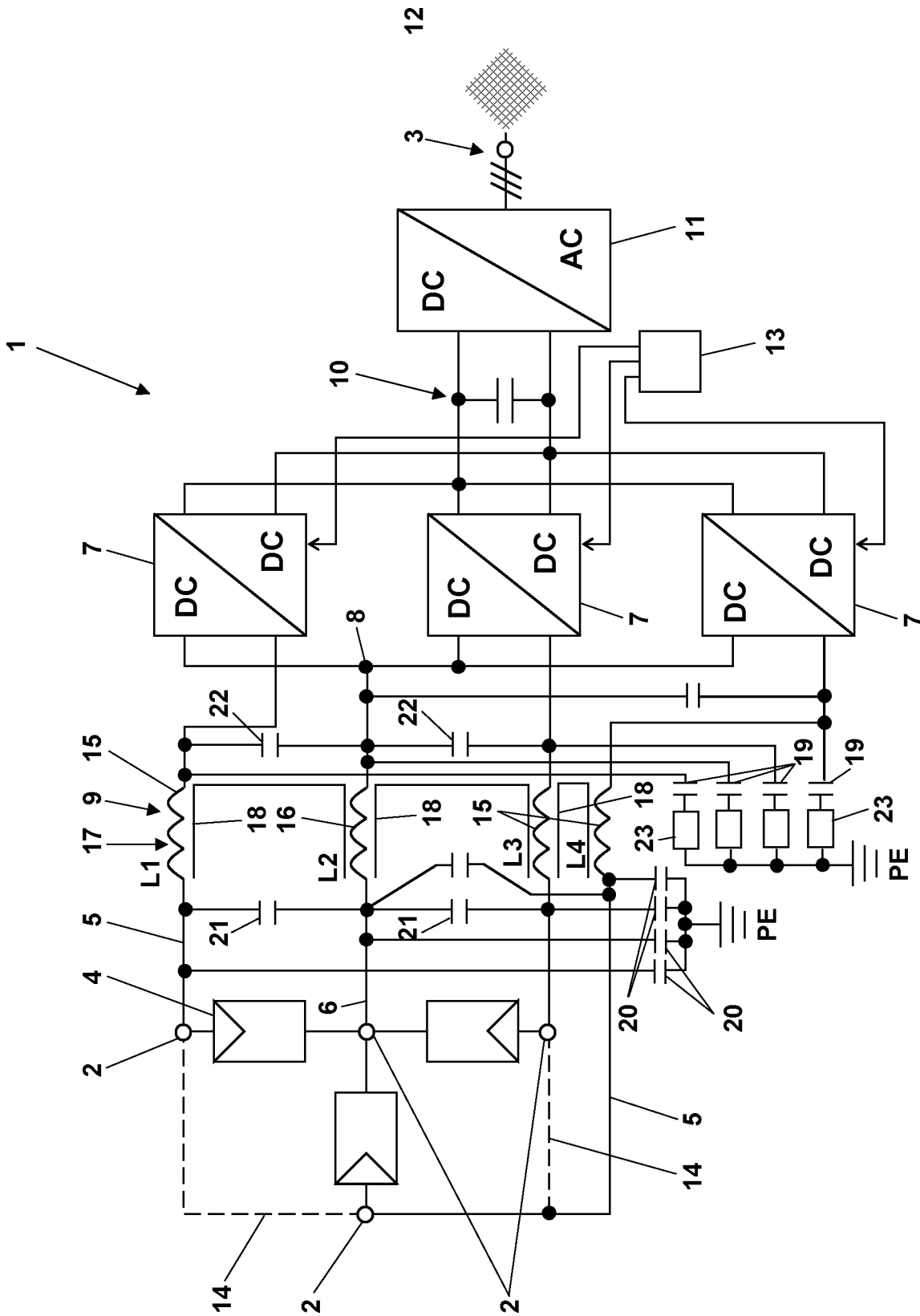


Fig. 4