



(10) **DE 10 2019 205 946 A1** 2020.10.29

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 205 946.5**
 (22) Anmeldetag: **25.04.2019**
 (43) Offenlegungstag: **29.10.2020**

(51) Int Cl.: **H02M 1/12 (2006.01)**
H02J 3/01 (2006.01)
H03H 7/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
ZIEHL-ABEGG SE, 74653 Künzelsau, DE

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte ULLRICH &
 NAUMANN PartG mbB, 69115 Heidelberg, DE**

(72) Erfinder:
Nowosad, Dirk, 74867 Neunkirchen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2007 / 0 296 374	A1
US	2015 / 0 381 136	A1
US	5 805 032	A
US	4 967 334	A

**Norm DIN EN 61000-3-12 (VDE 0838-12)
 2012-06-00. Elektromagnetische Verträglichkeit
 (EMV) - Teil 3-12: Grenzwerte - Grenzwerte**

**für Oberschwingungsströme, verursacht
 von Geräten und Einrichtungen mit einem
 Eingangsstrom > 16A und <= 75A je
 Leiter, die zum Anschluss an öffentliche
 Niederspannungsnetze vor. S. 1-28**

**Norm DIN EN 61000-3-2 (VDE 0838-2) 2015-
 03-00. Elektromagnetische Verträglichkeit
 (EMV) - Teil 3-2: Grenzwerte - Grenzwerte für
 Oberschwingungsströme (Geräte-Eingangsstrom
 <= 16 A je Leiter) (IEC 61000-3-2:2014); Deutsche
 Fassung EN 61000-3-2:2014. S. 1-41**

**Norm IEEE 518-1982 1982-10-01. IEEE Guide
 for the Installation of Electrical Equipment to
 Minimize Electrical Noise Inputs to Controllers
 from External Sources. - ISBN 978-0-7381-3145-
 0. DOI: 10.1109/IEEESTD.1982.120311. URL:
[https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=
 &arnumber=19513](https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=19513) [abgerufen am 2019-07-02]. -
 Withdrawn: 518-1982 - October 1, 1982**

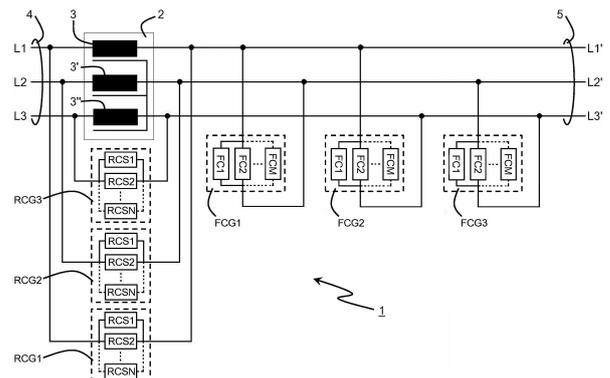
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Filterschaltung zum Reduzieren von Rückwirkungen eines Verbrauchers auf eine Energieversorgung**

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Filterschaltung zum Reduzieren von Rückwirkungen eines Verbrauchers auf eine Energieversorgung offenbart. Diese Filterschaltung (1) umfasst einen mehrpoligen Eingang (4), eine Netzdrossel (2) und einen mehrpoligen Ausgang (5), wobei der Eingang (4) zum Eingeben einer Wechselspannung aus der Energieversorgung ausgebildet ist, wobei der Ausgang (5) zum Verbinden mit dem Verbraucher ausgebildet ist, wobei die Netzdrossel (2) für jeden Pol des Eingangs eine Spule (3, 3', 3'') aufweist und wobei die Spulen (3, 3', 3'') der Netzdrossel (2) jeweils zwischen einem Pol des Eingangs (4) und einem Pol des Ausgangs (5) geschaltet sind und Energie von dem Eingang (4) zu dem Ausgang (5) und/oder umgekehrt übertragen wird. Parallel zu einer Spule (3, 3', 3'') der Netzdrossel (2) ist eine Resonanzstromunterdrückungsgruppe - RCS-Gruppe (RCG1, RCG2, RCG3) - angeordnet, wobei die RCS-Gruppe (RCG1, RCG2, RCG3) mindestens einen Resonanzunterdrückungskreis - RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) - aufweist. Jeder RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) umfasst eine Spule und einen Kondensator und weist eine Bandpasscharakteristik auf. Dabei ist die Bandpasscharakteristik jeweils derart auf an der Netzdrossel (2) entstehende Resonanzströme abgestimmt, dass durch die Resonanzströme erzeugte Spannungser-

höhungen durch den mindestens einen RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) reduziert oder unterdrückt werden. Ferner ist ein entsprechendes System mit einer Filterschaltung und einem Verbraucher offenbart.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Filterschaltung zum Reduzieren von Rückwirkungen eines Verbrauchers auf eine Energieversorgung, umfassend einen mehrpoligen Eingang, eine Netzdrossel und einen mehrpoligen Ausgang, wobei der Eingang zum Eingeben einer Wechselspannung aus der Energieversorgung ausgebildet ist, wobei der Ausgang zum Verbinden mit dem Verbraucher ausgebildet ist, wobei die Netzdrossel für jeden Pol des Eingangs eine Spule aufweist und wobei die Spulen der Netzdrossel jeweils zwischen einem Pol des Eingangs und einem Pol des Ausgangs geschaltet ist und Energie von dem Eingang zu dem Ausgang und/oder umgekehrt übertragen wird. Ferner betrifft die Erfindung ein entsprechendes System.

[0002] Praktisch jeder Verbraucher, der durch eine Energieversorgung, beispielsweise ein ein- oder mehrphasiges Energieversorgungsnetzwerk, mit Energie versorgt wird, erzeugt eine Rückwirkung auf die Energieversorgung. Bei Energieversorgungen, die eine im Wesentlichen sinusförmige Spannung an einen Verbraucher ausgeben, erzeugen viele nichtlineare Bauteile, wie beispielsweise Gleichrichter, Oberschwingungen unterschiedlicher Ordnungen und Ausprägungen. Diese Oberschwingungen treten bei Vielfachen der Frequenz der sinusförmigen Spannung der Energieversorgung auf. Einige Verbraucher erzeugen zudem hochfrequente Störungen, beispielsweise bei einigen kHz, die in Richtung Energieversorgung rückwirken. Diese Störungen können beispielsweise bei Schaltnetzteilen oder bei Wechselrichter entstehen.

[0003] Da derartige Rückwirkungen negative Auswirkungen auf andere mit der Energieversorgung verbundene Geräte haben können, wird in einschlägigen Normen (beispielsweise EN 61000-3-2, EN 61000-3-12, IEEE 518) gefordert, dass Oberschwingungen unterhalb eines definierten Niveaus bleiben müssen, häufig bei unter 5% THDi (Total Harmonic Distortion). THDi bezieht sich auf harmonische Verzerrungen des Stroms und ist definiert durch

$$THDi = \frac{\sqrt{I^2 - I_1^2}}{I_1^2}$$

[0004] Dabei ist I_1 der Effektivwert der ersten Harmonischen (mit Frequenz der Wechselspannung, z.B. 50 Hz oder 60Hz) und I der Effektivwert des Stroms insgesamt (also inklusive aller Oberschwingungen). Um diese Forderungen einhalten zu können, ist häufig zwischen Energieversorgung und Verbraucher eine Filterschaltung geschaltet.

[0005] Aus der US 5,805,032 A ist eine Filterschaltung bekannt, die Oberschwingungen in Wechsel-

spannungsleitungen dämpft. Hierzu sind drei passive Filterkreise vorgesehen, die jeweils Oberschwingungen verschiedener Ordnungen dämpfen. Nachteilig an dieser Schaltung ist, dass hochfrequente Störungen des Verbrauchers nur bedingt herausgefiltert werden können.

[0006] Zur Reduzierung hochfrequenter Störungen werden in der Praxis meist Netzdrosseln eingesetzt. Hierbei ist für jeden Leiter der Energieversorgung eine Spule vorgesehen, wobei die Spulen üblicherweise magnetisch miteinander gekoppelt sind. Die Netzdrossel lässt die Netzfrequenz weitgehend unverändert durch und dämpft hochfrequente Störungen erheblich ab. Verschiedene Schaltungen mit Netzdrosseln sind beispielsweise in der US 2015/0381136 A1 offenbart.

[0007] Nachteilig an der Verwendung von Netzdrosseln ist, dass an diesen Netzdrosseln Resonanzströme oder Änderungen der Verbraucherstromkurven entstehen können, die wiederum einen Spannungsabfall an der Netzdrossel verursachen. Diese Spannungen können zu Überspannungen am Ausgang der Netzdrossel führen, die auf einen nachgeschalteten Verbraucher einwirken können. Im besten Fall greift bei Erreichen einer kritischen Überspannung eine Überspannungsabschaltung des Verbrauchers ein und schaltet den Verbraucher ab, sodass eine Beschädigung des Verbrauchers verhindert wird. Allerdings sind solche Abschaltungen stets ungünstig, da der Verbraucher dann bis zu einem Neustart ausfällt. Dies kann wiederum zu Folgeschäden führen, wenn der Verbraucher beispielsweise durch einen Ventilator in einer Kühlanlage gebildet ist. Zudem können die Überspannungen am Ausgang der Netzdrossel derart schnell ansteigen, dass die Überspannungsabschaltung nicht mehr reagieren und der Verbraucher beschädigt werden kann.

[0008] Besonders ausgeprägt ist diese Problematik, wenn der Verbraucher einen Wechselrichter mit Zwischenkreis aufweist und wenn dieser Zwischenkreis als schlanker Zwischenkreis ausgebildet ist. In diesem Fall ist eine relativ kleine Zwischenkreiskapazität in den Zwischenkreis geschaltet, die die gleichgerichtete Wechselspannung glättet. Dadurch verbleiben Strom-Ripple in dem Zwischenkreis, die Resonanzeffekte verursachen können.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Filterschaltung und ein System der eingangs genannten Art derart auszugestalten und weiterzubilden, dass eine Reduzierung von Rückwirkungen eines Verbrauchers auf eine Energieversorgung bei gleichzeitig reduzierter Gefahr von Überspannungen möglich ist.

[0010] Erfindungsgemäß wird die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 ge-

löst. Danach ist die in Rede stehende Filterschaltung dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu einer Spule der Netzdrossel eine Resonanzstromunterdrückungsgruppe - RCS-Gruppe - angeordnet ist, wobei die RCS-Gruppe mindestens einen Resonanzunterdrückungskreis - RCS-Kreis - aufweist, wobei jeder RCS-Kreis eine Spule und einen Kondensator umfasst und eine Bandpasscharakteristik aufweist und wobei die Bandpasscharakteristik jeweils derart auf an der Netzdrossel entstehende Resonanzströme abgestimmt ist, dass durch die Resonanzströme erzeugte Spannungserhöhungen durch den mindestens einen RCS-Kreis reduziert oder unterdrückt werden.

[0011] Hinsichtlich eines Systems ist die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 12 gelöst. Danach umfasst das in Rede stehende System eine erfindungsgemäße Filterschaltung und einen Verbraucher, wobei der Verbraucher mit dem Ausgang der Filterschaltung verbunden ist und wobei der Verbraucher mit Energie aus einer mit dem Eingang der Filterschaltung verbundenen Energieversorgung versorgbar ist

[0012] In erfindungsgemäßer Weise ist zunächst erkannt worden, dass auf die Vorzüge einer Netzdrossel in einer Filterschaltung nicht zwingend verzichtet werden muss, wenn Überspannungen an einem Ausgang der Filterschaltung vermieden oder reduziert werden sollen. Vielmehr ist es möglich, die Überspannungen bzw. deren Ursache direkt an der Netzdrossel zu reduzieren. Hierzu wird erfindungsgemäß parallel zu einer Spule der Netzdrossel eine Resonanzstromunterdrückungsgruppe - nachfolgend kurz als RCS-Gruppe (Resonant Current Suppression) bezeichnet - geschaltet. Diese RCS-Gruppe weist mindestens einen Resonanzunterdrückungskreis - nachfolgend kurz als RCS-Kreis bezeichnet - auf, wobei jeder RCS-Kreis eine Spule und einen Kondensator umfasst und eine Bandpasscharakteristik aufweist. Da die Überspannungen an der Netzdrossel in Folge von Resonanzströmen entstehen, ist die Bandpasscharakteristik des mindestens einen RCS-Kreises derart auf die zu erwartenden Resonanzströme an der parallel geschalteten Spule der Netzdrossel abgestimmt, dass durch die Resonanzströme erzeugte Spannungserhöhungen durch den mindestens einen RCS-Kreis reduziert oder unterdrückt werden.

[0013] Eine Bandpasscharakteristik charakterisiert einen frequenzabhängigen Filter und ist durch die Mittenfrequenz f_0 , die Bandbreite B und den Amplitudengang definiert. Bei der Mittenfrequenz f_0 wird ein Eingangssignal idealerweise ohne Dämpfung durchgelassen. Je größer der Abstand einer Frequenz von der Mittenfrequenz f_0 ist, desto größer ist die Dämpfung des Eingangssignals bzw. desto weiter sinkt der Amplitudengang ab. Der Amplitudengang gibt an, wie groß diese Dämpfung ist. Die Bandbreite B ist durch

die Frequenzen oberhalb und unterhalb der Mittenfrequenz f_0 bestimmt, bei denen der Amplitudengang auf die Hälfte (-3 dB) abgesunken ist. Durch das Anordnen eines RCS-Kreises mit einer Bandpasscharakteristik parallel zu einer Spule der Netzdrossel entsteht parallel zu der Netzdrossel ein gut leitfähiger Pfad für Spannungen mit Frequenzen um die Mittenfrequenz des RCS-Kreises. Auf diese Weise beeinflusst der RCS-Kreis sowohl die Überspannung erzeugenden Resonanzströme als auch die durch die Resonanzströme induzierten Spannungen selbst. Damit kann durch den/die RCS-Kreis/e die Überspannung am Ausgang der Filterschaltung effektiv reduziert werden. Je mehr RCS-Kreise eine RCS-Gruppe umfasst, desto effektiver können die Resonanzströme bzw. die Überspannungen reduziert bzw. unterdrückt werden. Idealerweise werden die Resonanzströme derart stark reduziert, dass diese im Vergleich zu dem fließenden Strom kaum ins Gewicht fallen, beispielsweise auf unter 1% des „Nutzstroms“. Insgesamt kann auf diese Weise ein nicht-sinusförmiger Laststrom wieder annähernd sinusförmig werden.

[0014] Bei einer Prototypschaltung der erfindungsgemäßen Filterschaltung hat sich gezeigt, dass eine Überspannung von über 100 V auf ein Fünftel und weniger der ursprünglichen Größe reduziert werden kann und dass dabei lediglich Ströme in der Größenordnung von wenigen 100 mA durch die RCS-Kreise fließen. Mit der erfindungsgemäßen Filterschaltung ist also eine verlustarme Zusatzschaltung geschaffen worden, die gleichzeitig die Rückwirkungen eines Verbrauchers auf eine Energieversorgung erheblich reduzieren oder gar vollständig unterdrücken kann.

[0015] Dabei ist es prinzipiell sogar möglich, die einzelnen Elemente des RCS-Kreises teilweise in SMD (Surface-Mounted Device)-Bauweise zu implementieren. Auf diese Weise können die RCS-Kreise in relativ kompakter Bauform realisiert werden.

[0016] Die Energieversorgung, die eine Wechselspannung zur Versorgung eines Verbrauchers in den Eingang der Filterschaltung eingibt, kann auf verschiedenste Weise realisiert sein. Wesentlich ist, dass die Energieversorgung eine Wechselspannung, insbesondere eine sinusförmige Wechselspannung, ausgibt und ausreichend Energie für die Versorgung des mit dem Ausgang der Filterschaltung verbundenen Verbrauchers liefern kann. Dabei ist die Energieversorgung vorzugsweise durch ein Energieversorgungsnetzwerk gebildet, das eine Niederspannung liefert, beispielsweise mit Strangspannungen von 230 V oder 120 V, um lediglich zwei gängige Spannungen beispielhaft zu nennen. Bei einer dreiphasigen Energieversorgung ergeben sich damit zwischen den Außenleitern jeweils Spannungen von 400 V bzw. 210 V. Dabei kann die Wechselspannung unterschiedlichste Frequenzen aufweisen, beispielsweise 50 Hz

oder 60 Hz und zwei der gebräuchlichsten Frequenzen zu nennen. Die Energieversorgung kann einen Drehstrom liefern, d.h. drei Phasen, deren Spannungen um jeweils 120 Grad gegeneinander verschoben sind. Die Energieversorgung kann jedoch auch durch zwei einzelne Phasen oder durch eine Phase und einen Neutralleiter gebildet sein. Je nach Ausgestaltung der Energieversorgung wäre auch der Eingang der Filterschaltung und entsprechend der Ausgang der Filterschaltung angepasst. Denn pro Leiter der Energieversorgung, der mit der Filterschaltung verbunden werden soll, weist der Eingang der Filterschaltung einen Pol auf. Dabei dürfte in den meisten Anwendungsszenarien die Zahl der Pole am Eingang der Filterschaltung identisch zu der Anzahl der Pole am Ausgang der Filterschaltung sein.

[0017] Prinzipiell können mit dem Ausgang der Filterschaltung verschiedenste Verbraucher verbunden werden. Dabei bietet sich an, wenn der mit dem Ausgang der Filterschaltung verbundene Verbraucher auch tatsächlich Resonanzströme in der Netzdrossel hervorruft. Diese Forderung ist aber meist sehr einfach zu erfüllen, wenn der Verbraucher beispielsweise Kapazitäten enthält und/oder ausreichend ausgeprägte Oberschwingungen erzeugt. Für die Dimensionierung der RCS-Kreise ist es ferner günstig, wenn die Frequenzen der zu erwartenden Resonanzströme bekannt sind, da die Dimensionierung dann gezielter erfolgen kann. Insofern ist eine gewisse Abstimmung zwischen der Filterschaltung und dem mit dem Ausgang verbundenen Verbraucher sinnvoll. Diese Randbedingung ist jedoch meist einfach zu erfüllen. Sollten die zu erwartenden Resonanzströme nicht bekannt sein, so können diese beispielsweise basierend auf technische Daten zugelassener Verbraucher abgeschätzt werden.

[0018] Die RCS-Gruppe/n kann/können ebenso prinzipiell beliebig aufgebaut sein. Solange eine Bandpasscharakteristik der RCS-Gruppe gegeben ist, ist deren Implementierung weitgehend unerheblich. Angesichts des üblichen Einsatzbereichs bei der Versorgung von Verbrauchern mit Wechselspannungen mit mehr als 110 V bietet es sich jedoch an, wenn die RCS-Gruppe/n jeweils durch einen passiven Filter implementiert sind.

[0019] Prinzipiell ist es ausreichend, lediglich an der Spule der Netzdrossel, an der auch tatsächlich Resonanzströme zu Überspannungen führen, eine RCS-Gruppe vorzusehen. Da in praktischen Einsatzszenarien Resonanzströme aber häufig auf allen Leitern der Energieversorgung auftreten werden, ist in einer Ausgestaltung parallel zu jeder Spule der Netzdrossel eine RCS-Gruppe mit jeweils mindestens einem RCS-Kreis angeordnet.

[0020] In einer Ausgestaltung ist der mindestens eine RCS-Kreis durch eine Serienschaltung aus einer

Spule und einem Kondensator gebildet, so dass ein LC-Schwingkreis entsteht. Auf diese Weise entsteht ein Bandpass, der sehr einfach aufgebaut ist und damit lediglich geringe Kosten verursacht. Dabei kann in einer Weiterbildung dieses RCS-Kreises parallel zu dem Kondensator ein Widerstand geschaltet sein. Dieser Widerstand erhöht die Bandbreite des entsprechend ausgebildeten RCS-Kreises.

[0021] Prinzipiell kann die RCS-Gruppe lediglich einen einzelnen RCS-Kreis umfassen. Dies kann insbesondere dann ausreichend sein, wenn die zu erwartenden Resonanzströme sehr schmalbandig sind. Zur noch weiteren Verbesserung der Wirkung der Filterschaltung kann die RCS-Gruppe in einer Weiterbildung auch mehrere RCS-Kreise aufweisen, wobei diese mehrere RCS-Kreise in dieser Weiterbildung parallel zueinander geschaltet sind. Dabei bietet es sich an, wenn die Bandpasscharakteristika dieser mehrere RCS-Kreise nicht identisch sind. Daher weisen die RCS-Kreise vorzugsweise Bandpasscharakteristika mit jeweils unterschiedlichen Mittenfrequenzen und/oder unterschiedlichen Bandbreiten und/oder unterschiedlicher Amplitudengänge auf. Auf diese Weise kann die Filterschaltung besonders gut auf die zu erwartenden Resonanzfrequenzen abgestimmt werden. Je mehr RCS-Kreise in einer RCS-Gruppe vorhanden sind, desto effektiver kann die Schaltung wirken. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass die zu erwartenden Verbesserungen bei Überschreiten einer gewissen Anzahl paralleler RCS-Kreise in keinem Verhältnis mehr zu den dadurch entstehenden Zusatzkosten stehen. In vielen Anwendungsszenarien dürfte sich daher eine Anzahl von maximal drei bis fünf RCS-Kreisen innerhalb einer RCS-Gruppe ergeben. Bei Verwendung mehrerer RCS-Gruppen bietet es sich zudem an, wenn jede der RCS-Gruppen eine identische Anzahl von RCS-Kreisen aufweist. Dabei kann jede RCS-Gruppe identisch aufgebaute und/oder identisch dimensionierte RCS-Kreise aufweisen.

[0022] Die Verwendung der RCS-Gruppe/n reduziert - neben den Überspannungen - bereits Oberschwingungen und damit weitere Rückwirkungen des Verbrauchers auf die Energieversorgung. In einer Weiterbildung und zur weiteren Reduzierung von Oberschwingungen umfasst die Filterschaltung ergänzend mindestens eine Filterkreisgruppe, die jeweils mit zwei Polen des Ausgangs verbunden sind. Wenn ein zweipoliger Ausgang vorliegt, kann die Filterkreisgruppe mit diesen beiden Polen des Ausgangs verbunden sein. Wenn der Ausgang dreipolig ausgeführt ist, so kann die Filterkreisgruppe zwischen zwei der drei Pole des Ausgangs geschaltet sein. Hierbei ist auch möglich, dass zwischen jedem der drei Pole jeweils eine Filterkreisgruppe angeordnet ist, sodass insgesamt drei Filterkreisgruppen vorhanden wären. Dies gilt bei Ausgängen mit mehr als drei Polen entsprechend. Die mindestens eine Fil-

terkreisgruppe umfasst mindestens einen Filterkreis. Dieser mindestens eine Filterkreis ist derart ausgestaltet, dass sie Oberschwingungen (insbesondere Oberschwingungsströme) zwischen den einzelnen Polen des Ausgangs ableiten. Damit gelangen diese abgeleiteten Oberschwingungen nicht zu der Netzdrossel und können damit dort auch keine Resonanzeffekte begünstigen oder auslösen oder zur Energieversorgung gelangen. Selbst wenn der mindestens eine Filterkreis derart dimensioniert ist, dass Oberschwingungen nicht vollständig abgeleitet werden, so kann der mindestens eine Filterkreis die Oberschwingungen zumindest dämpfen. Dadurch können sonst entstehende Resonanzeffekte und Rückwirkungen auf die Energieversorgung reduziert werden.

[0023] In einer Ausgestaltung weist der mindestens eine Filterkreis eine Bandpasscharakteristik auf, wobei die Mittenfrequenz und/oder die Bandbreite der Bandpasscharakteristik auf die Oberschwingungen angepasst sind, die aus dem Ausgang des Filterschaltung durch die Rückwirkung eines angeschlossenen Verbrauchers zu erwarten sind. Auch hier können die Rückwirkungen des Verbrauchers bekannt sein oder durch typische, eventuell in einem Datenblatt der Filterschaltung definierte Verbraucher abgeschätzt werden. Durch eine derartige Bandpasscharakteristik beeinflusst der mindestens eine Filterkreis die Wechselspannung der Energieversorgung nicht oder nur in geringem Maße, stellt aber für Oberschwingungen, auf die der Filterkreis angepasst ist, eine Verbindung zwischen Polen des Ausgangs mit geringer Impedanz dar. Damit werden diese Oberschwingungen zumindest teilweise abgeleitet und gelangen nicht weiter in Richtung der Energieversorgung.

[0024] Prinzipiell ist es unerheblich, wie der mindestens eine Filterkreis aufgebaut ist, um diese Wirkung herbeizuführen. In einer bevorzugten Ausbildung umfasst der mindestens eine Filterkreis jedoch jeweils eine Serienschaltung aus einer Spule und einem Kondensator. Dieser auch als Saugkreis bekannte Filterkreis ist kostengünstig und einfach implementierbar und liefert dennoch gute Filterergebnisse. Dabei kann der mindestens eine Filterkreis derart ausgestaltet sein, dass die Auswirkungen auf den Leistungsfaktor $\cos\varphi$ möglichst gering ist. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der Kondensator des mindestens einen Filterkreises relativ klein gewählt wird. Vorzugsweise weist der Kondensator des mindestens einen Filterkreises eine Kapazität von weniger als 30 μF , besonders bevorzugter Weise eine Kapazität von weniger als 20 μF und ganz besonders bevorzugter Weise eine Kapazität von weniger als 10 μF auf. Auf diese Weise kann ein guter Filterkreis entstehen, der dennoch eine gute Oberschwingungsunterdrückung und eine Verbesserung des $\cos\varphi$ bewirkt.

[0025] Prinzipiell kann die mindestens eine Filterkreisgruppe lediglich einen einzelnen Filterkreis aufweisen. Wenn der Verbraucher wenige Ordnungen von Oberschwingungen erzeugt, die zudem nahe beieinanderliegen (beispielsweise 5. und 7. Ordnung), kann auf diese Weise - gemeinsam mit der/den RCS-Gruppe/n - dennoch eine sehr effektive Oberschwingungsreduzierung erreicht werden. In einer Weiterbildung sind jedoch in der mindestens einen Filtergruppe mehrere Filterkreise vorhanden, die parallel zueinander geschaltet sind. Dabei bietet es sich an, wenn Bandpasscharakteristika dieser mehrerer Filterkreise jeweils unterschiedliche Mittenfrequenzen und/oder unterschiedliche Bandbreiten aufweisen. Auf diese Weise kann die Filterkreisgruppe besonders gut auf verschiedene Ordnungen von Oberschwingungen eingestellt werden. Auch hier steigt mit der Anzahl der Filterkreise innerhalb einer Filterkreisgruppe die Wirkung der Filterkreisgruppe hinsichtlich der Reduzierung der Oberschwingungen. Allerdings wird es - ähnlich wie bei den RCS-Kreisen - eine maximale Anzahl geben, oberhalb der die erzielte Wirkung in keinem Verhältnis mehr zu den zusätzlichen Kosten für einen weiteren Filterkreis stehen. In vielen Anwendungsszenarien dürfte die Anzahl von Filterkreisen in einer Filterkreisgruppe bei maximal fünf Filterkreisen liegen.

[0026] Wenn mehrere Filterkreisgruppen vorgesehen sind, so sind vorzugsweise in jeder dieser Filterkreisgruppen eine identische Anzahl von Filterkreisen vorhanden. Ferner bietet es sich an, wenn die einzelnen Filterkreise einer Filterkreisgruppe identisch zu den Filterkreisen der anderen Filterkreisgruppe/n ausgebildet und/oder dimensioniert sind.

[0027] In einer Weiterbildung kann die Filterkreisgruppe einen Widerstand umfassen, der parallel zu dem mindestens einen Filterkreis geschaltet ist. Dieser Widerstand kann dabei im $\text{M}\Omega$ -Bereich dimensioniert sein, beispielsweise zwischen 1 $\text{M}\Omega$ und 10 $\text{M}\Omega$. Auf diese Weise wirkt sich der Widerstand im normalen Betrieb der Filterschaltung praktisch nicht aus. Wenn die Filterschaltung jedoch von der Energieversorgung getrennt wird, sorgt dieser Widerstand in der Filtergruppe dafür, dass die Filterkreise der Filterkreisgruppe, insbesondere dort vorhandene Kondensatoren, entladen werden.

[0028] Prinzipiell kann die Netzdrossel aus mehreren, isoliert voneinander aufgebauten Spulen gebildet sein. Dadurch könnte bereits eine Filterung von hochfrequenten Rückwirkungen des Verbrauchers erreicht werden. Besondere Vorteile ergeben sich jedoch dann, wenn die mehreren Spulen der Netzdrossel magnetisch miteinander gekoppelt sind. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Spulen auf einen gemeinsamen Kern gewickelt werden. In praktischen Ausgestaltungen kann dieser Kern bei einer Netzdrossel mit drei Spulen in Form eines geschlos-

senen W aufgebaut sein, wobei auf jedem Schenkel jeweils eine Spule der Netzdrossel angeordnet ist.

[0029] Die erfindungsgemäße Filterschaltung kann zusammen mit einem Verbraucher ein erfindungsgemäßes System bilden. Dabei ist der Verbraucher mit dem Ausgang der Filterschaltung verbunden. Der Verbraucher und die Filterschaltung sind aus einer mit einem Eingang der Filterschaltung verbundenen Energieversorgung versorgbar. In diesem System kann besonders effektiv die RCS-Gruppe/n bzw. gegebenenfalls die Filterkreisgruppe/n auf die jeweiligen Resonanzströme bzw. jeweiligen Oberschwingungen eingestellt werden, da mit einem bestimmten Verbraucher diese Größen nicht lediglich abgeschätzt werden müssen. Vielmehr kann das Verhalten des Verbrauchers zusammen mit der Filterschaltung relativ genau bestimmt werden. Auf diese Weise entsteht ein System, bei dem Überspannungen an der Netzdrossel und Rückwirkungen in die Energieversorgung besonders effektiv reduziert werden können. Dabei können Filterschaltung und Verbraucher gemeinsam in einem Gerät integriert sein. Die Filterschaltung kann jedoch auch in einem von dem Verbraucher getrennten Gehäuse untergebracht sein, das beispielsweise an dem Verbraucher angeflanscht ist. Die Verbindung zwischen Filterschaltung und Verbraucher kann sogar lösbar ausgestaltet sein. In einer ganz besonders bevorzugten Ausgestaltung ist die Filterschaltung jedoch Teil des Verbrauchers.

[0030] Der Verbraucher kann prinzipiell auf verschiedenste Weise gebildet sein. Um die Wirkung der Filterschaltung gut nutzen zu können, sollte der Verbraucher dabei jedoch Oberschwingungen hervorrufen und/oder zu Resonanzströmen beitragen. In einer Ausgestaltung umfasst der Verbraucher einen Gleichrichter und/oder andere Oberschwingungen erzeugenden Baugruppen. In einer Ausgestaltung umfasst der Verbraucher einen Wechselrichter. Dieser Wechselrichter kann zur Versorgung eines Elektromotors, besonders bevorzugter Weise eines elektronisch kommutierten Elektromotors verwendet werden. Der Elektromotor kann Teil eines Ventilators sein. Der Wechselrichter ist vorzugsweise mit einem schlanken Zwischenkreis ausgestaltet. Der Wechselrichter kann in einem Elektronikgehäuse des Elektromotors angeordnet sein.

[0031] Prinzipiell kann der Verbraucher unterschiedlichste Leistungsaufnahmen aufweisen. Da die hier kompensierten Effekte aber bei höheren Leistungsaufnahmen deutlicher zutage treten, ist jedoch vorzugsweise ein Verbraucher mit mittlerer Leistungsaufnahme Teil des erfindungsgemäßen Systems, beispielsweise mit Leistungsaufnahmen in der Größenordnung bei 3 - 7 kW.

[0032] Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Wei-

se auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die den nebengeordneten Ansprüchen nachgeordneten Ansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 ein Prinzip-Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Filterschaltung mit einer Netzdrossel, drei RCS-Kreisgruppen und drei Filterkreisgruppen

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines Filterkreises mit einer Spule und einem Kondensator,

Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel eines RCS-Kreises mit einer Spule, einem Kondensator und einem parallel zu dem Kondensator geschalteten Widerstand und

Fig. 4 ein Schaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Filterschaltung.

[0033] **Fig. 1** zeigt ein Prinzip-Schaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Filterschaltung **1**. Die Filterschaltung **1** umfasst eine Netzdrossel **2**, die wiederum drei Spulen **3**, **3'**, **3''** umfasst. Die Spulen **3**, **3'**, **3''** der Netzdrossel **2** sind magnetisch miteinander gekoppelt, was durch die W-förmige Linie bei den Spulen symbolisiert ist. Die einzelnen Spulen **3**, **3'**, **3''** der Drossel **2** sind jeweils mit einem Pol eines Eingangs **4** und mit einem Pol eines Ausgangs **5** verbunden. Der Eingang **4** bzw. die Filterschaltung **1** insgesamt ist dazu ausgebildet, dass die Phasen eines Energieversorgungssystems **L1**, **L2**, **L3** mit den entsprechenden Polen des Eingangs **4** verbunden werden können und eine dreiphasige Wechselspannung in die Filterschaltung **1** eingegeben werden kann. Die gefilterten Phasen **L1'**, **L2'**, **L3'** werden an den Polen des Ausgangs **5** ausgegeben und können in einen Verbraucher eingegeben werden.

[0034] Parallel zu den einzelnen Spulen der Drossel **2** ist jeweils eine RCS-Gruppe **RCG1**, **RCG2**, **RCG3** geschaltet, die jeweils aus N RCS-Kreisen **RCS1**, **RCS2**, ..., **RCSN** bestehen (wobei N eine natürliche Zahl ist). Zwischen den einzelnen Phasen **L1**, **L2**, **L3** sind jeweils Filterkreisgruppen **FCG1**, **FCG2**, **FCG3** geschaltet, wobei jede der Filterkreisgruppen **FCG1**, **FCG2**, **FCG3** mehrere Filterkreise **FC1**, **FC2**, ..., **FCM** umfasst (wobei M eine natürliche Zahl ist, die gleich oder ungleich N sein kann). Dabei sei darauf hingewiesen, dass die RCS-Gruppen bzw. die Filterkreisgruppen nicht zwingend identische RCS-Kreise beziehungsweise Filterkreise aufweisen müssen. Wenn man jedoch davon ausgeht, dass alle Phasen

mit identischen Resonanzschwingungen und Oberschwingungen belastet sind, so dürfte dies in praktischen Schaltungen regelmäßig so sein.

[0035] Die RCS-Gruppen **RCG1**, **RCG2**, **RCG3** sind jeweils darauf abgestimmt, Resonanzströme an der Netzdrossel **2** und die dadurch hervorgerufenen Überspannungen abzuleiten. Die Filterkreisgruppen **FCG1**, **FCG2**, **FCG3** sind jeweils auf die in den Ausgang **5** rückwirkenden Oberschwingungen abgestimmt. Angenommen der Eingang **4** der Filterschaltung **1** sei mit einem Drehstromnetzwerk mit Strangspannungen von 230V und einer Netzfrequenz von 50 Hz verbunden und der Ausgang **5** der Filterschaltung sei mit dem Wechselrichter eines elektronisch kommutierten Motors (EC-Motor) verbunden, der eine Leistungsaufnahme von 6 kW hat. Der Wechselrichter umfasst dabei einen schlanken Zwischenkreis, der durch einen Sechspuls-Brückengleichrichter und einen Glättungskondensator gebildet ist. Der Brückengleichrichter erzeugt aus der dreiphasigen Spannung **L1'**, **L2'**, **L3'** aus der Filterschaltung **1** eine pulsierende Gleichspannung, die durch den Glättungskondensator geglättet wird, wobei aufgrund der Ausbildung als schlanker Zwischenkreis noch Ripple auf der Gleichspannung verbleiben. Diese Gleichspannung wird in eine Wechselrichterstufe eingegeben, die aus der Gleichspannung eine Wechselspannung mit veränderlicher Frequenz erzeugt. Durch den Gleichrichter entstehen Oberschwingungen, die in die Filterschaltung **1** zurückgekoppelt werden. Durch den Glättungskondensator entsteht zusammen mit der Netzdrossel ein Schwingkreis, der Resonanzströme in der Drossel hervorruft. Zusätzlich erzeugt der Wechselrichter hochfrequente Störungen, deren Frequenz von der Frequenz des Wechselrichters abhängt und meist bei wenigen kHz liegt.

[0036] Anhand der Filterkreisgruppen **FCG1**, **FCG2**, **FCG3** sei nochmals genauer auf deren Abstimmung eingegangen. Die durch den Gleichrichter erzeugten Oberschwingungen liegen bei Vielfachen der Netzfrequenz, wobei die Nummer der Ordnung der Anzahl der Vielfachen entspricht. D.h. die Oberschwingung n-ter Ordnung hat die Frequenz $n * 50$ Hz, wobei n eine natürliche Zahl ist. Meist weisen die Oberschwingungen niedriger Ordnungen höhere Amplituden auf als die Oberschwingungen höherer Ordnung. Unter der Annahme, dass eine Filterkreisgruppe **FCG1**, **FCG2**, **FCG3** jeweils drei Filterkreise aufweist, so kann der erste Filterkreis **FC1** auf die Oberschwingungen **5.** Ordnung, der zweite Filterkreis **FC2** auf die Oberschwingungen **7.** Ordnung und der dritte Filterkreis **FC3** auf die **11.**, **13.** und höheren Ordnungen angepasst sein. Die Mittenfrequenz des ersten Filterkreises **FC1** kann beispielsweise bei 250 Hz, die Mittenfrequenz des zweiten Filterkreises **FC2** beispielsweise bei 350 Hz und die Mittenfrequenz des dritten Filterkreises **FC3** beispielsweise bei 550 Hz gewählt sein. Auf diese Weise können Oberschwin-

gungen bis hin zu der 40. Ordnung stark reduziert werden. Ein nicht-sinusförmiger Laststrom wird wieder annähernd sinusförmig.

[0037] **Fig. 2** zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Filterkreises **FCi**, wobei i eine natürliche Zahl zwischen 1 und M ist. Der Filterkreis **FCi** besteht dabei aus einer Spule L und einem Kondensator C. Dabei sorgt die Spule L für eine ausreichend hohe Impedanz. Die Rahmenbedingungen für die Dimensionierung der Spule L und des Kondensators C sind voranstehend ausführlich dargelegt. Wichtigstes Kriterium für die Dimensionierung wird die Mittenfrequenz und die Bandbreite sein, die durch die Anforderungen an die Abstimmungen definiert sind. Wenn zusätzlich eine Optimierung des $\cos\phi$ gefordert ist, ergeben sich weitere Randbedingungen für die maximale Größe des Kondensators. Ein Fachmann wird basierend auf diesen Randbedingungen eine geeignete Dimensionierung vornehmen können.

[0038] In **Fig. 3** ist ein Ausführungsbeispiel eines RCS-Kreises **RCSi** dargestellt, wobei i hier eine natürliche Zahl zwischen 1 und N ist. Der Filterkreis **RCSi** besteht dabei aus einer Serienschaltung aus einer Spule L und einem Kondensator C. Parallel zu dem Kondensator C ist ein Widerstand R geschaltet. Auch hier wird ein Fachmann basierend auf den im allgemeinen Teil der Beschreibung dargelegten Randbedingungen eine geeignete Dimensionierung der Komponenten durchführen können.

[0039] In **Fig. 4** ist ein Ausführungsbeispiel einer Filterschaltung gemäß **Fig. 1** mit dem jeweils in **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellten Ausgestaltungen des Filterkreises bzw. des RCS-Kreises dargestellt. Dabei sind drei RCS-Gruppen mit jeweils zwei RCS-Kreisen und drei Filterkreisgruppen mit jeweils drei Filterkreisen genutzt. Zusätzlich sind in jeder Filterkreisgruppe zwei Widerstände R vorhanden, die im M Ω -Bereich dimensioniert und beispielsweise jeweils 1M Ω groß sind. Diese Widerstände entladen die Filterkreise, wenn die Filterschaltung von der Energieversorgung getrennt wird.

[0040] Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Filterschaltung wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf den allgemeinen Teil der Beschreibung sowie auf die beigefügten Ansprüche verwiesen.

[0041] Schließlich sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele lediglich zur Erörterung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Bezugszeichenliste

1	Filterschaltung
2	Netzdrossel
3, 3', 3''	Spulen (der Netzdrossel)
4	Eingang
5	Ausgang
L1, L2, L3	Phasen der Energiever- sorgung
L1', L2', L3'	gefilterte Phasen am Aus- gang
RCG1, RCG2,	Resonanzstromunterdrü- ckungs-
RCG3	gruppe (RCS-Gruppe)
RCS1, RCS2,	Resonanzstromunterdrü- ckungs-
RCSN	kreis (RCS-Kreis)
FCG1, FCG2,	Filterkreisgruppe
FCG3	
FC1, FC2,	Filterkreis
FCM	

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

- US 5805032 A [0005]
- US 2015/0381136 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Filterschaltung zum Reduzieren von Rückwirkungen eines Verbrauchers auf eine Energieversorgung, umfassend einen mehrpoligen Eingang (4), eine Netzdrossel (2) und einen mehrpoligen Ausgang (5), wobei der Eingang (4) zum Eingeben einer Wechselspannung aus der Energieversorgung ausgebildet ist, wobei der Ausgang (5) zum Verbinden mit dem Verbraucher ausgebildet ist, wobei die Netzdrossel (2) für jeden Pol des Eingangs eine Spule (3, 3', 3'') aufweist und wobei die Spulen (3, 3', 3'') der Netzdrossel (2) jeweils zwischen einem Pol des Eingangs (4) und einem Pol des Ausgangs (5) geschaltet sind und Energie von dem Eingang (4) zu dem Ausgang (5) und/oder umgekehrt übertragen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass parallel zu einer Spule (3, 3', 3'') der Netzdrossel (2) eine Resonanzstromunterdrückungsgruppe - RCS-Gruppe (RCG1, RCG2, RCG3) - angeordnet ist, wobei die RCS-Gruppe (RCG1, RCG2, RCG3) mindestens einen Resonanzunterdrückungskreis - RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) - aufweist, wobei jeder RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) eine Spule und einen Kondensator umfasst und eine Bandpasscharakteristik aufweist und wobei die Bandpasscharakteristik jeweils derart auf an der Netzdrossel (2) entstehende Resonanzströme abgestimmt ist, dass durch die Resonanzströme erzeugte Spannungserhöhungen durch den mindestens einen RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) reduziert oder unterdrückt werden.

2. Filterschaltung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass parallel zu jeder Spule (3, 3', 3'') der Netzdrossel (2) eine RCS-Gruppe (RCG1, RCG2, RCG3) mit jeweils mindestens einem RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) angeordnet ist.

3. Filterschaltung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine RCS-Kreis (RCS1, RCS2, RCSN) durch eine Serienschaltung aus einer Spule (L) und einem Kondensator (C) gebildet ist, wobei vorzugsweise parallel zu dem Kondensator (C) ein Widerstand (R) geschaltet ist.

4. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer RCS-Gruppe (RCG1, RCG2, RCG3) mit mehreren RCS-Kreisen (RCS1, RCS2, RCSN) diese mehreren RCS-Kreise (RCS1, RCS2, RCSN) parallel geschaltet sind, wobei die Bandpasscharakteristika dieser mehreren RCS-Kreise (RCS1, RCS2, RCSN) vorzugsweise jeweils unterschiedliche Mittenfrequenzen und/oder unterschiedliche Bandbreiten aufweisen.

5. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **gekennzeichnet durch** mindestens eine Filterkreisgruppe (FCG1, FCG2, FCG3), die jeweils mit zwei Polen des Ausgangs (5) verbunden sind, wobei

die mindestens eine Filterkreisgruppe (FCG1, FCG2, FCG3) mindestens einen Filterkreis (FC1, FC2, FCM) umfasst.

6. Filterschaltung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Filterkreis (FC1, FC2, FCM) eine Bandpasscharakteristik aufweist, wobei die Mittenfrequenz und die Bandbreite der Bandpasscharakteristik auf in den Ausgang (5) rückwirkende Oberschwingungen abgestimmt ist.

7. Filterschaltung nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der mindestens eine Filterkreis (FC1, FC2, FCM) jeweils eine Serienschaltung aus einer Spule (L) und einem Kondensator (C) umfasst, wobei der Kondensator (C) vorzugsweise eine Kapazität von weniger als 30µF, besonders bevorzugte Weise von weniger als 15µF, ganz besonders bevorzugter Weise von weniger als 10µF aufweist.

8. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer Filterkreisgruppe (FCG1, FCG2, FCG3) mit mehreren Filterkreisen (FC1, FC2, FCM) diese mehreren Filterkreise (FC1, FC2, FCM) parallel geschaltet sind, wobei die Bandpasscharakteristika dieser mehreren Filterkreise (FC1, FC2, FCM) vorzugsweise jeweils unterschiedliche Mittenfrequenzen und/oder unterschiedliche Bandbreiten aufweisen.

9. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die mindestens eine Filterkreisgruppe (FCG1, FCG2, FCG3) einen Widerstand umfasst, der parallel zu dem mindestens einen Filterkreis (FC1, FC2, FCM) geschaltet ist.

10. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spulen (3, 3', 3'') der Netzdrossel (2) untereinander magnetisch gekoppelt sind.

11. Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Eingang (4) und der Ausgang (5) jeweils zwei- oder dreipolig ausgebildet ist und zum Anschluss einer Phase und eines Neutralleiters, zweier Phasen oder dreier Phasen ausgebildet ist.

12. System umfassend eine Filterschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11 und einen Verbraucher, wobei der Verbraucher mit dem Ausgang (5) der Filterschaltung (1) verbunden ist und wobei der Verbraucher mit Energie aus einer mit dem Eingang (4) der Filterschaltung (1) verbundenen Energieversorgung versorgbar ist.

13. System nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbraucher einen Gleichrichter und/oder andere Oberschwingungen erzeugende Baugruppen umfasst.

14. System nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbraucher durch einen Wechselrichter gebildet ist, vorzugsweise ein Wechselrichter für einen Elektromotor, wobei der Wechselrichter vorzugsweise einen schlanken Zwischenkreis aufweist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

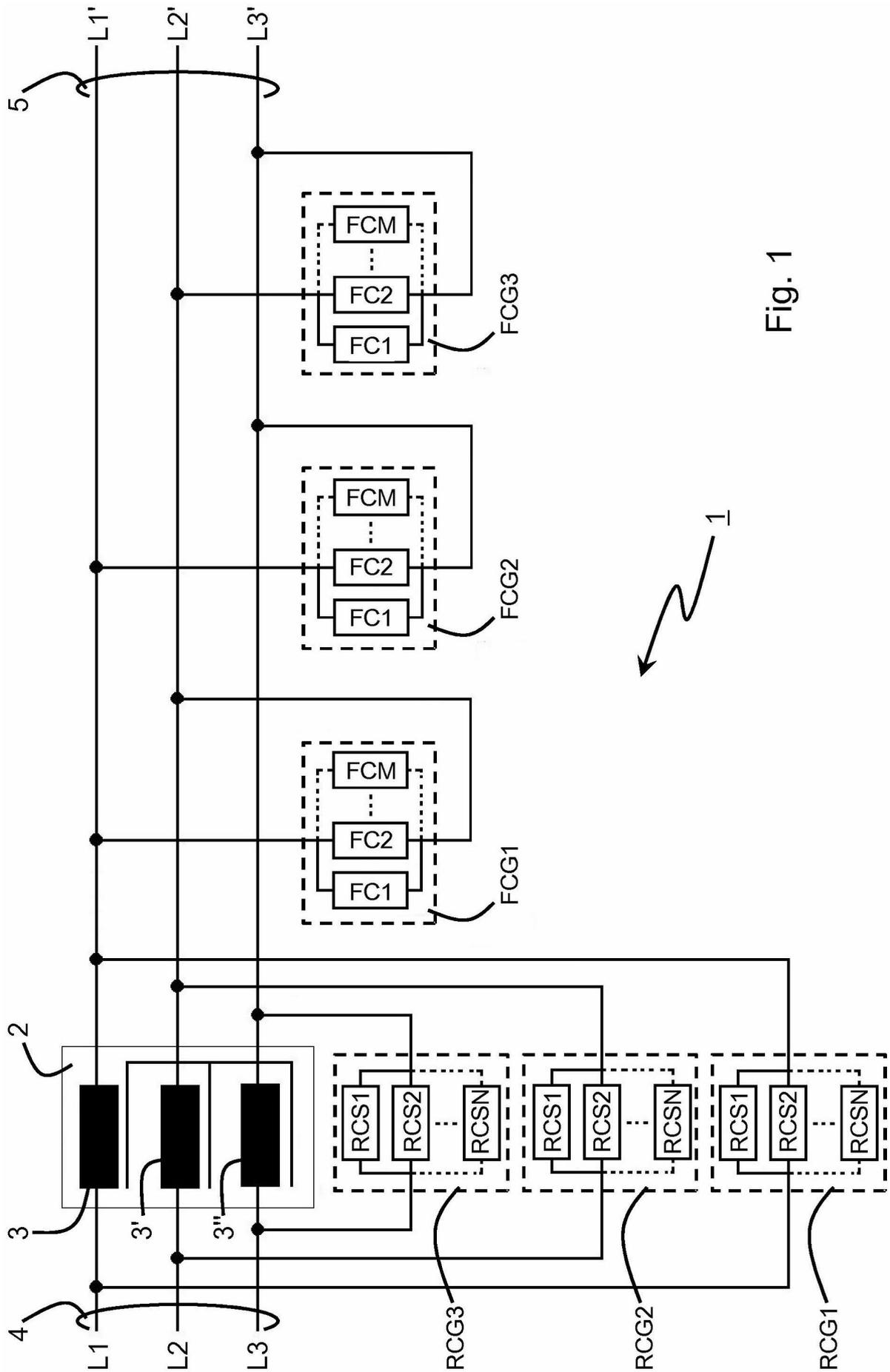


Fig. 1

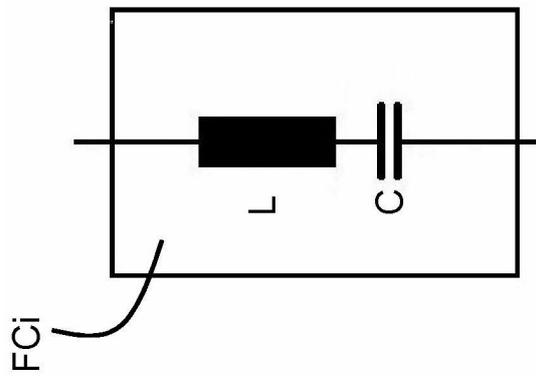


Fig. 2

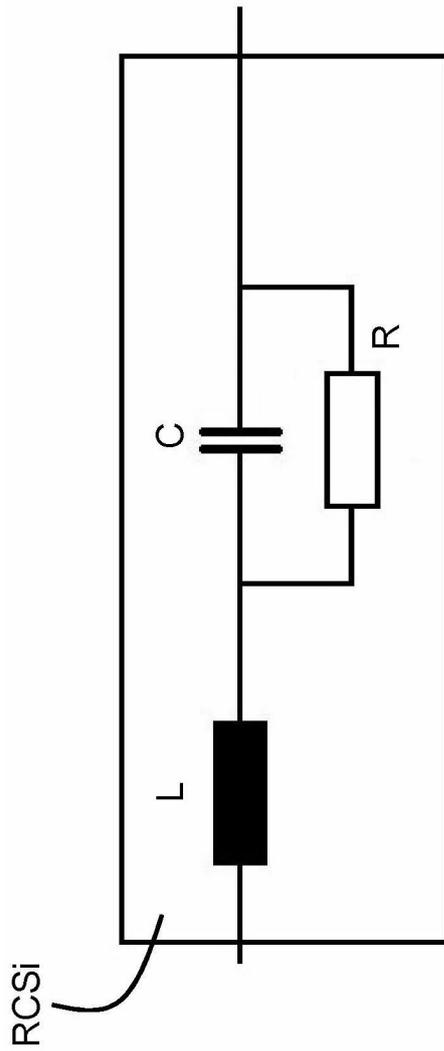


Fig. 3

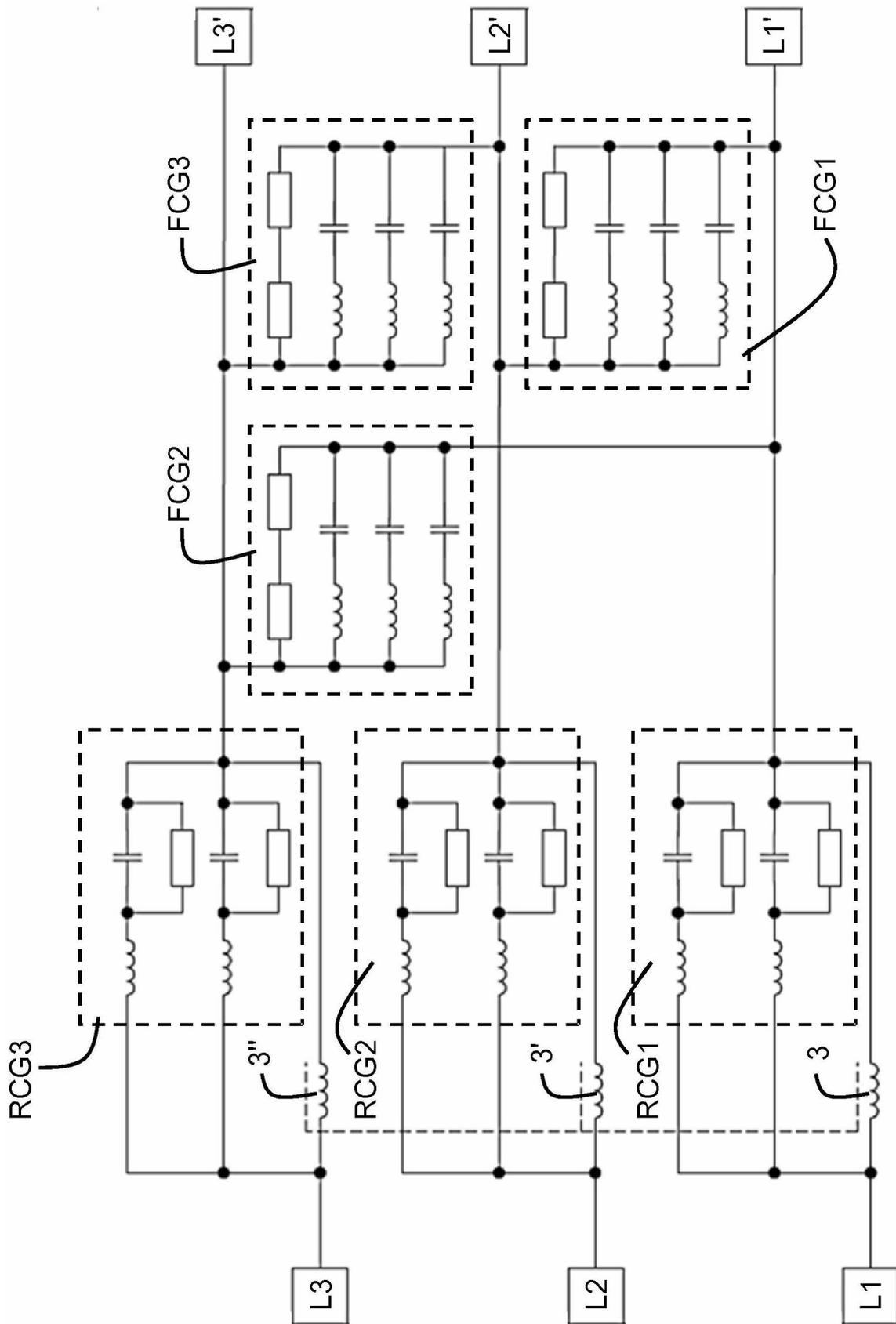


Fig. 4