

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 368/2009
(22) Anmeldetag: 30.06.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2015

(51) Int. Cl.: **H01F 27/33** (2006.01)

(62) Ausscheidung aus A 1035/2008

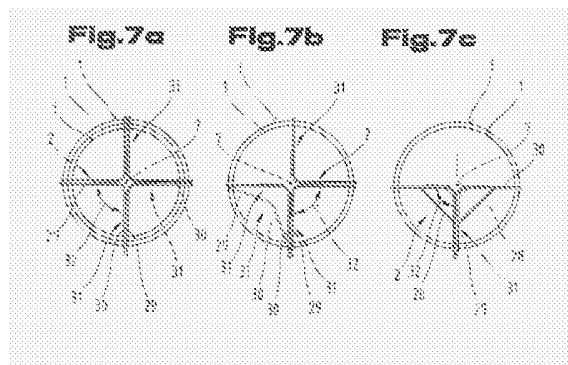
(56) Entgegenhaltungen:
US 3991394 A
US 5150046 A

(73) Patentinhaber:
COIL HOLDING GMBH
4070 EFERDING (AT)

(74) Vertreter:
ANWÄLTE BURGER UND PARTNER
RECHTSANWALT GMBH
4580 WINDISCHGARSTEN (AT)

(54) **DROSSELSPULE FÜR ELEKTRISCHE ENERGIEVERSORGUNGSNETZE MIT REDUZIERTEN SCHALLEMISSIONEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Drosselspule, insbesondere eine Drosselspule ohne Eisenkern zur Verwendung in elektrischen Energieversorgungsnetzen, mit zumindest zwei zylindrischen, in Bezug auf eine Spulenmittelachse (7) konzentrisch angeordneten und elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen (1). Diese Drosselspule umfasst wenigstens ein Halteelement (2) zur mechanischen Stabilisierung und gegebenenfalls elektrischen Verbindung der Wicklungslagen (1). Zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs der Drosselspule entstehenden Schallemissionen ist das Halteelement (2) durch einen abgewinkelt ausgebildeten, an wenigstens einem axialen Stirnende der Drosselspule angeordneten Verbindungsbügel (31) gebildet, wobei dieser Verbindungsbügel (31) durch zwei winkelig zueinander ausgerichtete, zumindest annähernd radial zur Spulenmittelachse (7) verlaufende Schenkel (29, 30) gebildet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Drosselspule, insbesondere eine Drosselspule ohne Eisenkern zur Verwendung in elektrischen Energieversorgungsnetzen, mit zumindest zwei zylindrischen, in Bezug auf eine Spulenmittelachse konzentrisch angeordneten und elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen, und mit wenigstens einem Mittel zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs der Drosselspule entstehenden Schallemissionen, wie dies in Anspruch 1 angegeben ist.

[0002] Die US 3 991 394 A beschreibt eine Drosselspule für große Ströme mit mehreren parallel geschalteten, um die Spulenmittellachse konzentrisch angeordneten Windungsschichten. An beiden axialen Enden der Drosselspule sind Trägerelemente vorgesehen, welche aus vier aus der Mittelachse entspringenden, im Querschnitt rechteckigen Metallarmen gebildet sind. Diese vier Metallarme sind im Wesentlichen rechtwinklig zueinander positioniert. Wie in Fig. 1 der US 3 991 394 A ersichtlich ist, ist ein solches Trägerelement einstückig aufgebaut und alle vier Metallarme sind mechanisch starr miteinander gekoppelt. Im Speziellen sind die Metallarme im Nahbereich um die Spulenmittellachse mechanisch fest miteinander verbunden und es ergibt sich eine zentrale Nabe. Weitere Ausführungsformen für das Trägerelement sind der US 3 991 394 A nicht zu entnehmen, ebenso wie allgemein keine Mittel zur Reduzierung oder Minimierung von Schallemissionen vorgesehen sind.

[0003] Bei Spulen, insbesondere bei trockenisolierten Drosselspulen ohne Eisenkern mit zwei oder mehreren, unter Freilassung von Spalten, konzentrisch ineinander angeordneten, elektrisch parallel geschalteten zylindrischen Wicklungslagen, ist es bekannt, die Wicklungslagen aus rechteckig geformten Leitern oder Leiterbündeln zu wickeln, wobei die Wicklungslagen unterschiedliche, vorwiegend von innen nach außen abnehmende Windungszahlen aufweisen. Der grundsätzliche Aufbau von konzentrisch ineinander angeordneten, elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen ist aus dem Stand der Technik, beispielsweise dem europäischen Patent EP 0 092 018 B1 bekannt.

[0004] Die Figuren 1 und 2 zeigen den grundsätzlichen konstruktiven Aufbau derartiger Wicklungslagen 1 bzw. damit aufgebauter Spulenwicklungen. Die konzentrisch ineinander um eine gemeinsame Spulenmittellachse 7 angeordneten Wicklungslagen 1, die aus weitgehend rechteckig geformten Leitern oder Leiterbündeln 6 hergestellt sind, werden über Halteelemente 2 an den Spulenden, beispielsweise sogenannte Wicklungssterne aus Metall oder Kunststoff, zusammengehalten. In der Regel werden die in den beiden distalen Endabschnitten der Spule angeordneten Halteelemente 2 über eine Spannkonstruktion, z.B. durch mehrere Zugelemente 3 aus imprägnierten Glasfasern, die entlang der Wicklung angebracht werden, zusammengehalten. Zwischen den Halteelementen 2 und den Spulen- bzw. Wicklungsenden werden üblicherweise vor allem dann, wenn die Halteelemente 2 elektrisch leitend sind, Isolationselemente 4 angebracht. Die konzentrisch ineinander angeordneten Wicklungslagen 1 sind in radialer Richtung bevorzugt durch weitere Isolationselemente 5, beispielsweise elektrisch isolierende Spaltleisten, distanziert, um vertikale Spalte für die natürliche Luftkühlung der gesamten Drosselspulenwicklung zu erzeugen. Inwieweit Leiter oder Leiterbündel 6 aus mehreren isolierten Einzelleitern eingesetzt werden, hängt von den zu erwartenden Wirbelstromverlusten ab, die in wirtschaftlichen Grenzen zu halten sind.

[0005] Die Windungszahlen der Wicklungslagen 1 bzw. der zu fertigenden, elektrischen Spulen werden so festgelegt, dass sowohl die gewünschte Induktivität erzielt wird als auch die gewünschte Strom- und Betriebstemperaturverteilung über die parallel geschalteten Wicklungslagen 1 - siehe Fig. 1 - erreicht wird. Mit dieser Forderung ergeben sich unterschiedliche, vorwiegend von innen nach außen abnehmende Windungszahlen für die elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen 1.

[0006] Ein möglichst gleichmäßiger axialer Spannungsgradient in allen Wicklungslagen 1 und damit die Vermeidung wesentlicher Spannungsdifferenzen zwischen den gegenüberliegenden Windungen benachbarter Wicklungslagen 1 ist durch die Erzielung gleicher Höhen bzw. glei-

cher axialer Längen der einzelnen Wicklungslagen 1, also durch die Einhaltung möglichst gleicher axialer Wicklungslagenhöhen H sichergestellt. Dies wird durch Anpassung der in axialer Richtung der Wicklungslagen 1 gemessenen Höhe GH1, GH2, GH3 des Leiters oder Leiterbündels 6 an die unterschiedlichen Windungszahlen der elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen 1 erzielt. Die in axialer Richtung der Wicklungslagen 1 gemessene Höhe GH1, GH2, GH3 des Leiters oder Leiterbündels 6 in den einzelnen Wicklungslagen 1 wird auch als Ganghöhe bezeichnet, welche die Abmessung des Leiters oder Leiterbündels 6 in Richtung der Wicklungs- bzw. Spulenachse definiert. Aufgrund der vorwiegend von den inneren Wicklungslagen 1 zu den äußeren Wicklungslagen 1 abnehmenden Windungszahlen, weisen die Leiter oder Leiterbündel 6 in den äußeren Wicklungslagen 1 in Achsrichtung größere Abmessungen auf. Insbesondere weisen die Leiter oder Leiterbündel 6 der äußeren Wicklungslagen 1 in paralleler Richtung zur Spulenlängs- bzw. Spulenmittelachse 7 größere Höhen GH 2, GH3 auf, als die Höhen GH1 der Leiter oder Leiterbündel 6 der inneren Wicklungslage 1 der Spule.

[0007] Die Anpassung der axialen Höhe GH1, GH2 oder GH3 des Leiters oder des Leiterbündels 6 zum jeweils benötigten Leiter oder Leiterbündel 6 mit annähernd bzw. weitgehend rechteckiger Querschnittsform erfolgt durch Pressen eines Rundleiters oder eines seilförmigen Leitermaterials. Entsprechend der im Zuge der elektrischen bzw. thermischen Auslegung der Drosselspule ermittelten Windungszahlen für die konzentrisch angeordneten Wicklungslagen 1 werden die erforderlichen Abmessungen der Leiter oder der Leiterbündel 6, insbesondere die zuvor erwähnten Ganghöhen GH1, GH2, GH3, berechnet. Der Zuwachs durch die in der Folge aufzubringende, elektrische Außenisolation des Leiters oder Leiterbündels 6 wird bei der Festlegung der erforderlichen Abmessungen berücksichtigt.

[0008] Nach dem bekannten Stand der Technik werden die im ursprünglichen Zustand einen kreisförmigen Querschnitt aufweisenden Leiter oder die seilartigen Leiterbündelstränge auf eine weitgehend rechteckige Querschnittsform mit den fix vorausberechneten Abmessungen umgeformt bzw. gepresst. Auf diese Leiter bzw. Leiterbündel wird dann die Außenisolation aufgebracht, welche üblicherweise durch hochtemperaturbeständige Isolationsfolien und/oder imprägnierfähige Gewebestoffe gebildet ist.

[0009] Ein vorteilhafter Fertigungsprozess für eine vorhergehend beschriebene Drosselspule ist im Detail in der AT 501 074 A1, welche auf die Anmelderin zurückgeht, beschrieben.

[0010] Luftdrosselspulen, d.h. Drosselspulen mit Luftkern bzw. ohne Eisenkern, werden vorwiegend in elektrischen Systemen zur Energieübertragung und Energieverteilung, sowie in Stromversorgungssystemen von Industrieanlagen eingesetzt. Durch die zunehmende Dichte bzw. Vermaschung elektrischer Energieversorgungsnetze müssen elektrische Mittel- und Hochspannungsanlagen immer öfter in unmittelbarer Umgebung von Wohngebieten errichtet werden, was eine steigende Nachfrage nach besonders geräuscharmen Drosselspulen nach sich zieht. Dies spiegelt sich zunehmend auch in den gesetzlichen Auflagen hinsichtlich zulässiger Schallemission von elektrischen Betriebsmitteln wider.

[0011] Eine Eigenschaft der aus dem Stand der Technik bekannten Drosselspulen ist unter anderem, dass diese je nach Typenleistung und Stromspektrum, insbesondere bei Belastung mit hohen Wechselströmen oder bei kombinierter Belastung mit hohem Gleichstrom und Wechselstrom, Schall emittieren, der von Menschen, insbesondere in zur Drosselspuleninstallation angrenzenden Wohnbereichen, als störend empfunden wird.

[0012] Nach dem Stand der Technik wird dem Problem der Schallemissionen hauptsächlich damit begegnet, dass bei der Auslegung der Drosselspule darauf geachtet wird, dass die Frequenzen bestimmter, ausgeprägter Schwingungsformen nicht mit dem Frequenzspektrum der wesentlichen anregenden Kräfte zusammenfallen. Damit werden ungünstige Geräuscherhöhungen aufgrund von mechanischen Resonanzschwingungen vermieden. Ist der Gesamtschallpegel dennoch zu hoch, werden weitere Maßnahmen ergriffen, um die Schallemission der Drosselspule zu reduzieren. Dies kann zum Beispiel eine strategisch günstige Positionierung der Drosselspule innerhalb der Hochspannungsanlage sein. Eine konventielle Maßnahme besteht auch darin, die Drosselspule möglichst schalldämmend einzukapseln, was sich nachteilig

lig auf die erforderliche Luftkühlung auswirken kann. So ist es auch bekannt, wie in Fig. 3 schematisch angedeutet wurde, den Drosselspulen ein Schallschutzgehäuse 8 zuzuordnen oder die Drosselspulen in einem eigenen Gebäude 9 anzuordnen. Auch eine Ausbildung von Schallschutzwänden 10 neben den Drosselspulen stellt eine konventionelle Maßnahme dar.

[0013] Diese herkömmlichen Methoden können hohe Zusatzkosten und darüber hinaus technische Probleme mit den elektrischen Zu- und Ableitungen 11, 12 zu den Hochspannungsanschlüssen der Drosselspule verursachen. Beispielsweise müssen Öffnungen 13, 14 in einem Schallschutzgehäuse 8 zur Durchführung der elektrischen Anschlüsse die erforderlichen bzw. mindestens notwendigen Spannungsabstände 15, 16 aufweisen, was zu einer deutlichen Verschlechterung der Effizienz der Abschirmungswirkung des Schalls führen kann.

[0014] Die US 5 150 046 A beschreibt einen Transformator für hochfrequente Signale, der Maßnahmen zur Abschirmung von elektrischen Rausch- bzw. Störsignalen von der Sekundärseite zurück auf die Primärseite des Transformators aufweist. Um den ringförmigen Kern des Transformators ist zuerst die Sekundärspule angebracht. Darüber gewickelt befinden sich mehrere Abschirmwicklungen, wie beispielsweise eine bifilare, zweilagige Schirmwicklung und eine Hochspannungswicklung. Ebenso sind über der Sekundärwicklung weitere Schirmelemente angeordnet, beispielsweise eine elektrisch leitfähige Platte und ein Isolator. Über diesen Schirmelementen ist schlussendlich die Primärwicklung angeordnet. Durch die Schirmelemente wird erreicht, dass sich die Kapazität zwischen der Sekundärwindung und dem Erdpotential erhöht und die Kapazität zwischen der Sekundärwicklung und der Primärwicklung verkleinert, wodurch Rausch- bzw. Störsignale, welche in der Sekundärwicklung durch die elektrischen Verbraucher erzeugt werden, nur mehr in geringem Ausmaß auf die Primärwicklung zurückwirken. Wesentlich ist, dass Rausch- (englisch: „noise“) bzw. Störsignale im Transformator auf der Verbindungsstrecke zwischen Sekundärseite und Primärseite reduziert bzw. minimiert werden. Maßnahmen zur Reduzierung oder Minimierung von Schallemissionen sind der US 5 150 046 A nicht zu entnehmen.

[0015] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Drosselspulen mit reduzierter bzw. möglichst niedriger Schallemission zu schaffen, wobei die Maßnahmen zur Reduzierung oder Minimierung der Schallemissionen möglichst wirtschaftlich und effektiv sein sollen.

[0016] Diese Aufgabe wird durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhaft ist dabei, dass jene Schallemissionen, welche vom Stütz- bzw. Halteelement zur mechanischen Stabilisierung bzw. elektrischen Verbindung der Wicklungslagen ausgehen, deutlich reduziert sind. Insbesondere wird eine Schwingungsanregung in einem erfindungsgemäßen Halte- bzw. Verbindungselement reduziert, da ein seitliches Ausknicken der Schenkel des bügelartigen Verbindungselementes eliminiert bzw. minimiert ist. Dieses Ausknicken bzw. Vibrieren der Arme eines konventionellen Halteelementes wird vor allem durch die pumpenartigen Bewegungen der Wicklungslagen während des Betriebs der Drosselspule verursacht. Die eine nicht unbeträchtliche Schallquelle darstellenden Halteelemente, welche in der Praxis auch als Wicklungsterne bezeichnet werden, werden also durch den angegebenen, vergleichsweise weniger Schall emittierenden Verbindungsbügel ersetzt bzw. durch Verbindungsbügel substituiert, welche weniger Schalleistung verursachen.

[0017] Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 2 werden diametral bzw. geradlinig verlaufende Verbindungen über den gesamten Querschnitt der Drosselspule vermieden. Die abgewinkelten Verbindungsbügel können dabei einerseits die gewünschten elektrischen Verbindungen zwischen den Wicklungslagen erfüllen und zudem zu einer möglichst geringen bzw. reduzierten Schallemission beitragen, nachdem die jeweiligen Schenkel der Verbindungsbügel in ihren Mittelabschnitten nicht oder kaum ausknicken bzw. relativ wenig vibrieren.

[0018] Eine in statischer und gegebenenfalls installationstechnischer Hinsicht vorteilhafte Bügelform ist in Anspruch 3 angegeben.

[0019] Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 4 kann auch den Anforderungen an einen

Anschluss bzw. elektrischen Abgriff diverser Bruchteile einer ganzen Windung problemlos Rechnung getragen werden. Gleichzeitig wird die geforderte mechanische Stabilität der Drosselspule erreicht bzw. die Beibehaltung der Zylinderform bzw. Kreisform der Drosselspule gewährleistet.

[0020] Bei der Ausgestaltung in Anspruch 5 ist von Vorteil, dass das Ausknicken der Schenkel der Verbindungsbügel aufgrund von elektromagnetischen Pump- bzw. Vibrationsbewegungen der Drosselspule entfällt bzw. stark reduziert ist. Insbesondere wird dadurch eine mechanische Schwingung der Verbindungsbügel bzw. deren Schenkel in deutlichem Ausmaß reduziert bzw. überhaupt vermieden.

[0021] Zugspannungs- bzw. druckspannungsbedingte Vibrationen der Schenkel des Verbindungsbügels, welche produktionsbedingt unterschiedlich sein können und beispielsweise aufgrund von Temperaturveränderungen während des Betriebs der Drosselspule verschiedenartig auftreten, haben durch die Ausgestaltung nach Anspruch 6 keinen bzw. nur marginalen Einfluss auf das Schwingungsverhalten dieser Verbindungsbügel. Insbesondere werden dadurch besonders schwingungs- bzw. vibrationsarme Verbindungsbügel geschaffen.

[0022] Schließlich ist die Ausgestaltung nach Anspruch 7 extrem schwingungs- bzw. geräuscharm. Darüber hinaus können betriebsbedingte Wärmedehnungen von einer solchen Konstruktion problemlos ausgeglichen werden. Temperaturbeeinflusste Vibrationen und Geräuschquellen bzw. Schallentwicklungen, welche bislang von den stirnseitigen Halte- bzw. Verbindungselementen hervorgerufen wurden, werden dadurch weitestgehend vermieden.

[0023] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0024] Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

[0025] Fig. 1 einen Ausschnitt einer Drosselspule aus drei koaxial angeordneten, zylindrischen Wicklungslagen nach dem Stand der Technik;

[0026] Fig. 2 einen Detailausschnitt aus Fig. 1 in vergrößertem Maßstab;

[0027] Fig. 3 konventionelle Maßnahmen zur Reduzierung von während des Betriebs einer Drosselspule entstehenden Schallemissionen;

[0028] Fig. 4 eine Drosselspule im Längsschnitt, mit weiteren Maßnahmen zur Reduzierung ihrer Schallemissionen;

[0029] Fig. 5 die Drosselspule nach Fig. 4 in Draufsicht;

[0030] Fig. 6a bis 6c stirnseitige Halteelemente an Drosselspulen gemäß dem Stand der Technik;

[0031] Fig. 7a bis 7c Drosselspulen mit stirnseitigen, erfindungsgemäßen Halteelementen in verschiedenen Anordnungs- und Ausführungsformen.

[0032] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiters können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

[0033] Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mit umfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1

und der oberen Grenze 10 mitumfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereich beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1 oder 5,5 bis 10.

[0034] Der grundsätzliche Aufbau von Drosselspulen und Maßnahmen zur Reduzierung der Schallemissionen, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind, wurden vorhergehend anhand der Fig. 1 bis 3 beschrieben.

[0035] Fig. 4 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch eine Drosselspule mit mehreren Maßnahmen zur Reduzierung der Schallemissionen, welche während des aktiven Betriebs, d.h. bei Stromfluss durch die Drosselspule auftreten. Die nachfolgend anhand der Fig. 4 und 5 beschriebenen Maßnahmen zur Reduzierung der Schallemissionen können dabei kombinatorisch verwendet werden und auch jeweils für sich eigenständig eingesetzt werden. Die einzelnen Maßnahmen zur Schallreduzierung bzw. Schallunterdrückung können dabei jeweils für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen.

[0036] Diese Drosselspule weist mehrere, in Bezug auf ihre Spulenmittelachse 7 konzentrisch angeordnete und elektrisch parallel geschaltete Wicklungslagen 1 auf. Eine solche Drosselspule wird auch als mehrlagige Drosselspule bezeichnet, wobei in der Praxis bis zu 20 Wicklungslagen 1 bzw. Einzelspulen ausgebildet sein können. Zumindest zwei solche zylindrischen Wicklungslagen 1 bilden eine erfindungsgemäße Drosselspule, wobei die Durchmesser der konzentrisch ineinander angeordneten Wicklungslagen 1 derart bemessen ist, dass zwischen den Mantelflächen der einzelnen Wicklungslagen 1, d.h. zwischen den einzelnen Spulenwicklungen, definierte Freiräume bzw. Spalte 17 zur Luftumspülung der Wicklungslagen 1, insbesondere als Luftströmungskanäle ausgebildet sind. Üblicherweise sind die Wicklungslagen 1 der Drosselspule mittels über den Kreisumfang der Wicklungslagen verteilt bzw. distanziert zueinander angeordnete Isolationselemente 5 - Fig. 2 - in radialer Richtung gegenseitig abgestützt. Diese Isolationselemente 5 - Fig. 2 - werden häufig auch als Spaltleisten bezeichnet.

[0037] Die Stromverteilung über die parallel geschalteten Wicklungslagen 1 wurde bisher so gewählt, dass eine weitgehend gleichmäßige Temperaturverteilung über die einzelnen Wicklungslagen 1 der mehrlagigen Drosselspule erzielt wird. Die vergleichsweise besseren Kühleigenschaften der innersten und insbesondere der äußersten Wicklungslage 1 der Drosselspule wurden dabei entsprechend berücksichtigt. Bei konventionellen Drosselspulen führte daher die äußerste Wicklungslage 1 und/oder die innerste Wicklungslage 1 einen höheren Strom als die übrigen Wicklungslagen 1, d.h. die benachbarten bzw. dazwischen liegenden Wicklungslagen 1 bzw. Einzelspulen. Die gewünschte Stromverteilung zwischen den parallel geschalteten Wicklungslagen 1 wird dabei - wie an sich bekannt - im Wesentlichen über die Windungszahl der einzelnen Wicklungslagen 1 gesteuert.

[0038] Dem gegenüber ist entsprechend einer erfindungsgemäßen Maßnahme vorgesehen, zumindest die äußerste Wicklungslage 1 und ggf. die innerste Wicklungslage 1 als akustische Schirmwicklung 18 bzw. 18' auszubilden, welche im Vergleich zu der in Richtung zur Spulenmittelachse 7 benachbarten Wicklungslage bzw. im Vergleich zur nächstliegenden Wicklungslage 1 vergleichsweise weniger Strom zu übertragen hat. Zumindest die äußerste Wicklungslage 1 der Drosselspule bildet dadurch eine stromführende, akustische Schirmwicklung 18 aus. Diese Schirmwicklung 18 ist dabei hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften derart dimensioniert, dass sie zur Übertragung einer Stromstärke vorgesehen bzw. ausgebildet ist, die nur einen Bruchteil jener Stromstärke beträgt, welche von der unmittelbar benachbarten bzw. nächstliegenden Wicklungslage 1 zu übertragen ist. Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung ist vor allem dann, wenn zumindest drei konzentrisch angeordnete, elektrisch parallel geschaltete Wicklungslagen 1 bzw. Einzelspulen ausgebildet sind, auch die innerste Wicklungslage 1 der Drosselspule als quasi innere akustische Schirmwicklung 18' ausgeführt. Zu diesem Zweck überträgt diese innere akustische Schirmwicklung 18' nur einen Bruchteil jener Stromstärke, welche von der benachbarten, d.h. von der in ihrem Durchmesser vergleichsweise größeren Wicklungslage 1 zu übertragen ist. Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Drosselspule also derart ausgeführt, dass die äußerste Wicklungslage 1 eine äußere akustische

Schirmwicklung 18 bildet und innerste Wicklungslage 1 der mehrlagigen bzw. aus mehreren Einzelspulen zusammengesetzten Drosselspule eine innere akustische Schirmwicklung 18' bildet.

[0039] Die Schirmwicklungen 18, 18' sind also durch baulich weitestgehend unveränderte elektrische Wicklungslagen 1 gebildet, welche ebenso stromführend sind, bzw. welche ebenso zur Stromübertragung parallel zu den inneren bzw. zentralen Wicklungslagen 1 der Drosselspule dienen. Zumindest die äußerste und ggf. die innerste Wicklungslage 1 der Drosselspule bildet also eine akustische, mit Strom und Spannung beaufschlagte Schirmwicklung 18, 18' an der Drosselspule aus. Die akustische Schirmwicklung 18, 18' stellt dabei eine Schallbarriere für Schallemissionen dar, welche von den inneren Wicklungslagen 1 bzw. von den inneren Teil- bzw. Einzelspulen der Drosselspule generiert bzw. emittiert werden. Insbesondere wird jener Schall, welcher von den inneren Wicklungslagen 1 der Drosselspule zwangsweise erzeugt wird, in vorteilhafter Weise nur mehr in deutlich reduziertem Ausmaß in die Umgebung der Drosselspule emittiert bzw. abgestrahlt. Insbesondere fungiert dabei eine innere Mantelfläche 19 der Schirmwicklung 18 und ggf. eine äußere Mantelfläche 19' einer inneren Schirmwicklung 18'-bezugnehmend auf die Spulenmittelachse 7 - als Schallbarriere, wobei die akustische, stromführende Schirmwicklung 18, 18' selber, aufgrund der relativ niedrigen Ströme bzw. Leistungsübertragung, nur eine relativ geringe Schallentwicklung verursacht bzw. eine marginale und relativ unkritische Schallquelle darstellt.

[0040] Zweckmäßig ist es dabei, die akustische Schirmwicklung 18 derart zu dimensionieren, dass sie zur Übertragung einer Stromstärke vorgesehen bzw. ausgebildet ist, die zwischen 0,1 % bis maximal 50 % jener Stromstärke beträgt, welche von der in Richtung zur Spulenmittelachse 7 benachbarten Wicklungslage 1 zu übertragen ist.

[0041] Eine vorteilhafte Dimensionierung bzw. Stromverteilung innerhalb der Drosselspule ist auch dann gegeben, wenn die von der akustischen Schirmwicklung 18 und/oder 18' zu übertragende Stromstärke zwischen 0,1 % bis 5 % jener Stromstärke beträgt, welche von der Drosselspule insgesamt, d.h. von sämtlichen Wicklungslagen 1, insbesondere von der Schirmwicklung 18, 18' und von den weiteren Wicklungslagen 1, zu übertragen ist.

[0042] Wesentlich ist, dass die äußere Schirmwicklung 18 und die ggf. zusätzlich ausgebildete, innere Schirmwicklung 18' im Vergleich zu den benachbarten Wicklungslagen 1 relativ geringe Ströme führen und somit eine effektive Wirkung als akustische Schirmwicklung 18 und/oder 18' bieten. An der Schirmwicklung 18 und/oder 18' liegen dabei die gleichen oder zumindest annähernd gleiche Spannungspotentiale vor, wie an der unmittelbar benachbarten, elektrisch parallel geschalteten Wicklungslage 1.

[0043] Zur Erzielung der gewünschten Stromverteilungsverhältnisse ist es zweckmäßig, dass die akustische Schirmwicklung 18, 18' eine höhere elektrische Impedanz Z , d.h. einen höheren Wechselstromwiderstand aufweist, als die in Richtung zur Spulenmittelachse 7 benachbarte Wicklungslage 1.

[0044] Eine weitere Maßnahme zur Minimierung bzw. Reduzierung von Schallemissionen besteht darin, die zylindrische Mantelfläche 19, 19' der akustischen Schirmwicklung 18, 18' gegenüber der nächstliegenden zylindrischen Mantelfläche 20 der benachbarten Wicklungslage 1 mechanisch zu entkoppeln bzw. die Mantelflächen 19, 19' der akustischen Schirmwicklung 18, 18' gegenüber der zylindrischen Mantelfläche 20 der benachbarten Wicklungslage 1 schwingungstechnisch zu isolieren. Hierfür können vor allem in den Stirnendabschnitten zwischen der Schirmwicklung 18, 18' und der benachbarten Wicklungslage 1 schwingungs- bzw. vibrationsdämpfende Verbindungen, beispielsweise unter der Verwendung von elastomeren Elementen, ausgebildet sein. Insbesondere ist zwischen der inneren bzw. der äußeren Mantelfläche 19, 19' der akustischen Schirmwicklungen 18, 18' und der nächstliegenden Mantelfläche 20 der benachbarten Wicklungslage 1 ein durchgängiger Luftspalt bzw. Spalt 17 mit bevorzugt ununterbrochener, hohlzylindrischer Form ausgebildet. Insbesondere sind im Spalt 17 zwischen der Schirmwicklung 18, 18' und der benachbarten Wicklungslage 1 keinerlei radial wirkende Stützelemente, insbesondere keine leistenförmigen Isolationselemente 5 - wie sie aus dem

Stand der Technik gemäß Fig. 2 bekannt sind - angeordnet. D.h. dass sich die Mantelflächen 19, 19' gegenüber den Mantelflächen 20 in radialer Richtung der Drosselspule nicht gegenseitig abstützen können. Somit ist eine Übertragung mechanischer Schwingungen bzw. Vibrationen via die Mantelflächen 19, 19', 20 auf die Außenseite der Drosselspule stark minimiert bzw. reduziert, wodurch die Schallemissionen einer derartigen Drosselspule gesenkt werden können. Die an den innen liegenden Wicklungslagen 1 auftretenden Vibrationen bzw. Schwingungen, welche durch die von hohen Wechselströmen durchflossenen Wicklungslagen 1 verursacht werden, werden dadurch kaum noch bzw. deutlich reduziert auf die äußerste bzw. innerste Wicklungslage 1 der Drosselspule übertragen.

[0045] Eine effiziente Maßnahme zur Reduzierung von Schallemissionen liegt auch darin, dass ein radialer Abstand 21, 21' zwischen der Mantelfläche 19, 19' der akustischen Schirmwicklung 18, 18' und der Mantelfläche 20 einer benachbarten Wicklungslage 1 größer bemessen ist, als ein radialer Abstand 22 zwischen zwei benachbarten, konzentrisch zur akustischen Schirmwicklung 18, 18' angeordneten Wicklungslagen 1. Zweckmäßige Verhältnisse bzw. effektive Wirkungen liegen dann vor, wenn der Abstand 21, 21' bis zu zehnmal größer, bevorzugt in etwa zwei- bis viermal größer bemessen ist, als der Abstand 22 zwischen den inneren Wicklungslagen 1. Der Abstand 22 beträgt in der Regel in etwa 2 bis 4 cm, bevorzugt ca. 3 cm. D.h. dass die Isolationselemente 5 - gemäß Fig. 2 - zwischen den inneren Wicklungslagen 1 der Drosselspule eine Stützbreite bzw. Leistenbreite von üblicherweise ca. 3 cm aufweisen.

[0046] Die einzelnen Wicklungslagen 1 bzw. die zumindest eine Schirmwicklung 18, 18' sind jeweils als Hohlzylinder ausgeführt. Unter dem Ausdruck Mantelfläche bzw. zylindrische Mantelfläche 19, 19', 20 sind die inneren und/oder äußeren Mantelflächen dieser hohlen bzw. hohlzylindrischen Körper zu verstehen.

[0047] Eine weitere, insbesondere eigenständige Maßnahme zur Reduzierung der Schallemissionen liegt darin, dass zumindest eine akustische Schirmwicklung 18, 18', d.h. zumindest die äußerste und ggf. die innerste Wicklungslage 1 der Drosselspule an zumindest einem Stirnende einen in axialer Richtung verlaufenden, hohlzylindrischen oder polygonen Verlängerungsabschnitt 23, 23' aufweist. Dieser im Querschnitt hohlzylindrische bzw. im Querschnitt polygone, hohlkörperartige Verlängerungsabschnitt 23, 23' schließt an zumindest ein Stirnende der äußersten und/oder innersten Wicklungslage 1 an. D.h. dass dieser Verlängerungsabschnitt 23, 23' eine bauliche Verlängerung der stromführenden akustischen Schirmwicklung 18, 18' in axialer Richtung der Drosselspule darstellt. Insbesondere überragt der Verlängerungsabschnitt 23, 23' die Stirnenden der Wicklungslagen 1 in axialer Richtung. Die Verlängerungsabschnitte 23, 23' stellen somit quasi eine Verlängerung des elektrischen Abschnitts der Drosselspule dar. Bevorzugt ist der hohlzylindrische Verlängerungsabschnitt 23, 23' aus elektrisch isolierendem Material, beispielsweise aus glasfaserverstärkten Kunststoffen oder harzgetränkten Bändern, welche zu hohlzylindrischer Form gewickelt werden, gebildet. Der bevorzugt zumindest an der äußersten Schirmwicklung 18 ausgebildete Verlängerungsabschnitt 23 ist somit bevorzugt nicht stromführend. Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform ist auch an der inneren Schirmwicklung 18', insbesondere an der innersten Wicklungslage 1, ein hohlzylindrischer, elektrisch isolierender und somit nicht stromführender Verlängerungsabschnitt 23' ausgebildet. D.h. dass der hohlzylindrische Verlängerungsabschnitt 23 und/oder 23' einen elektrisch nicht leitenden Endring 24 und/oder 24' an der Drosselspule ausbildet, der an wenigstens einem Stirnende des elektrisch leitenden Abschnitts der Drosselspule, insbesondere an wenigstens einem Stirnende der Schirmwicklung 18, 18' anschließt. Bevorzugt ist zumindest am oberen Stirnende der Schirmwicklung 18, 18', insbesondere am oberen Ende der äußersten und/oder innersten Wicklungslage 1 ein Endring 24, 24' ausgeführt.

[0048] Eine axiale Länge bzw. die Wicklungslagenhöhe H des stromführenden Abschnitts der akustischen Schirmwicklung 18, 18' entspricht zumindest annähernd einer axialen Länge oder Wicklungslagenhöhe H der elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen 1. Entsprechend einer besonders effektiven Ausführungsform ist zumindest an den oberen Stirnenden der äußeren und der inneren akustischen Schirmwicklung 18, 18' jeweils ein äußerer und innerer hohlzylindrischer bzw. in Draufsicht polygoner Verlängerungsabschnitt 23, 23' ausgebildet. Diese

jeweils ausgebildeten Verlängerungsabschnitte 23, 23' verlängern die äußere und die innere Schirmwicklung 18, 18' in axialer Richtung gegenüber den Stirnenden der dazwischen angeordneten Wicklungslagen 1.

[0049] Durch einen solchen Verlängerungsabschnitt 23, der zumindest an der äußeren Schirmwicklung 18, ausgebildet ist, entsteht eine akustische Misch- und Auslöschungszone 25 für Schallwellen, welche in Axialrichtung der Drosselspule aus dem Spalt 17 bzw. aus den Spalten 17 austreten. Im Bereich des Verlängerungsabschnittes 23 bzw. 23' bildet sich also eine akustische Nahfeldzone aus, in welcher der an den Stirnenden der Wicklungslagen 1 auftretende Schall reduziert bzw. gedämpft wird. Insbesondere werden Schallwellen, welche in den Spalten 17, d.h. in den Luftspalten zwischen den Wicklungslagen 1 entstehen, in Axialrichtung umgelenkt und zu den Stirnenden der Wicklungslagen 1 geführt. In diesen Stirnendbereichen, in welchen zumindest ein Verlängerungsabschnitt 23, 23' ausgebildet ist, entsteht die Misch- und Auslöschungszone 25 für die Schallwellen. Insbesondere werden aufgrund gegenphasiger Schallwellen im Bereich der Misch- und Auslöschungszone 25 zumindest einige Schallwellen ausgelöscht bzw. kompensiert, wodurch sich die Schallemission der Drosselspule reduziert. Die Kompensations- bzw. Auslöschungswirkung der Misch- und Auslöschungszone 25 kann dadurch gesteigert werden, dass sowohl ein äußerer Verlängerungsabschnitt 23 als auch ein innerer Verlängerungsabschnitt 23' ausgebildet ist, da dadurch eine räumlich abgegrenzte bzw. definierte Misch- und Auslöschungszone 25 entsteht. Eine solche Misch- und Auslöschungszone 25 entsteht aber auch dann, wenn lediglich an der äußeren Schirmwicklung 18 bzw. Wicklungslage 1 ein Verlängerungsabschnitt 23 ausgebildet ist.

[0050] Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung sind im Anschluss an die Misch- und/oder Auslöschungszone, insbesondere oberhalb und/oder unterhalb der Misch- und Auslöschungszone 25 passive und/oder reaktive Schallabsorbierungselemente 26, beispielsweise Blöcke oder Plattenelemente aus Schaumkunststoff oder aus Fasern, wie z.B. Vliese oder Steinwolle, ausgebildet. Die Schallabsorbierungselemente 26 können auch durch Gestrickpakete, Fasermatten und/oder Schallabsorberplatten mit relativ hoher Masse, wie z.B. Teerplatten, gebildet sein. Die Schallabsorbierungselemente 26 sind bevorzugt in axialer Richtung zu den Stirnenden der Wicklungslagen 1 distanziert angeordnet. Die Misch- und Auslöschungszone 25 für axial austretende, gegenphasige Schallwellen bildet sich dabei im Freiraum zwischen den Schallabsorbierungselementen 26 und den Stirnenden der Wicklungslagen 1 aus.

[0051] Günstig ist es, in den Schallabsorbierungselementen 26 eine Mehrzahl von Durchbrüchen auszubilden und/oder im Falle der Ausbildung mehrerer Schallabsorbierungselemente 26 diese zueinander distanziert anzuordnen, wie dies in Fig. 5 beispielhaft ersichtlich ist. Dadurch wird zwischen den Wicklungslagen 1 eine Luftströmung in paralleler Richtung zur Spulenmittelachse 7 gewährleistet. Die einzelnen Schallabsorbierungselemente 26 sind dabei über den Kreisumfang der Drosselspule verteilt und zueinander beabstandet angeordnet. Insbesondere ermöglichen diese Schallabsorbierungselemente 26 einen Austritt von der durch die Wicklungslagen 1 erwärmten Luft innerhalb der Spalten 17 aus dem Inneren der Drosselspule.

[0052] Bei der beschriebenen Drosselspule ist vorteilhaft, dass die nach außen gerichtete Schallabstrahlung der äußeren Wicklungslage 1 dadurch reduziert wird, dass diese als mechanisch entkoppelte oder schwingungsisierte Schirmwicklung 18 ausgeführt ist und im Vergleich zu der in Richtung Spulenmittelachse benachbarten Wicklungslage 1 einen relativ niedrigen Strom führt, wodurch sie selbst kaum zu Schwingungen angeregt wird. Durch den Stromfluss in der Schirmwicklung 18 bzw. 18' kommt es zu einem kontrollierten Spannungsabbau, wodurch diese annähernd gleiche Spannungspotentiale wie die benachbarte Wicklungslage 1 aufweist, was die Gefahr von Spannungsüberschlägen eliminiert. Nachdem die Enden der Schirmwicklung 18 bzw. 18' das gleiche elektrische Potential aufweisen wie die Halteelemente 2 bzw. die elektrischen Anschlüsse der Drosselspule, ist der elektrische Anschluss der Drosselspule trotz der akustischen Schirmwicklung 18 bzw. 18' unproblematisch.

[0053] In den Fig. 6a bis 6c sind aus dem Stand der Technik bekannte Beispiele für vierarmige Halteelemente 2, wie sie anhand der Fig. 1 und 2 beschrieben wurden, veranschaulicht. Diese

Halteelemente 2 können in der Praxis auch nur zwei oder drei bzw. mehr als vier sternförmig verlaufende Arme aufweisen. Insbesondere sind aus dem Stand der Technik Halteelemente 2 mit bis zu zwölf sternförmig angeordneten Armen bekannt. Diese Halteelemente 2, welche häufig auch als Wicklungssterne bezeichnet werden, haben unter anderem die Aufgabe, der Drosselspule eine ausreichende mechanische Stabilität bzw. Robustheit zu verleihen. Die Halteelemente 2 dienen häufig auch zur Verteilung des insgesamt über die Drosselspule zu führenden Stroms auf die parallel geschalteten Wicklungslagen 1. Hierfür ist das Halteelement 2 aus elektrisch leitfähigem Material, insbesondere aus Metall, wie z.B. Aluminium oder Edelstahl, gebildet. Die Halteelemente 2 sind zumeist an der Ober- und an der Unterseite der Drosselspule angeordnet, wie dies in Fig.1 ersichtlich ist. Ein an der Oberseite und an der Unterseite der Drosselspule angeordnetes Halteelement 2 bildet somit zumeist auch die jeweiligen elektrischen Anschlüsse zur Zu- und Ableitung des Spulenstroms aus, wie dies in den Fig. 6a bis 6c durch Ringsymbole schematisch veranschaulicht wurde.

[0054] Nach dem Stand der Technik sind die Halteelemente 2 also sternförmige Konstruktionen, welche häufig aus einem Aluminiumprofil gebildet werden. Die einzelnen Arme dieser sternförmigen Halteelemente 2 können auch zur Erzielung der gewünschten bzw. benötigten Stromverteilung zwischen den Wicklungslagen dienen. Insbesondere dann, wenn man für die Feinabstimmung der Stromverteilung in den parallel geschalteten Wicklungslagen 1 mit einer ganzzahligen Windungszahlabstufung nicht auskommt, können über die Arme des Halteelementes 2 auch Bruchteile einer ganzen Windung abgegriffen bzw. bereitgestellt werden. D.h., dass bestimmte bzw. ausgewählte Arme eines Halteelementes 2 dazu verwendet werden, um Bruchteile einer Windung in den einzelnen, parallel geschalteten Wicklungslagen aktivieren zu können. Beispielsweise entsprechend der Ausführung gemäß Fig. 6b können 25 %, 50 % bzw. 75 % der letzten Windung in den diversen Wicklungslagen 1 genutzt werden. Selbstverständlich können auch 100% einer Windung genutzt werden. Dem gegenüber erfolgt der elektrische Anschluss der einzelnen Wicklungslagen 1 bei der Ausgestaltung gemäß Fig. 6a jeweils an einheitlicher Position in Bezug auf den Kreisumfang der Drosselspule. Entsprechendes gilt für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6c. Die elektrische Verbindung zwischen den einzelnen Wicklungslagen 1 und dem Halteelement 2 ist durch symbolische Knotenpunkte veranschaulicht worden.

[0055] In jenen Abschnitten des Halteelementes 2, in denen keine elektrische Verbindung mit den Wicklungslagen 1 vorgesehen ist, können Isolationselemente 4 ausgebildet sein, welche auch eine gegenseitige Stütz- bzw. Stabilisierungsfunktion aufweisen können, wie dies anhand der Fig. 1, 2 beschrieben wurde. Insbesondere ein elektrisch leitender Haltearm 2 stützt sich bevorzugt unter Zwischenschaltung von wenigstens einem elektrischen Isolationselement 4 gegenüber den Stirnenden der Wicklungslagen 1 ab, wie dies vor allem in Fig. 2 schematisch veranschaulicht ist.

[0056] Die Arme konventioneller Halteelemente 2 sind entweder direkt oder über eine zentrale Nabe 27 fest miteinander verbunden, insbesondere miteinander verschweißt oder verschraubt. Somit liegt bei den bekannten Halteelementen 2 bzw. Wicklungssternen eine mechanisch starre Verbindung zwischen den Armen bzw. Sternarmen vor.

[0057] Die Anmelderin hat erkannt, dass diese konventionellen Halteelemente 2 an der Spulenoberseite und an der Spulenunterseite eine störende bzw. problematische Schallquelle darstellen können. Insbesondere bei trockenisolierten Luftdrosselspulen, welche Abmessungen von bis zu einigen Metern erreichen können, wirken diese Schallquellen unabhängig voneinander und erzeugen ein nachteiliges, lokal unterschiedliches Geräuschspektrum. Insbesondere hat die Anmelderin erkannt, dass die bekannten Konstruktionen von Halteelementen 2 aufgrund der pumpenartigen Bewegung der von Wechselstrom durchflossenen Drosselspule einer wechselnden Zug- bzw. Druckspannung ausgesetzt sind. Unter anderem aufgrund der starren Verbindung der Arme im Sternmittelpunkt bzw. Zentrum des Halteelementes 2 knicken diese Arme wechselweise seitlich aus, wodurch sie entsprechend schwingen und eine starke bzw. störende Geräuschquelle sein können.

[0058] Das Ausmaß des durch diesen Effekt erzeugten Geräusches ist nur schwer abschätzbar und nur schwer kontrollierbar, weil dabei mechanische Verspannungen aus dem Produktionsprozess und Wärmedehnungen während dem Betrieb der Drosselspule eine Einflussgröße darstellen. Insbesondere hat die Anmelderin erkannt, dass die Arme der Halteelemente 2 eine Art Membran darstellen können, welche unerwünschten Schall erzeugt.

[0059] Wenn das Halteelement 2 zusätzlich zur Stromverteilung verwendet wird, dann treten dadurch in den unterschiedlichen Armen unterschiedliche mechanische Kräfte auf, welche einerseits aufgrund der unterschiedlichen Stromstärken und andererseits aufgrund der unterschiedlich intensiven Schwingungsanregung verursacht werden. Die starre Verbindung der einzelnen Arme im Zentrum des sternförmigen Haltelements 2 verursacht dabei eine Übertragung von Kräften bzw. Vibrationen auch auf andere Arme, wodurch diese ebenfalls zu Schwingungen angeregt werden und ebenso Geräusche erzeugen.

[0060] Man hatte bisher versucht, die mechanischen Vibrationen der Arme der Halteelemente 2 durch Abstützungen bzw. Versteifungen 28 zwischen den Armen zu vermindern, wie dies in Fig. 6a veranschaulicht wurde. Daraus resultiert aber das Problem, dass dadurch Arme, durch die wenig oder kein Strom fließt, und welche daher von sich aus wenig Vibrationen erzeugen würden, ebenso zu Schwingungen angeregt werden.

[0061] Ausgehend von diesem Stand der Technik hat die Anmelderin eine relativ wirtschaftliche und effektive Lösung zur Reduzierung bzw. Minimierung der Schallemissionen ausgehend von den Halteelementen 2 geschaffen, wie dies anhand der Fig. 7a bis 7c beispielhaft veranschaulicht wird. Die Ausgestaltungen gemäß den Fig. 7a bis 7c stellen dabei eine erfinderische bzw. erfindungsgemäße Lösung dar. Entsprechend dieser Ausgestaltung ist das Halteelement 2 mehrteilig ausgebildet. Insbesondere sind an den axialen Stirnenden der Drosselspule zumindest zwei, baulich voneinander unabhängige Halteelemente 2 derart ausgeführt, dass sie im Zentrumsbereich der Drosselspule, d.h. im Bereich um die Spulenmittellachse 7 nicht miteinander verbunden sind. D.h., dass eine starre Verbindung zwischen den zumindest annähernd radial oder radial verlaufenden Armen im Zentrumsbereich der in Draufsicht kreisförmigen Drosselspule vermieden ist. Dadurch entfällt bzw. vermindert sich das schwingende Ausknicken der Arme zufolge der pumpenartigen Bewegung bzw. Vibration der Drosselspule. Insbesondere können die einzelnen Wicklungslagen 1 der Drosselspule bei entsprechend hohen Stromflüssen eine Art pulsierendes Rohr darstellen, welches mechanische Vibrationen auf die Halteelemente 2 überträgt.

[0062] Erfindungsgemäß bilden jeweils zwei Schenkel 29, 30 einen mechanischen und/ oder elektrischen Verbindungsbügel 31 für zumindest eine Wicklungslage 1 aus. Wesentlich ist, dass die beiden Schenkel 29, 30 eines solchen Verbindungsbügels 31 zueinander abgewinkelt verlaufen, d.h., dass zwischen den beiden Schenkeln 29, 30 des Verbindungsbügels 31 ein Winkel 32 eingeschlossen wird. Dieser Winkel 32 zwischen den beiden Schenkeln 29, 30 des elektrischen und/oder mechanischen übernehmenden Verbindungsbügels 31 beträgt weniger als 180° , bevorzugt 90° . Dieser Winkel 32 hängt im Wesentlichen davon ab, welche Stabilisierungswirkung mittels dem Verbindungsbügel 31 erzielt werden soll und/oder welcher Teilwinkel bzw. Teilabschnitte einer ganzen Windung der Wicklungslagen 1 benötigt werden. Vor allem dann, wenn es erforderlich ist, relativ kleine Teilwindungen zu erzielen, kann der Winkel 32 auch weniger als 90° betragen.

[0063] Eine vorteilhafte Maßnahme zur Reduzierung bzw. Minimierung der Schallemissionen der Drosselspule besteht also darin, dass an wenigstens einem axialen Stirnende der Drosselspule wenigstens ein abgewinkelt verlaufender Verbindungsbügel 31 ausgebildet ist, wobei die Schenkel 29, 30 dieses Verbindungsbügels 31 bei Draufsicht auf die Drosselspule zueinander in einem vorbestimmten Winkel 32 verlaufen, welcher weniger als 180° beträgt. D.h., dass der eine mechanische Stützfunktion und/oder eine elektrische Leitungsfunktion erfüllende Verbindungsbügel 31 sich nicht diametral bzw. nicht durchgängig über die in Draufsicht kreisförmige bzw. hohlzylindrische Drosselspule erstreckt. Vielmehr wird der zumindest eine elektrische und/oder mechanische Verbindungsbügel 31 derart abgewinkelt, dass eine diametrale, geradli-

nige Erstreckung über die Querschnittsfläche der Drosselspule vermieden ist. D.h., dass der zumindest einmal, bevorzugt mehrfach ausgebildete Verbindungsbügel 31 in Draufsicht auf das Stirnende der Drosselspule die geometrische Form eines Kreissegments definiert bzw. umgrenzt.

[0064] Vor allem dann, wenn der Verbindungsbügel 31 eine elektrische Verbindungsfunktion zwischen den elektrisch parallel geschalteten, konzentrisch angeordneten Wicklungslagen 1 erfüllen soll, sind mehrere, innerhalb des Kreisumfangs der Drosselspule verteilt angeordnete Verbindungsbügel 31 ausgebildet. Ausgewählte, distale Enden der einzelnen Verbindungsbügel 31 sind dabei zur elektrischen Verbindung mit ausgewählten Wicklungslagen 1 vorgesehen. Zweckmäßig ist es dabei, wenn die einzelnen Verbindungsbügel 31 im Bereich um die Spulenmittellachse 7 mechanisch nicht miteinander verbunden sind, insbesondere jeweils unabhängig voneinander verlaufen und keine zentrale bzw. keine gemeinsame Nabe 27 bilden. Entsprechend einer vorteilhaften Ausführungsform sind die einzelnen Verbindungsbügel 31 nur in den distalen Endabschnitten, insbesondere im Bereich der Wicklungslagen 1 mechanisch und elektrisch miteinander verbunden.

[0065] Vor allem bei der Ausbildung mehrerer abgewinkelter bzw. bügelartiger Verbindungsbügel 31 ist es zweckmäßig, wenn die einander nächstliegenden Schenkel 29, 30 zweier benachbarten Verbindungsbügel 31 zueinander distanziert angeordnet sind, sodass unmittelbar benachbarte Schenkel 29, 30 mechanisch voneinander entkoppelt, insbesondere schwingungstechnisch voneinander isoliert sind.

[0066] Zwischen unmittelbar benachbarten Schenkeln 29, 30 zweier benachbarter Verbindungsbügel 31 kann auch ein definierter Winkel vorgesehen sein, wie dies in Fig. 7b mit strichlierten Linien angedeutet wurde. Diese winkelig zueinander ausgerichteten Schenkel 29, 30 sind im Nahbereich der Wicklungslagen 1 zueinander am nächsten. Bevorzugt an den Stirnenden bzw. nahe der Stirnenden kontaktieren die Schenkel 29, 30 einander bzw. gehen die Schenkel 29, 30 im Bereich der Wicklungslagen 1 ineinander über.

[0067] Anstelle von runden Übergangsabschnitten zwischen den beiden Schenkeln 29, 30 eines Verbindungsbügels 31 ist es auch möglich, schräg verlaufende Übergänge zwischen den beiden Schenkeln 29, 30 vorzusehen, wie dies in Fig. 7c mit strichlierten Linien beispielhaft angedeutet wurde.

[0068] Nicht zur Stromverteilung benötigte Verbindungsbügel 31 können, wenn sie auch mechanisch nicht erforderlich sind, weggelassen werden, wie dies in Fig. 7b, 7c veranschaulicht wurde.

[0069] Durch die beschriebene Ausgestaltung werden die durch den Stromfluss und/oder durch die mechanischen Vibrationen der Wicklungslagen 1 in einem Verbindungsbügel 31 entstehenden Kräfte nicht bzw. nur in stark reduziertem Ausmaß auf die anderen Verbindungsbügel 31 übertragen. Dies vor allem deshalb, weil die einzelnen Verbindungsbügel 31 des erfindungsgemäßen Haltelements 2 nur im Bereich der Wicklungslagen 1 bzw. der Gesamtwicklung der Drosselspule mechanisch und/oder elektrisch miteinander verbunden sind, Vibrationen zwischen den distalen Enden des Verbindungsbügels 31 und den Wicklungslagen 1 sind aufgrund der starren Verbindung der distalen Enden des Verbindungsbügels 31 bzw. der Verbindungsbügel 31 mit den Wicklungslagen 1 unterbunden bzw. nahezu nicht existent.

[0070] Die einzelnen Verbindungsbügel 31 sind im Bereich zwischen ihren distalen Enden bevorzugt voneinander elektrisch isoliert, sodass sich kein Kreisstrom zufolge elektromagnetischer Induktion bilden kann. Die Verbindungsbügel 31 sind bevorzugt nur an den wicklungsbzw. stirnseitigen Endabschnitten eingespannt, d.h. mit den Wicklungslagen 1 verbunden. Dadurch kann zwischen den einzelnen Verbindungsbügeln 31 keine Kraftübertragung stattfinden, wodurch diese Konstruktion relativ schwingungs- und geräuscharm ist. Darüber hinaus können Wärmedehnungen von dieser Konstruktion des Haltelements 2 bestehend aus zumindest einem abgewinkelten Verbindungsbügel 31 problemlos ausgeglichen werden.

[0071] Zwischen den einzelnen Verbindungsbügeln 31 können sich also keine wesentlichen

bzw. keine kritischen Kräfte ausbilden bzw. übertragen. Gegebenenfalls können Versteifungen 28 ausgebildet sein, welche sich nur innerhalb eines Verbindungsbügels 31 erstrecken und keinen mechanischen Einfluss auf andere bzw. benachbarte Verbindungsbügel 31 aufweisen, wie dies am besten aus der beispielhaften Darstellung gemäß Fig. 7c ersichtlich ist.

[0072] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten einer geräuscharmen Drosselspule wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

[0073] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der Drosselspule diese bzw. deren Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

[0074] Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrunde liegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

[0075] Vor allem können die einzelnen in den Fig. 4, 5 und 7 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

- 1 Wicklungslage
- 2 Halteelement
- 3 Zugelement
- 4 Isolationselement
- 5 Isolationselement
- 6 Leiterbündel
- 7 Spulenmittelachse
- 8 Schallschutzgehäuse
- 9 Gebäude
- 10 Schallschutzwand
- 11 Zuleitung
- 12 Ableitung
- 13 Öffnung
- 14 Öffnung
- 15 Spannungsabstand
- 16 Spannungsabstand
- 17 Spalt
- 18, 18' Schirmwicklung
- 19, 19' Mantelfläche
- 20 Mantelfläche
- 21, 21' Abstand
- 22 Abstand
- 23, 23' Verlängerungsabschnitt
- 24, 24' Endring
- 25 Misch- und Auslöschungszone
- 26 Schallabsorbierungselement
- 27 Nabe
- 28 Versteifung
- 29 Schenkel
- 30 Schenkel
- 31 Verbindungsbügel
- 32 Winkel
- H Wicklungslagenhöhe
- GH1 Höhe des Leiters/Leiterbündels
- GH2 Höhe des Leiters/Leiterbündels
- GH3 Höhe des Leiters/Leiterbündels

Patentansprüche

1. Drosselspule, insbesondere Drosselspule ohne Eisenkern zur Verwendung in elektrischen Energieversorgungsnetzen, mit zumindest zwei zylindrischen, in Bezug auf eine Spulenmittellachse (7) konzentrisch angeordneten und elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen (1), mit wenigstens einem Halteelement (2) zur mechanischen Stabilisierung und gegebenenfalls elektrischen Verbindung der Wicklungslagen (1), und mit wenigstens einem Mittel zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs der Drosselspule entstehenden Schallemissionen, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Halteelement (2) durch einen abgewinkelt ausgebildeten, an wenigstens einem axialen Stirnende der Drosselspule angeordneten Verbindungsbügel (31) gebildet ist, und dass dieser Verbindungsbügel (31) durch zwei winkelig zueinander ausgerichtete, zumindest annähernd radial zur Spulenmittellachse (7) verlaufende Schenkel (29, 30) gebildet ist.
2. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsbügel (31) elektrisch leitend ausgebildet und zur elektrischen Parallelschaltung von Wicklungslagen (1) vorgesehen ist, wobei ein zwischen den beiden Schenkeln (29, 30) des Verbindungsbügels (31) eingeschlossener Winkel (32) weniger als 180°, bevorzugt 90°, beträgt.
3. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verbindungsbügel (31) in Draufsicht auf das Stirnende der Drosselspule die geometrische Form eines Kreissegments definiert.
4. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere innerhalb des Kreisumfangs der Drosselspule verteilt angeordnete Verbindungsbügel (31) ausgebildet sind und dass ausgewählte, distale Enden der einzelnen Verbindungsbügel (31) zur elektrischen Verbindung mit ausgewählten Wicklungslagen (1) vorgesehen sind.
5. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Verbindungsbügel (31) ausgebildet sind und die einzelnen Verbindungsbügel (31) im Nahbereich um die Spulenmittellachse (7) oder im Bereich des Zentrums der in Draufsicht kreisförmigen Wicklungslagen (1) jeweils unabhängig voneinander verlaufen und mechanisch nicht miteinander verbunden sind, insbesondere keine zentrale Nabe (27) ausbilden.
6. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Verbindungsbügel (31) ausgebildet sind und die einzelnen Verbindungsbügel (31) nur in den distalen Endabschnitten, insbesondere im Bereich der Wicklungslagen (1) mechanisch und elektrisch miteinander verbunden sind.
7. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Verbindungsbügel (31) ausgebildet sind und die einander nächstliegenden Schenkel (29, 30) zweier benachbarter Verbindungsbügel (31) zumindest annähernd parallel verlaufen und zueinander distanziert angeordnet sind, sodass unmittelbar benachbarte Schenkel (29, 30) voneinander mechanisch entkoppelt sind.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

Fig.4

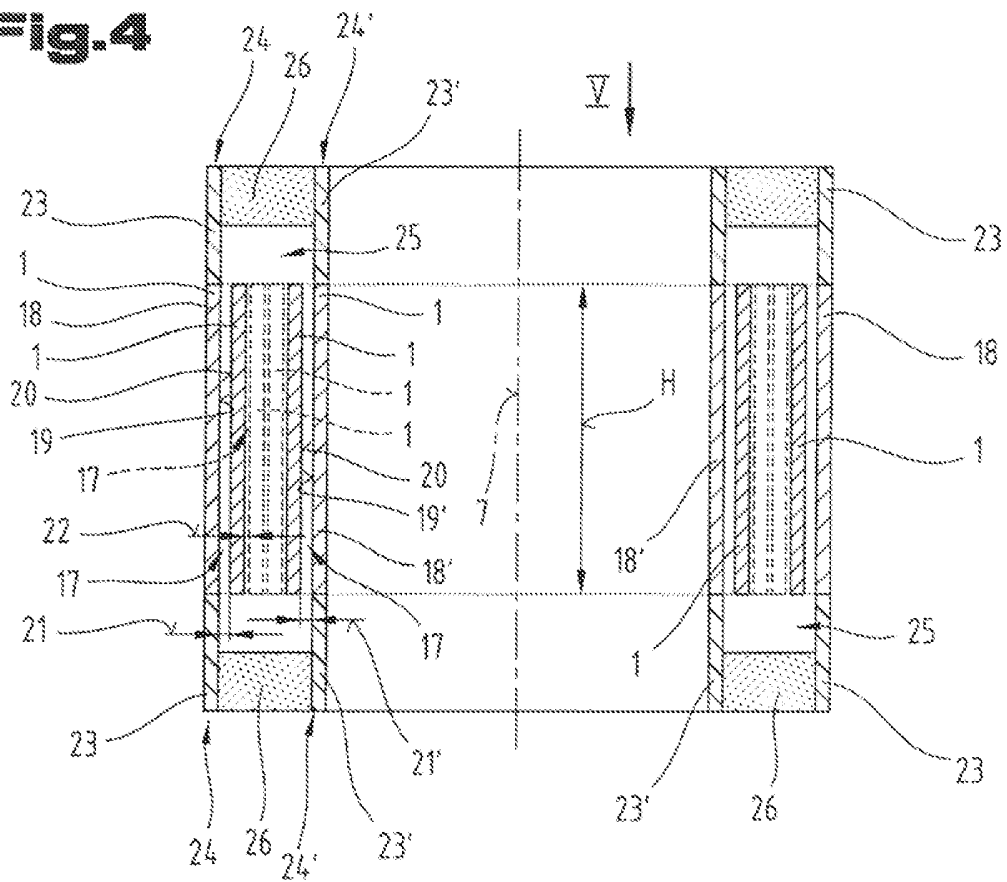


Fig.5

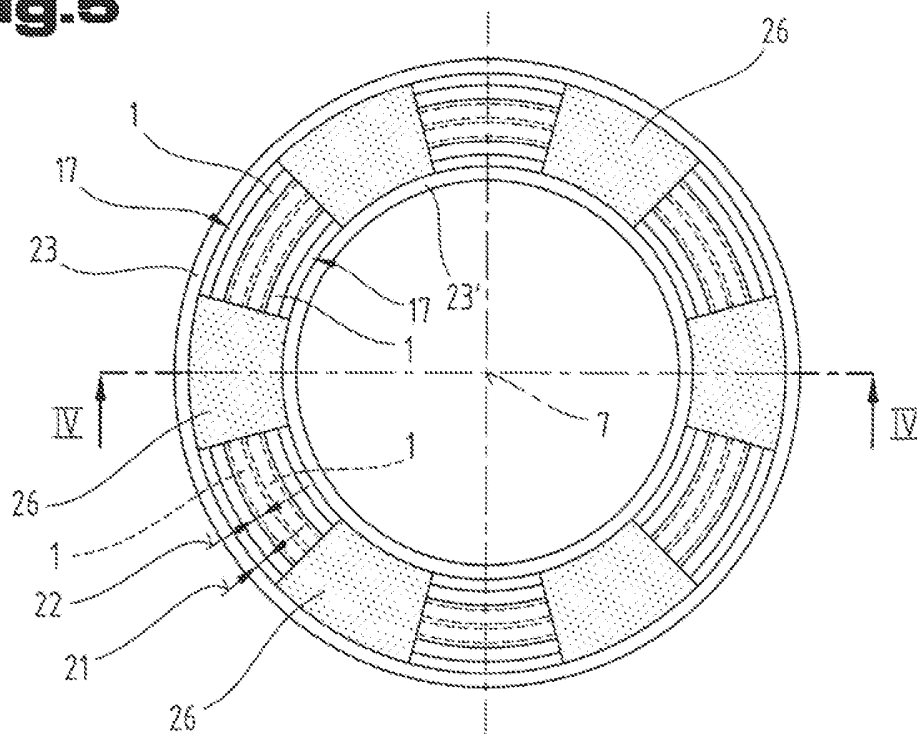


Fig.6a

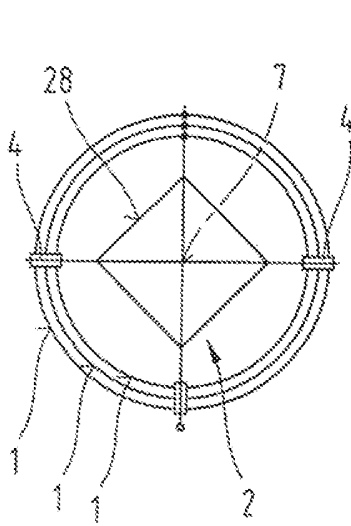


Fig.6b

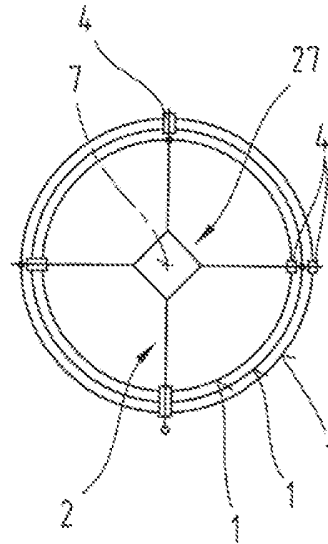


Fig.6c

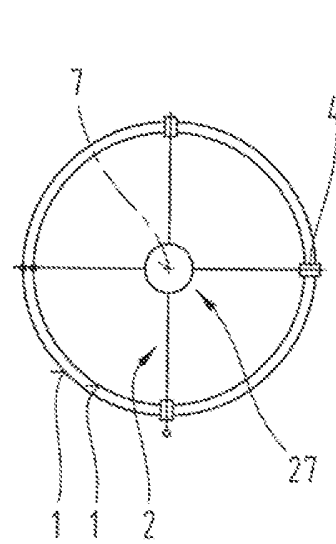


Fig.7a

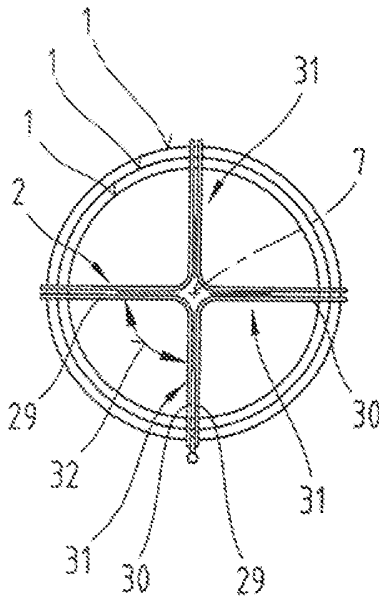


Fig.7b

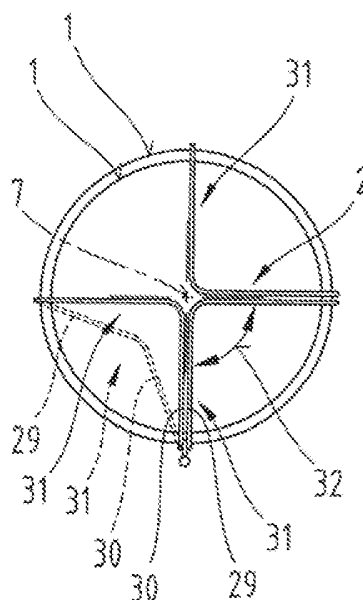


Fig.7c

