(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 507 024 B1 2011-10-15**

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1035/2008
(22) Anmeldetag: 30.06.2008
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2011

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

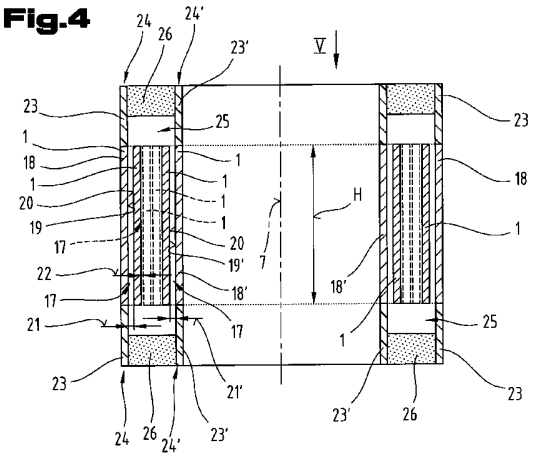
(56) Entgegenhaltungen:
JP 2000/040626A JP 09017657A
US 5150046A

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

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

(57) Die Erfindung betrifft 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 Mittel zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs der Drosselspule entstehenden Schallemissionen. Zumindest die äußerste Wicklungslage (1) ist dabei als stromführende, akustische Schirmwicklung (18) gegenüber der in Richtung zur Spulenmittelachse (7) benachbarten Wicklungslage (1) ausgebildet, wobei diese Schirmwicklung (18) elektrisch derart dimensioniert ist, dass sie zur Übertragung einer Stromstärke ausgebildet ist, die nur einen Bruchteil jener Stromstärke beträgt, welche von der benachbarten Wicklungslage (1) zu übertragen ist.

Fig.4



AT 507 024 B1 2011-10-15

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft 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 JP 2000/040626 A beschreibt eine Drosselspule mit einem elektromagnetisch aktiven, ringförmigen Wicklungskern. Diese Drosselspule umfasst dabei eine erste Spulenwicklung, welche in Kreisumfangsrichtung des ringförmigen Wicklungskerns verläuft. Diese erste Spulenwicklung ist dabei im Inneren des ringförmigen Wicklungskerns ausgeführt. Zudem umfasst diese Drosselspule eine zweite Spulenwicklung, welche toroidal um den ring- bzw. kreisringförmigen Wicklungskern gewickelt ist, insbesondere toroidal um die Außenflächen des Wicklungskerns verläuft. Die zweite Spulenwicklung definiert somit in Verbindung mit dem ringförmigen Wicklungskern eine Ringkerndrossel, insbesondere eine sogenannte torusförmige Ringkerndrossel. Durch diesen Aufbau entsteht eine orthogonale Überkreuzung zwischen den magnetischen Feldlinien der ersten Spulenwicklung und den magnetischen Feldlinien der zweiten Spulenwicklung. Insbesondere wird bei dieser vorbekannten Ringkerndrosselspule eine zylindrische Spulenwicklung mit einer toroidalen Spulenwicklung kombiniert, wobei lediglich ein gemeinsamer, magnetisch wirksamer Wicklungskern vorhanden ist. Dadurch soll zum einen eine miniaturisierte Ringkerndrosselspule geschaffen werden, sowie eine Reduzierung der benötigten Aufbaukomponenten, eine Reduzierung des Platzbedarfs und eine Reduzierung der Gesamtmasse erzielt werden. Derartige Ringkerndrosselspulen werden in an sich bekannter Weise zur Unterdrückung bzw. Filterung von elektrischen Rausch- bzw. Störsignalen in elektronischen Geräten verwendet. Durch die Kombination einer zylindrischen Spulenwicklung und einer toroidalen Spulenwicklung wird also ein einstückiges, mehrfunktionales Spulenelement geschaffen. Maßnahmen zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs einer Drosselspule entstehenden Schallemissionen sind dieser Druckschrift nicht zu entnehmen.

[0003] Die JP 09017657 A beschreibt einen Transformator mit einem Wicklungsträger, auf welchem die Primärwicklung, die Sekundärwicklung, eine elektromagnetische Schirmwicklung sowie ein aufgewickeltes Einfassungsband angeordnet sind, welches in den axialen Endabschnitten des Wicklungsträgers ausgebildet ist. Die Primärwicklung ist dabei in eine erste und weitere Teilwicklung untergliedert. Die Sekundärwicklung ist zwischen der ersten und zweiten Teilwicklung der Primärwicklung angeordnet. Die elektromagnetische Schirmwicklung schirmt die äußerste Wicklung der auf dem Wicklungsträger angeordneten Wicklungen, insbesondere die äußere Teilwicklung der Primärwicklung, gegenüber der Umgebung elektromagnetisch ab. Ein Ende der elektromagnetischen Schirmwicklung ist dabei mit einem definierten Spannungspotential verbunden. Mit diesem aus dem Stand der Technik bekannten Transformator kann bei möglichst einfachem Aufbau dessen elektrische Gleichtaktstörung reduziert werden, ohne dessen Herstellungsprozess zu erschweren. Maßnahmen zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs dieses Transformators entstehenden Schallemissionen sind dieser Druckschrift nicht zu entnehmen.

[0004] Die US 5,150,046 A beschreibt einen Transformator mit Maßnahmen zur Reduzierung des Übertragungsvermögens von Störsignalen zwischen dessen Primärwicklung und dessen Sekundärwicklung. Dieser Transformator umfasst einen toroidalen, insbesondere einen kreisförmigen Wicklungskern. Die Sekundärwicklung des Transformators ist gleichmäßig um diesen Ringkern gewickelt. Darüber hinaus ist eine bifilare, insbesondere zweilagige Schirmwicklung um die Sekundärwicklung gewickelt, wobei das erste Ende der zweilagigen Schirmwicklung mit Erdpotential verbunden ist und das zweite Ende der zweilagigen Schirmwicklung mit einem Anschluss eines gegenüber Erdpotential ableitenden Kondensators verbunden ist.

[0005] Eine elektrisch leitfähige Platte bzw. Folie ist um die zweilagige Schirmwicklung gewickelt, wobei die einzelnen Windungen dieser Schirmwicklungen voneinander elektrisch isoliert

sind. Um die leitfähige Platte bzw. Folie ist ein elektrisches Isolationselement gewickelt. Um dieses Isolationselement ist sodann eine Hochspannungswicklung gewickelt, wobei beide Enden dieser Hochspannungswicklung offen bleiben, insbesondere an kein definiertes Spannungspotential gelegt sind. Die Primärwicklung des Transformators ist sodann gleichmäßig um die Hochspannungswicklung gewickelt, wobei sämtliche Wicklungen torusförmig ausgebildet sind. Mit diesem vorbekannten Transformatoraufbau wird das Übertragungsverhalten in Richtung zur Sekundärwicklung des Transformators in Bezug auf Störsignale derart verbessert, dass diese Störsignale gar nicht oder stark vermindert übertragen werden. Insbesondere weist dieser Transformator eine verbesserte Rauschsignalunterdrückung auf. Dies wird zum einen dadurch erreicht, dass die Sekundärwicklung im Inneren des Wicklungskörpers, insbesondere direkt am ringförmigen Wicklungskern angeordnet ist, wodurch auch das Herstellungsverfahren vereinfacht wird. Zusätzlich wird durch die zweilagige Schirmwicklung und die leitfähige Platte bzw. Folie die Kapazität zwischen der Sekundärwicklung und Erdpotential erhöht und die Kapazität zwischen der Primärwicklung und der Sekundärwicklung gesenkt, sodass das Rauschunterdrückungsverhalten bzw. die Störsignalunterdrückung wesentlich verbessert wird. Auch der mit der bifilaren Schirmwicklung verbundene Kondensator verbessert das Rauschsignalunterdrückungsverhalten des Transformators. Außerdem wird die Rauschsignalweiterlei-tung innerhalb des Transformators durch die Hochspannungswindung unterdrückt bzw. gehemmt, nachdem die elektrische Potentialdifferenz zwischen der Primärwindung und der Sekundärwindung mittels der Hochspannungswindung gesteigert wird. Diese Druckschrift beschreibt also einen speziellen Transformatoraufbau mit einem ringförmigen Wicklungskern, bei welchem diverse Maßnahmen zur Reduzierung bzw. Unterbindung von Rausch- bzw. Störsignalübertragungen ausgehend von der Primärseite des Transformators in Richtung zu dessen Sekundärseite vorgesehen sind. Maßnahmen zur Reduzierung oder Minimierung von akustischen Pegeln bzw. Schallemissionen sind dieser Druckschrift nicht zu entnehmen.

[0006] 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.

[0007] Die Figuren 1 und 2 zeigen den grundsätzlichen konstruktiven Aufbau derartiger Wicklungslagen 1 bzw. damit aufgebauter Spulenwicklungen. Die konzentrisch ineinander um eine gemeinsame Spulenmittelachse 7 angeordneten Wicklungslagen 1, die aus weitgehend rechteckig geformten Leitern oder Leiterbündeln 6 hergestellt sind, werden über Halteelemente 2 an den Spulenenden, 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.

[0008] 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, vorwie-

gend von innen nach außen abnehmende Windungszahlen für die elektrisch parallel geschalteten Wicklungslagen 1.

[0009] 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. gleicher 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.

[0010] 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.

[0011] 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 Gewebebänder gebildet ist.

[0012] Ein vorteilhafter Fertigungsprozess für eine vorhergehend beschriebene Drosselspule ist im Detail in der AT 501 074 A1, welche auf die Anmelderin zurückgeht, beschrieben.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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 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.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] Diese Aufgabe wird durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 1 gelöst. Vorteilhaft ist dabei, dass eine derart ausgebildete Drosselspule im Vergleich zu herkömmlichen Drosselspulen eine deutlich niedrigere Schallemission aufweist, insbesondere deutlich weniger stromflussbedingten Lärm in Form eines monotonen, akustischen Brummsignals erzeugt. Erfindungsgemäß wirkt zumindest die äußerste, stromführende Wicklungslage der Drosselspule als Schallbarierre für die innerhalb des Wicklungskerns erzeugten Schallwellen. D.h., dass die in den inneren Wicklungslagen der Drosselspule entstehenden Geräusche bzw. Vibrationen nicht bzw. nur in stark vermindertem Ausmaß in die Umgebung der Drosselspule emittiert werden. Die äußerste Schirmwicklung selbst weist dabei nur eine geringe bzw. vernachläßigbar kleine Eigenschwingung auf und erzeugt daher selber keine oder deutlich geringere bzw. schwächere Schallemissionen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Ausgestaltung liegt darin, dass die stromdurchflossene, akustische Schirmwicklung an den gleichen oder annähernd gleichen Spannungspotentialen liegt, wie die zumindest eine, unmittelbar benachbarte Wicklungslage der Drosselspule, wodurch die Gefahr von Spannungsüberschlägen eliminiert wird. Nachdem die akustische Schirmwicklung selbst eine elektrische Teilkomponente, insbesondere eine Einzelspule der Drosselspule darstellt, ist es nicht erforderlich, elektrische Mindestspannungsabstände einzuhalten. Derartige Mindestspannungsabstände können im Hochspannungsbereich beträchtliche Distanzen sein, insbesondere bis zu einem Meter und auch mehr betragen. Vor allem bei Mittel- bzw. Hochspannungsanlagen, bei denen beispielsweise 60 kV vorherrschen, ist es bei Einsatz der erfindungsgemäßen Drosselspule nicht erforderlich, zum schallreduzierenden bzw. schallabblockenden Mittel, d.h. zur akustischen Schirmwicklung, eine Distanz von in etwa 60 cm einzuhalten. Insbesondere ist es zulässig bzw. ermöglicht und zweckmäßig, die akustische Schirmwicklung relativ nahe zu den konzentrisch angeordneten Wicklungslagen der Drosselspule zu positionieren, da es vorteilhafter Weise nicht erforderlich ist, die bei der jeweiligen Hochspannung geltenden Mindestspannungsabstände zu berücksichtigen. Eine erfindungsgemäße Drosselspule ist daher im Vergleich zu herkömmlichen Drosselspulen mit gleicher oder annähernd gleicher elektrischer Leistung wesentlich geräuschärmer. Außerdem ist eine solche relativ geräuscharme Drosselspuleninstallation in ihrem Aufbau relativ kompakt. Insbesondere ist der Platzbedarf für eine erfindungsgemäße, geräuscharme Drosselspule relativ gering. Eine erfindungsgemäße Drosselspule erreicht nämlich auch ohne externer Kapselung bzw. Umhausung relativ niedrige Schallpegelwerte, sodass häufig ohne zusätzliche passive Schalldämpfungsmaßnahmen, wie z.B. aufwändige Gehäuse oder kostenintensive Gebäude, das Auslangen gefunden werden kann.

[0019] Bei der Ausgestaltung nach Anspruch 2 oder 3 ist ein Vorteil, dass die Schirmwicklung deutlich niedrigeren Strom führt als die inneren Wicklungslagen und dadurch selbst kaum zu Schwinungungen angeregt wird. Dadurch lässt sich auch ohne baulich relativ aufwändige, externe Umhausungen bzw. Kapselungen eine verhältnismäßig geräuscharme Drosselspule erzielen.

[0020] Das Reduzierungsaumaß für Schallemissionen kann durch die Ausgestaltung nach Anspruch 4 weiter verbessert werden. Insbesondere werden dadurch zwei radial distanzierte Schallbarrieren für jenen Schall geschaffen, welcher von der inneren bzw. den innersten Wicklungslagen der Drosselspule in radialer Richtung absgestrahlt wird. Insbesondere wird dadurch auch der radial in Richtung zum Spulenzentrum emittierte Schall von der inneren akustischen Schirmwicklung zumindest teilweise bedämpft bzw. abgefangen.

[0021] Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 5 wird eine schwingungstechnische Isolierung bzw. Entkoppelung der inneren, im Betrieb vibrierenden Wicklungslagen gegenüber der äußeren Schirmwicklung bzw. gegenüber den äußeren Schirmwicklungen erzielt. Auch dadurch wird die Schallemission einer solchen Drosselspule merklich gesenkt.

[0022] Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 6 wird es vermieden bzw. zumindest teilweise erreicht, dass die während des Betriebs vibrierenden bzw. schwingenden Wicklungslagen ihre Schwingungsenergie auf die äußeren, als akustische Schirmwicklungen ausgebildeten Wicklungslagen übertragen. Dadurch werden die akustischen Schirmwicklungen kaum bzw. deutlich weniger zu Schwingungen angeregt. Demzufolge ergibt sich eine deutlich niedrigere Schallemission der Drosselspule.

[0023] Die Vermeidung von Spannungsdifferenzen bzw. ein möglichst gleichmäßiger Spannungsgradient wird durch die Maßnahmen nach Anspruch 7 erzielt. Vorteilhaft ist dabei, dass hierdurch keine Mindestspannungsabstände zwischen dem schallabschirmenden Mittel, d.h. der zumindest einen akustischen Schirmwicklung, und dem Hochspannung führenden Abschnitt der Drosselspule eingehalten werden müssen. Insbesondere stellt die akustische Schirmwicklung eine Teilkomponente der elektrischen Funktionsbauteile der Drosselspule dar. Somit lassen sich geräuschreduzierte Drosselspulen schaffen, welche außerdem relativ kompakt und kostengünstig aufgebaut bzw. betrieben werden können.

[0024] Bei der Ausgestaltung nach Anspruch 8 ist von Vorteil, dass der in der akustischen Schirmwicklung fließende Strom in effektiver bzw. problemloser Art und Weise derart eingestellt werden kann, dass die akustische Schirmwicklung kaum zu Schwingungen angeregt wird, sodass die Gesamtkonstruktion der Drosselspule eine relativ niedrige Schallemission aufweist.

[0025] Das Ausmaß der Schalldämpfung bzw. eine Limitierung von Schallausbreitungen via die akustische Schirmwicklung kann durch die Ausgestaltung nach Anspruch 9 zusätzlich verbessert werden. Insbesondere wird dadurch die Anregung von mechanischen Schwingungen der Schirmwicklung aufgrund der mechanischen Schwingungen der inneren Wicklungslagen der Drosselspule nochmals deutlich reduziert.

[0026] Eine für sich gegebenenfalls eigenständige, erfinderische Lösung ist in Anspruch 10 angegeben. Vorteilhaft ist dabei, dass jene Schallwellen, welche innerhalb der Wicklung entstehen und vor allem über die Freiräume bzw. Spalte zwischen den Wicklungslagen zu den Stirnenden der Drosselspule umgelenkt bzw. umgeleitet werden, nicht bzw. in deutlich vermindertem Ausmaß in die Umgebung der Drosselspule abgestrahlt werden. Mit einem derartigen Verlängerungsabschnitt an zumindest einem Stirnende der Drosselspule kann folglich eine deutlich reduzierte Schallemission erzielt werden. Insbesondere können sich gegenphasige Schallwellen im Bereich der durch diesen Verlängerungsabschnitt gebildeten Zone zumindest teilweise auslöschen. Diese Maßnahme zur Reduzierung der Schallemissionen ist dabei besonders effektiv und relativ kostengünstig implementierbar.

[0027] Durch die Ausführung nach Anspruch 11 werden Potentialdifferenzen vermieden bzw. wird ein möglichst gleichmäßiger axialer Spannungsgradient in allen Wicklungslagen erzielt. Dadurch ist diese Maßnahme zur Reduzierung von Schallemissionen betriebssicher, relativ

kostengünstig und baulich besonders einfach herstellbar.

[0028] Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 12 wird eine unerwünschte Ausbreitung der an zumindest einem Stirnende der Drosselspule austretenden Schallwellen vermindert bzw. unterdrückt. Die Schallemissionen der Drosselspule werden dadurch in deutlichem Ausmaß gesenkt.

[0029] Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 13 wird ein möglichst gleichmäßiger axialer Spannungsgradient in sämtlichen Wicklungslagen und damit die Vermeidung wesentlicher Spannungsdifferenzen zwischen den gegenüber liegenden Windungen benachbarter Wicklungslagen erzielt.

[0030] Die Reduzierung der Schallemissionen kann durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 14 weiter gesteigert werden. Insbesondere werden dadurch Schallausbreitungen in radialer Richtung zur Spulenmittelachse und in radialer Richtung weg von der Spulenmittelachse minimiert bzw. unterdrückt.

[0031] Durch die Vorkehrungen gemäß Anspruch 15 wird eine besonders effektive Zusammenführung, Auslöschung und Dämmung der Schallabstrahlung erzielt. Die radiale Schallabstrahlung der inneren Wicklungslage bzw. der inneren Wicklungslagen wird weitgehend in die vertikale Richtung, d.h. in parallele Richtung zur Spulenmittelachse umgelenkt. Es wird also die Richtungscharakteristik der Schallabstrahlung verändert, wobei eine zumindest teilweise Auslöschung der Schallwellen am Ende bzw. an den Enden der Drosselspule unterstützt wird. Nachdem jede vibrierende Wicklungslage weitgehendst die gleiche Schallleistung von ihrer Innen- und Außenseite abstrahlt, kann eine effiziente Auslöschung stattfinden, nachdem die Schallwellen dieser Schallabstrahlungen zumindest teilweise gegenphasig sind. Insbesondere wird eine lokale Zusammenführung der sich ausbreitenden Schallwellen erreicht und die Möglichkeit der gegenseitigen Auslöschung eröffnet. In dieser Misch- und Auslöschungszone werden dabei vor allem die tieferen Frequenzanteile ausgelöscht.

[0032] Durch die Maßnahmen gemäß Anspruch 16 kann auch die Schallausbreitung der höheren Frequenzanteile besser eingedämmt werden. Zudem kann in der Misch- und Auslöschungszone ein höheres Ausmaß an Schallauslöschung erzielt werden. Eine derart ausgestattete Drosselspule weist somit eine stark verringerte Schallemission auf.

[0033] Durch die Ausgestaltung nach Anspruch 17 wird neben einer optimalen bzw. kostengünstigen und effizienten Unterdrückung der Schallausbreitung bzw. der Schallemissionen auch eine gute bzw. ausreichende Kühlung für die inneren Wicklungslagen der Drosselspule gewährleistet.

[0034] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0035] Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

[0036] Fig. 1 einen Ausschnitt einer Drosselspule aus drei koaxial angeordneten, zylindrischen Wicklungslagen nach dem Stand der Technik;

[0037] Fig. 2 einen Detailausschnitt aus Fig. 1 in vergrößertem Maßstab;

[0038] Fig. 3 konventionelle Maßnahmen zur Reduzierung von während des Betriebs einer Drosselspule entstehenden Schallemissionen;

[0039] Fig. 4 eine Drosselspule im Längsschnitt, mit erfindungsgemäßen Maßnahmen zur Reduzierung ihrer Schallemissionen;

[0040] Fig. 5 die Drosselspule nach Fig. 4 in Draufsicht.

[0041] 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.

[0042] 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 Teilbereiche 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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 die innerste Wicklungslage 1 der mehrlagigen bzw. aus mehreren Einzelspulen zusammengesetzten Drosselspule eine innere akustische Schirmwicklung 18' bildet.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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.

[0059] 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 Schallbsorberplatten 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.

[0060] 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.

[0061] Bei der beschriebenen Drosselspule ist vorteilhaft, dass die nach außen gerichtetete Schallabstrahlung der äußeren Wicklungslage 1 dadurch reduziert wird, dass diese als mechanisch entkoppelte oder schwingungsisolierte 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.

[0062] 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.

[0063] 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.

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

H Wicklungslagenhöhe
GH1 Höhe des Leiters/Leiterbündels
GH2 Höhe des Leiters/Leiterbündels
GH3 Höhe des Leiters/Leiterbündels

Patentansprüche

1. 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), und mit wenigstens einem Mittel zur Reduzierung oder Minimierung von während des Betriebs der Drosselspule entstehenden Schallemissionen, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die äußerste Wicklungslage (1) als stromführende, akustische Schirmwicklung (18) gegenüber der in Richtung zur Spulenmittelachse (7) benachbarten Wicklungslage (1) ausgebildet ist, wobei diese Schirmwicklung (18) elektrisch derart dimensioniert ist, dass sie zur Übertragung einer Stromstärke ausgebildet ist, die nur einen Bruchteil jener Stromstärke beträgt, welche von der benachbarten Wicklungslage (1) zu übertragen ist.

2. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die akustische Schirmwicklung (18) derart dimensioniert ist, dass sie zur Übertragung einer Stromstärke 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.

3. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von der akustischen Schirmwicklung (18) zu übertragende Stromstärke zwischen 0,1% bis 5% jener Stromstärke beträgt, welcher von der Drosselspule insgesamt zu übertragen ist.

4. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest drei konzentrisch angeordnete, elektrisch parallel geschaltete Wicklungslagen (1) ausgebildet sind, wobei die äußerste Wicklungslage (1) eine äußere akustische Schirmwicklung (18) bildet und die innerste Wicklungslage (1) eine innere akustische Schirmwicklung (18') bildet.

5. Drosselspule nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine zylindrische Mantelfläche (19, 19') der akustischen Schirmwicklung (18, 18') gegenüber einer zylindrischen Mantelfläche (20) der benachbarten Wicklungslage (1) mechanisch entkoppelt oder schwingungsisoliert ist.

6. Drosselspule nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen einer Mantelfläche (19, 19') der akustischen Schirmwicklung (18, 18') und einer Mantelfläche (20) der benachbarten Wicklungslage (1) ein durchgängiger Spalt (17) mit hohlzylindrischer Form ausgebildet ist, sodass in diesem Spalt (17) keine radial wirkenden Stützelemente zwischen der akustischen Schirmwicklung (18, 18') und der benachbarten Wicklungslage (1) angeordnet sind.

7. Drosselspule nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der stromführenden, akustischen Schirmwicklung (18, 18') die gleichen oder zumindest annähernd gleiche Spannungspotentiale vorliegen, wie an der unmittelbar benachbarten, elektrisch parallel geschalteten Wicklungslage (1).

8. Drosselspule nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die akustische Schirmwicklung (18, 18') eine höhere elektrische Impedanz aufweist, als die in Richtung zur Spulenmittelachse (7) benachbarte Wicklungslage (1).

9. Drosselspule nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein radialer Abstand (21) zwischen einer Mantelfläche (19, 19') der akustischen Schirmwicklung (18, 18') und einer Mantelfläche (20) einer benachbarten Wicklungslage (1) größer bemessen ist, als ein radialer Abstand (22) zwischen zwei unmittelbar benachbarten, konzentrisch zur akustischen Schirmwicklung (18, 18') angeordneten Wicklungslagen (1).

10. Drosselspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die äußerste Wicklungslage (1), insbesondere die stromführende, akustische Schirmwicklung (18), an zumindest einem Stirnende einen in axialer Richtung verlaufenden, hohlzylindrischen Verlängerungsabschnitt (23) aufweist.

11. Drosselspule nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der hohlzylindrische Verlängerungsabschnitt (23) aus elektrisch isolierendem Material gebildet und nicht stromführend ist.

12. Drosselspule nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der hohlzylindrische Verlängerungsabschnitt (23) einen elektrisch nicht leitenden Endring (24) ausbildet, der an wenigstens ein Stirnende des elektrisch leitenden Abschnitts der Schirmwicklung (18) anschließt.

13. Drosselspule nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine axiale Länge oder Wicklungslagenhöhe (H) des stromführenden Abschnittes der akustischen Schirmwicklung (18) zumindest annähernd einer axialen Länge oder Wicklungslagenhöhe (H) der Wicklungslagen (1) entspricht.

14. Drosselspule nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest an den oberen Stirnenden der äußeren und der inneren akustischen Schirmwicklung (18, 18') jeweils ein äußerer und innerer hohlzylindrischer Verlängerungsabschnitt (23, 23') ausgebildet ist, welcher die äußere und innere akustische Schirmwicklung (18, 18') in axialer Richtung gegenüber den Stirnenden der dazwischen angeordneten Wicklungslagen (1) verlängert.

15. Drosselspule nach Anspruch 10 bzw. 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass neben dem hohlzylindrischen Verlängerungsabschnitt (23), insbesondere zwischen dem äußeren und inneren hohlzylindrischen Verlängerungsabschnitt (23, 23') eine akustische Misch- und Auslöschungszone (25) für Schallwellen, welche an diesem axialen Stirnende der Wicklungslagen (1) auftreten, gebildet ist.

16. Drosselspule nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass in axialer Richtung der Spulenmittelachse (7) nach 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 sind.

17. Drosselspule nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Schallabsorbierungselementen (26) Durchbrüche ausgebildet sind oder dass mehrere Schallabsorbierungselemente (26) zueinander distanziert angeordnet sind, sodass zwischen den Wicklungslagen (1) eine Luftströmung in paralleler Richtung zur Spulenmittelachse (7) gewährleistet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

Fig.1

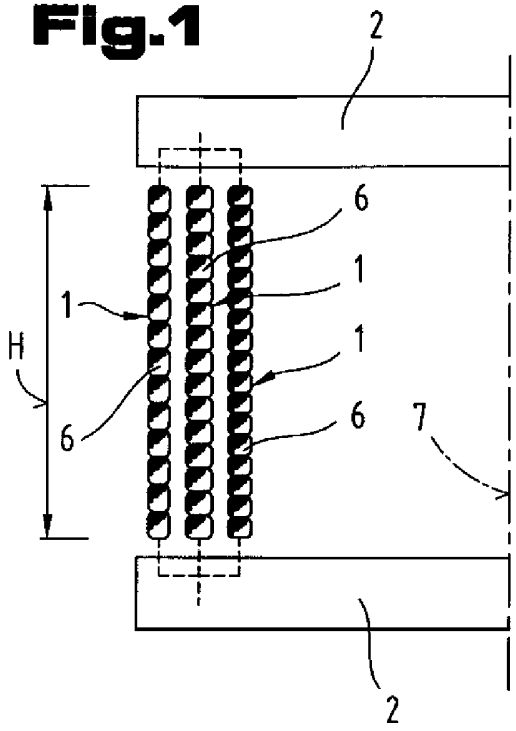


Fig.2

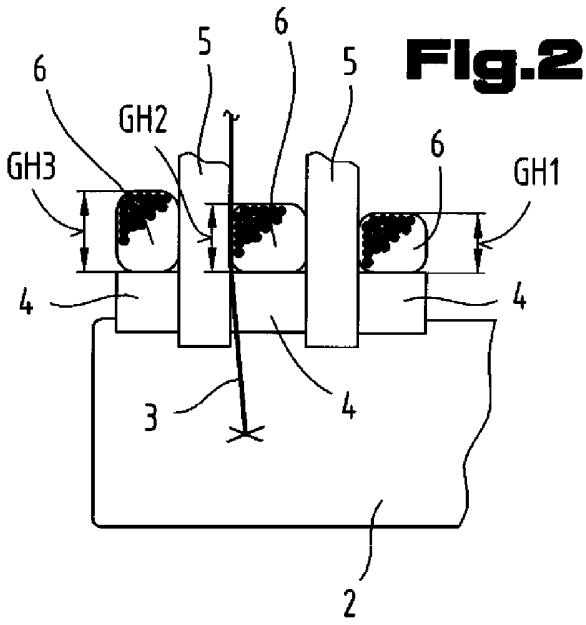


Fig.3

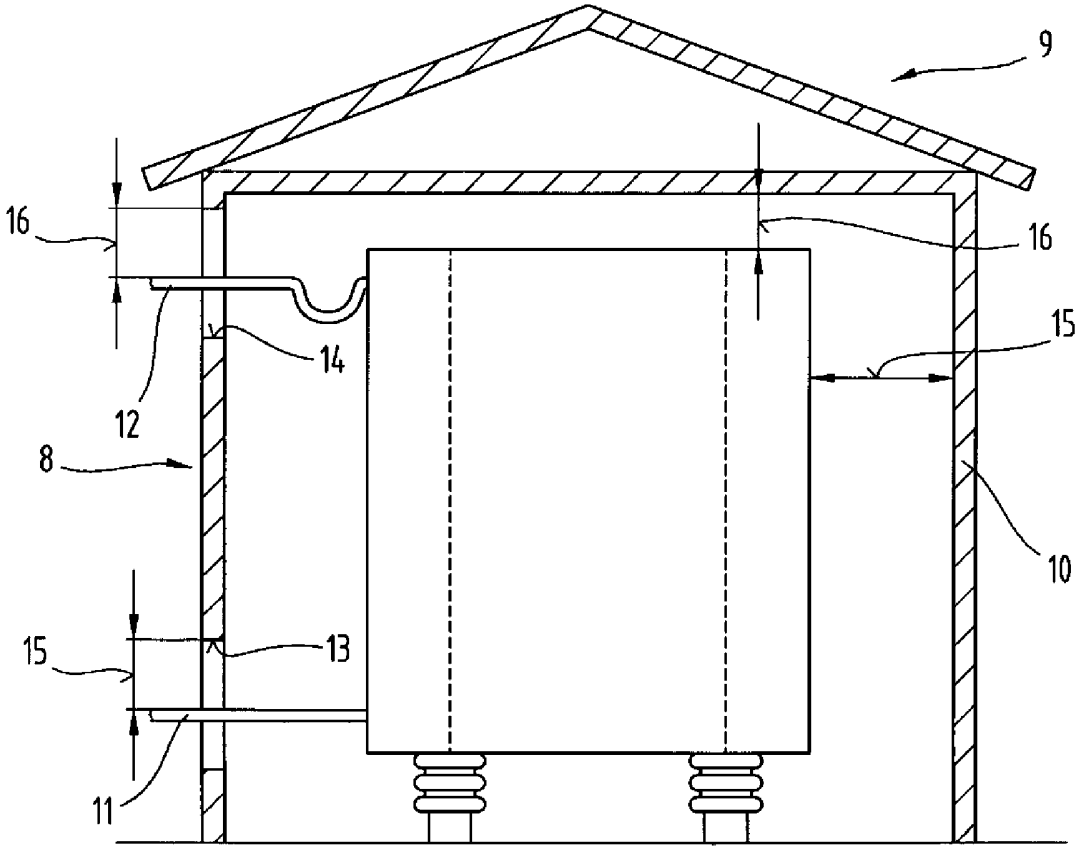


Fig.4

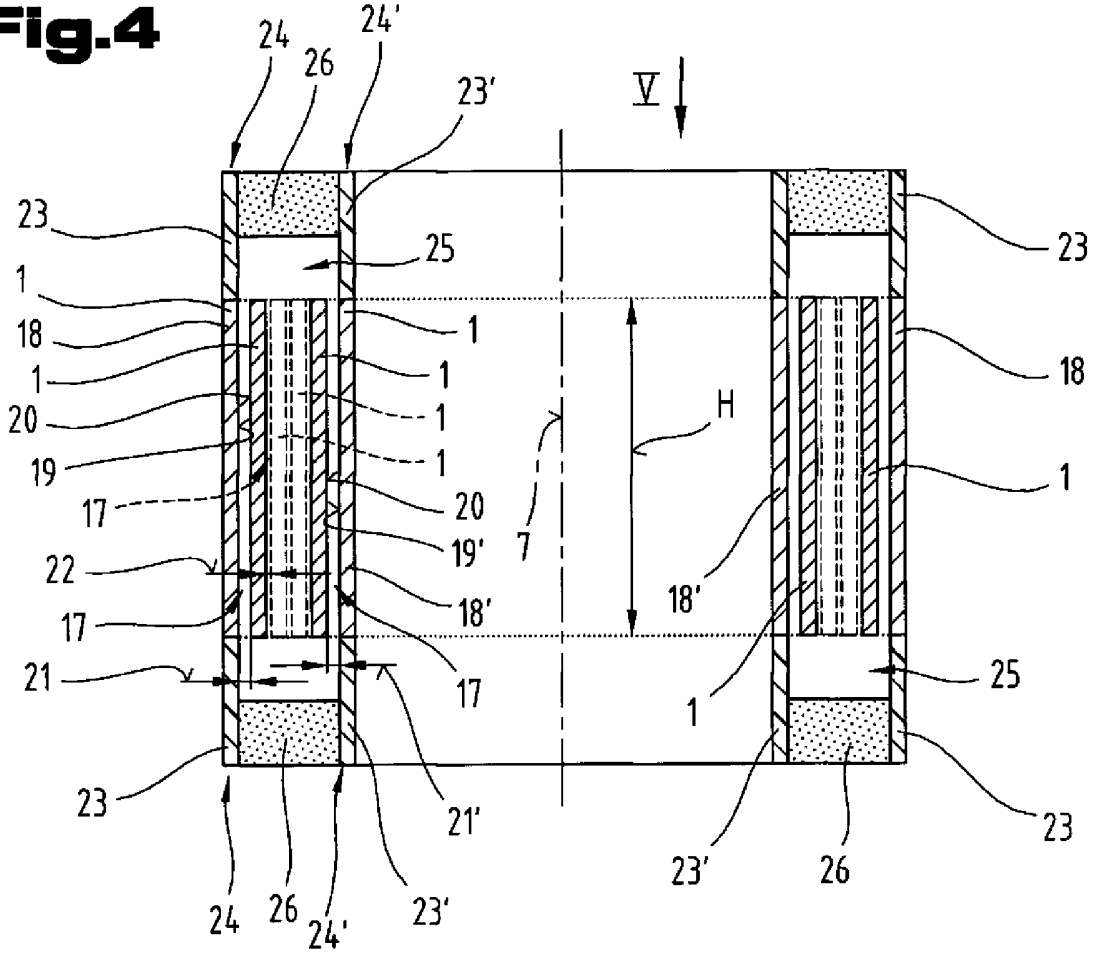
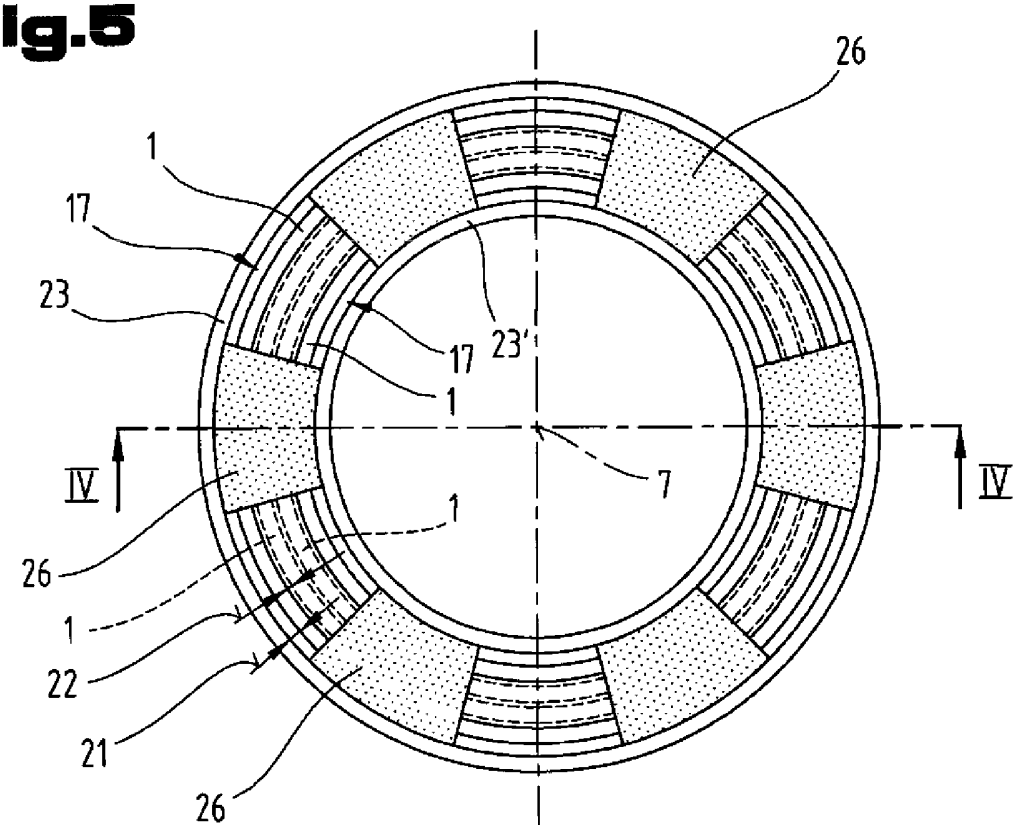

24
24'
26
23'
V
23
25
1
18
1
20
19
17
22
17
21
H
7
18'
1
23
23
26
24
24'
23'
21'

Fig.5


26
1
17
23
23'
17
1
IV
IV
7
1
26
1
22
21
26