

(19)



(11)

EP 2 977 996 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.01.2016 Patentblatt 2016/04

(51) Int Cl.:
H01F 27/10 (2006.01) H01F 27/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14177832.4**

(22) Anmeldetag: **21.07.2014**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

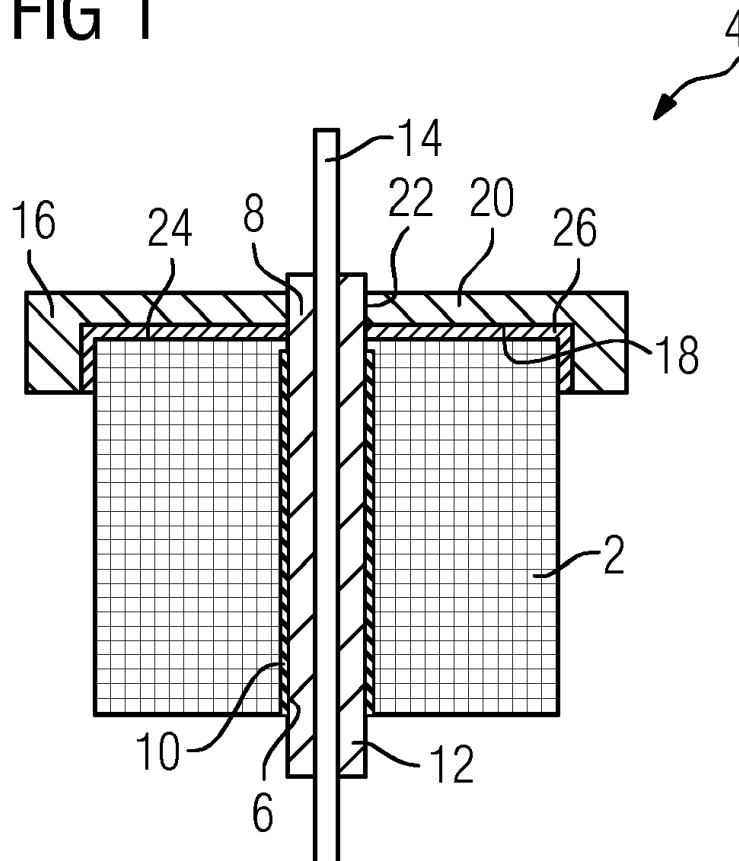
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Betz, Hermann
91330 Weigelschhofen (DE)**
• **Hoffmann, Ingolf
91074 Herzogenaurach (DE)**
• **Ippisch, Stephan
91054 Erlangen (DE)**
• **Wohlfart, Manfred
91369 Wiesenthau (DE)**

(54) **Drosselspule eines Stromrichters**

(57) Die Erfindung betrifft eine Drosselspule (4) eines Stromrichters, mit einer hohlzylindrischen Spulenwicklung (2), an deren Deckfläche (24) eine Kühlplatte (16) thermisch angebunden ist.

FIG 1



EP 2 977 996 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Drosselspule eines Stromrichters mit einer Spulenwicklung.

[0002] Mittels Drosselspulen wird der Anteil von vergleichsweise hohen Frequenzen innerhalb von elektrischen Strömen reduziert. Derartige hochfrequente Ströme treten beispielsweise bei Stromrichtern auf, wobei die Betätigung eines Halbleiterschalters zu vergleichsweise hochfrequenten Oberschwingungen innerhalb des geschalteten Stroms führt. Daher wird eine derartige Drosselspule in den den hochfrequenten Strom führenden Leitern eingebracht. Drosselspulen weisen üblicherweise eine niederohmigen Spulenwicklung mit einer definierten Induktivität auf. Infolgedessen ist der Widerstand der Drosselspule frequenzabhängig, wobei bei der Abwesenheit einer Oberschwingung der ohmsche Widerstand vergleichsweise gering ist.

[0003] Bei hohen elektrischen Strömen ist die mittels der Drosselspule erzeugte thermische Verlustleistung nicht zu vernachlässigen. Um ein Versagen der Drosselspule oder auch eine Zunahme des Widerstands aufgrund der thermischen Belastung zu vermeiden, ist es erforderlich, die Drosselspule zu kühlen. So ist es aus der EP 0 465 700 B1 bekannt, den elektrischen Leiter der Drosselspule als Wärmerohr nach Art einer Heat-Pipe auszubilden und dieses mit einem Montageblock zu verbinden. Bei Betrieb wird der Montageblock mittels Kühlluft beblasen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine besonders geeignete Drosselspule anzugeben, die insbesondere vergleichsweise sicher und/oder mittels eines vergleichsweise chemisch aggressiven Kühlmediums betrieben werden kann, und die vorzugsweise für maritime Anwendungen geeignet ist.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 und unabhängig hiervon durch die Merkmale des Anspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

[0006] Die Drosselspule ist Bestandteil eines Stromrichters, mittels dessen bevorzugt eine Gleichspannung erstellt wird. Vorzugsweise befindet sich hierbei die Drosselspule auf der Gleichstromseite eines derartigen Stromrichters. Der Stromrichter selbst ist beispielsweise Bestandteil eines Schiffs und dient dem Betrieb eines Nebenaggregats oder eines Elektromotors, mittels dessen das Schiff bewegt wird. Beispielsweise ist der Elektromotor Bestandteil eines Bugstrahlruders. Die Drosselspule ist zum Beispiel vorgesehen und eingerichtet bei einer elektrischen Spannung über 500 V, 600 V und bis zu 1000 V oder 2000 V sicher betrieben werden zu können. Beispielsweise ist die Stromtragfähigkeit der Drosselspule größer als 100 A, 120 A, 200 A, 300 A, 500 A, 1000 A oder 1500 A. Zum Beispiel ist die Stromtragfähigkeit kleiner als 180 A, 200 A, 500 A, 1000 A oder 2000 A.

[0007] Die Drosselspule weist eine hohlzylindrische

Spulenwicklung auf, die beispielsweise aus einem isolierten Lackdraht erstellt ist. Alternativ hierzu ist die Wicklung aus einem Leiterband erstellt, dessen Breite beispielsweise kleiner als 10cm, 15cm, 25cm, 35cm, 40cm, 50cm und insbesondere kleiner als 60cm ist. Geeigneterweise ist die Breite größer als 1cm, 2cm, 5cm, 10cm, 15cm, 25cm, 30cm, 35cm oder 40 cm. Zweckmäßigerweise ist Breite gleich 19 cm. Die Breite bezeichnet hierbei die Ausdehnung des Bandes parallel zur Achse der hohlzylindrischen Spulenwicklung. Die Dicke des Bandes ist hierbei auf die entsprechende Stromtragfähigkeit abgestimmt. Beispielsweise ist das Material des Leiters, also insbesondere des Bandes oder des Drahtes, aus einem Kupfer oder einem Aluminium erstellt, enthält also folglich Kupfer oder Aluminium. Mit anderen Worten handelt es sich entweder um reines Kupfer bzw. Aluminium oder eine diese Elemente enthaltenden Legierung. Vorzugsweise ist der Leiter aus einem Vollmaterial erstellt. Geeigneterweise ist die Spulenwicklung aus einem eloxierten Aluminiumband gewickelt.

[0008] Die Spulenwicklung ist nach Art eines Hohlzylinders geformt, erstreckt sich also folglich entlang einer Achse und weist somit zwei Deckflächen auf, auch als Grundflächen bezeichnet, die senkrecht zur Achse sind und die Begrenzung der Spulenwicklung entlang der Achse bilden. Beispielsweise ist der Querschnitt der Spulenwicklung senkrecht zur Achse ringförmig oder nach Art eines Rechtecks gestaltet, wobei die Ecken vorzugsweise abgerundet sind, was zu einer verringerten Materialbelastung führt. Beispielsweise ist die Spulenwicklung mittels einer einzigen Lage des zur Bildung herangezogenen Leiters gebildet, oder mehrere Wicklungen sind lagenartig übereinander gestapelt, wobei die einzelnen Lagen insbesondere in direktem mechanischen Kontakt sind, was zu einer erhöhten Stabilität und zu einer verringerten Größe führt.

[0009] Die Drosselspule weist ferner eine Kühlplatte auf, die an einer der Deckflächen der Spulenwicklung thermisch angebunden ist. Zweckmäßigerweise ist die Kühlplatte an der Spulenwicklung befestigt. Bei Betrieb bildet die Kühlplatte eine Wärmesenke gegenüber der Spulenwicklung. Insbesondere ist die Kühlplatte senkrecht zur Achse der Spulenwicklung angeordnet und vorzugsweise im mechanischen Kontakt mit der Spulenwicklung, wobei dies zum Beispiel vollflächig entlang der Deckfläche erfolgt. Die Kühlplatte weist ihrerseits beispielsweise auf der der Spulenwicklung abgewandten Seite Kühlrippen oder dergleichen auf, um die von der Spulenwicklung aufgenommene Wärme an eine Umgebung abzuleiten.

[0010] Aufgrund der Kühlplatte ist ein Betrieb der Drosselspule auch bei vergleichsweise hohen Außentemperaturen möglich. Hierbei ist es möglich, die Spulenwicklung auf eine vergleichsweise hohe Stromtragfähigkeit hin zu optimieren, wohingegen eine Optimierung der Kühlplatte auf eine vergleichsweise effiziente Wärmeabfuhr erfolgen kann. Beispielsweise ist die Kühlplatte resistent gegen Meerwasser ausgebildet, so dass die Kühl-

platte mittels vergleichsweise aggressivem Meerwasser gekühlt werden kann, das anderweitig die Spulenwicklung beschädigen würde.

[0011] Geeigneterweise weist die Drosselspule einen Kern auf, der innerhalb der Spulenwicklung angeordnet ist. Der Kern besteht beispielsweise aus einem weichmagnetischen Material und insbesondere aus Eisen. Zweckmäßigerweise verläuft der Kern entlang der Achse der hohlzylindrischen Spulenwicklung und/oder ist mittig innerhalb der Spulenwicklung angeordnet. Beispielsweise sind Abstandshalter zwischen dem Kern und der Spulenwicklung angeordnet, mittels derer ein direkter mechanischer Kontakt zwischen dem Kern und der Wicklung vermieden wird. Alternativ hierzu liegt der Kern beispielsweise im Wesentlichen vollständig an der Innenwand der Spulenwicklung an, wobei sich zweckmäßigerweise zwischen diesen eine elektrisch isolierende Schicht befindet. Geeigneterweise ist auch der Kern thermisch mit der Kühlplatte kontaktiert, sodass bei Betrieb auch Wärme von dem Kern auf die Kühlplatte übertragen wird. Aufgrund der Verwendung eines Kerns ist es ermöglicht, die Induktivität der Drosselspule zu erhöhen, so dass eine Filterwirkung mittels der Drosselspule verbessert ist.

[0012] Beispielsweise weist der Kern eine Quaderform auf. Vorzugsweise jedoch ist der Querschnitt des Kerns senkrecht zur Achse der Spulenwicklung rund, wobei der Querschnitt der Spulenwicklung ringförmig ist. Auf diese Weise ist eine Materialbeanspruchung der Spulenwicklung im Bereich etwaiger Kanten des Kerns ausgeschlossen, die zu einer Materialermüdung oder anderweitigen Beschädigung führen könnten. Zudem ist, sofern die Spulenwicklung eine Anzahl von Lagen aufweist, ein Lufteinschluss zwischen einzelnen Lagen ausgeschlossen.

[0013] Geeigneterweise umfasst der Kern ein Kühlrohr, durch das bei Betrieb der Drosselspule zweckmäßigerweise ein Fluid geleitet wird. Auf diese Weise ist ein Wärmeabtransport von auf den Kern übertragener Wärme ermöglicht. Zweckmäßigerweise wird eine Kühlflüssigkeit verwendet, was den Wärmeabtransport erleichtert. Vorzugsweise weist das Kühlrohr geeignete Anschlüsse für einen derartigen Kühlkreislauf auf. Geeigneterweise ist das Kühlrohr aus einem Edelstahl oder CuNiFe gefertigt. Beispielsweise wird Stahl der Stahlklassen 4 oder aufwärts verwendet. Vorzugsweise ist das Kühlrohr aus austenitischem Stahl 1.4529 oder 1.4562 oder aus Superduplexstahl 1.4410 gefertigt. Auf diese Weise können auch vergleichsweise aggressive Kühlflüssigkeiten, wie zum Beispiel Meerwasser, verwendet werden. Geeigneterweise ist das Kühlrohr gerade und nach Art eines Hohlzylinders geformt und weist beispielsweise einen ringförmigen Querschnitt auf. Insbesondere ist das Kühlrohr parallel zur Achse der Spulenwicklung ausgerichtet, was eine Montage erleichtert. Vorzugsweise umfasst der Kern einen Kernkörper innerhalb dessen sich das Kühlrohr befindet. Der Kernkörper ist zweckmäßigerweise aus Eisen erstellt. Insbesondere sind der

Kernkörper und das Kühlrohr miteinander verpresst. Hierbei ist das Kühlrohr zweckmäßigerweise mittig des Kernkörpers und insbesondere punktsymmetrisch bezüglich der Achse der Spulenwicklung positioniert. Auf diese Weise ist eine Ausbildung von unterschiedlichen Temperaturniveaus innerhalb des Kerns und/oder der Spulenwicklung im Wesentlichen ausgeschlossen.

[0014] Beispielsweise entspricht die Außenkontur der Kühlplatte der Außenkontur der Spulenwicklung. Zweckmäßigerweise fluchtet die Kühlplatte mit der Spulenwicklung, so dass die Drosselspule vergleichsweise kompakt ist. Alternativ hierzu ist der Querschnitt der Kühlplatte größer als der Querschnitt der Spulenwicklung. Mit anderen Worten steht bei der Projektion der Spulenwicklung und der Kühlplatte auf eine Ebene parallel zur Deckfläche der Spulenwicklung die Kühlplatte zumindest zu einer Seite der Spulenwicklung über. Folglich weist die Kühlplatte ein vergleichsweise großes Volumen auf, was den Wärmetransport verbessert. Insbesondere ist die Kühlplatte zur Bildung einer Vertiefung ausgespart. Die Vertiefung ist hierbei nach Art eines Topfes geformt und weist einen Boden auf. Mit anderen Worten ist die Kühlplatte im Bereich der Vertiefung zumindest nicht vollständig geöffnet. Innerhalb der Vertiefung ist die Spulenwicklung zumindest teilweise angeordnet. Auf diese Weise ist die Spulenwicklung bezüglich der Kühlplatte stabilisiert und die Drosselspule vergleichsweise robust.

[0015] Geeigneterweise ist die Kühlplatte elektrisch gegenüber der Spulenwicklung isoliert. Vorzugsweise wird hierfür eine elektrisch isolierende Schicht herangezogen. Auf diese Weise ist ein Kurzschluss innerhalb der Drosselspule ausgeschlossen. Zweckmäßigerweise wird als elektrisch isolierende Schicht eine Wärmeleitfolie herangezogen, die zweckmäßigerweise aus einem aromatischen Polyimid erstellt ist. Insbesondere besteht die Wärmeleitfolie aus Kapton® oder enthält dieses zumindest. Alternativ besteht die Wärmeleitfolie aus einem Aramid, insbesondere aus einem Aramid-Papier. Beispielsweise besteht Wärmeleitfolie aus NOMEX®. Geeigneterweise wird eine Wärmeleitpaste oder dergleichen (z.B. elektrisch isolierendes Thermal Interface Material) zur Erstellung der Wärmeleitfolie herangezogen. Beispielsweise ist die Wärmeleitfolie aus einem Silikon gebildet. Folglich ist es ermöglicht, die Kühlplatte aus einem elektrisch leitenden Material herzustellen, das vergleichsweise gute Wärmeleiteigenschaften aufweist, wobei ein elektrischer Kurzschluss ausgeschlossen ist.

[0016] Zweckmäßigerweise ist die Kühlplatte aus Aluminium gefertigt, was zu einem verringerten Gewicht der Drosselspule führt. Alternativ besteht die Kühlplatte aus Kupfer oder einer Kupferlegierung, was die Wärmeleiteigenschaften der Kühlplatte erhöht. Alternativ hierzu ist die Kühlplatte aus einem Edelstahl oder CuNiFe gefertigt. Beispielsweise wird Stahl der Stahlklassen 4 oder aufwärts verwendet. Vorzugsweise ist die Kühlplatte aus austenitischem Stahl 1.4529 oder 1.4562 oder aus Superduplexstahl 1.4410 gefertigt. Auf diese Weise ist auch eine Kühlung der Kühlplatte mittels vergleichsweise ag-

gressiver Medien, wie zum Beispiel Meerwasser, ermöglicht.

[0017] Vorzugsweise weist die Kühlplatte ein Kühlrohr auf, insbesondere eine Anzahl von Kühlrohren. Bei Betrieb der Drosselspulen wird durch das Kühlrohr ein Fluid geleitet, sodass das Fluid Wärme von der Kühlplatte aufnimmt und folglich abtransportiert. Insbesondere ist das Kühlrohr innerhalb eines Körpers der Kühlplatte angeordnet und vorzugsweise innerhalb des Körpers verpresst, was einerseits zu einer vergleichsweise effizienten thermischen Anbindung und andererseits zu einer robusten mechanischen Verbindung zwischen diesen führt. Besonders bevorzugt ist das Kühlrohr aus Edelstahl oder CuNiFe erstellt, was die chemische Robustheit der Kühlplatte erhöht. Beispielsweise wird Stahl der Stahlklassen 4 oder aufwärts verwendet. Vorzugsweise ist das Kühlrohr aus austenitischem Stahl 1.4529 oder 1.4562 oder aus Superduplexstahl 1.4410 gefertigt. Zweckmäßigerweise wird Meerwasser als Fluid durch das Kühlrohr geleitet, sofern die Drosselspule auf einem Schiff oder in Küstennähe eingesetzt wird. Auf diese Weise sind die Betriebskosten der Drosselspule verringert. Insbesondere ist das Kühlrohr gerade ausgestaltet, so dass die Fertigungskosten der Kühlplatte reduziert sind.

[0018] Zweckmäßigerweise wird die Kühlplatte mit der Spulenwicklung vergossen. Mit anderen Worten wird die Kühlplatte mit der Spulenwicklung mittels einer Vergussmasse verbunden, was die Robustheit der Drosselspule erhöht. Alternativ hierzu ist die Kühlplatte mittels eines thermisch leitfähigen Klebers an der Spulenwicklung angebunden. Bei der Fertigung wird hierbei bis zur Aushärtung des Klebers bzw. der Vergussmasse ein Druck auf die Kühlplatte in Richtung der Spulenwicklung ausgeübt, was die thermische Anbindung verbessert. Alternativ ist die Kühlplatte mittels eines sog. Thermal Interface Materials an der Spulenwicklung angebunden, welches eine hohe Wärmeleitfähigkeit, sowie eine Flexibilität aufweist, und beispielsweise aus einem Silikon gefertigt ist.

[0019] Geeigneterweise weist die Drosselspule eine weitere Platte auf, wobei die Spulenwicklung zwischen dieser Platte und der Kühlplatte angeordnet ist. Insbesondere sind die beiden Platten in mechanischem Kontakt mit der Spulenwicklung, entweder direkt oder beispielsweise über eine elektrisch isolierende Schicht. Auf diese Weise ist die Spulenwicklung einerseits vor Beschädigungen geschützt. Besonders bevorzugt ist die Platte als Kühlplatte ausgestaltet, sodass die Drosselspule zwei Kühlplatten aufweist. Hierbei ist jeweils eine der Kühlplatten genau einer der beiden Deckflächen der Spulenwicklung zugeordnet. Mit anderen Worten ist jede der Deckflächen der Spulenwicklung thermisch an jeweils einer der Kühlplatten angebunden. Folglich ist ein Wärmeabtransport von der Spulenwicklung verbessert. Beispielsweise sind die beiden Kühlplatten gleichartig ausgestaltet, weisen also folglich die gleichen Weiterbildungen auf, sofern diese vorhanden sind. Alternativ hierzu ist eine der Kühlplatte gemäß einer der Fortbildungen weitergebildet, wohingegen die andere nicht weitergebil-

det oder gemäß einer anderen Variante ausgestaltet ist. Beispielsweise weist lediglich eine der Kühlplatten das Kühlrohr und zum Beispiel die verbleibende Kühlplatte die Vertiefung auf. Auf diese Weise ist es ermöglicht, eine der Kühlplatten auf eine verbesserte Stabilität der Drosselspule und die verbleibende Kühlplatte auf eine erhöhte Kühlleistung hin zu optimieren.

[0020] Geeigneterweise weist hierbei die Drosselspule eine zweite hohlzylindrische Spulenwicklung auf, die beispielsweise gleichartig zu der bereits vorhandenen Spulenwicklung ist. Die beiden Spulenwicklungen sind elektrisch miteinander kontaktiert und zweckmäßigerweise in Reihe geschaltet. Zwischen den beiden Spulenwicklungen ist die zweite Kühlplatte angeordnet, wobei die beiden Spulenwicklungen zweckmäßigerweise thermisch an der zweiten Kühlplatte angebunden sind. Folglich dient die zweite Kühlplatte der Kühlung der beiden Spulenwicklungen. Geeigneterweise sind die beiden Spulenwicklungen auch mechanisch in Kontakt mit der zweiten Kühlplatte und zweckmäßigerweise an dieser befestigt. Der Kontakt erfolgt beispielsweise direkt oder mittels einer elektrisch isolierenden, jedoch wärmeleitenden Schicht. Insbesondere sind die beiden Spulenwicklungen mit der zweiten Kühlplatte verklebt, mittels eines Thermal Interface Materials verbunden oder vergossen, was die Robustheit der Drosselspule erhöht. Geeigneterweise liegen die Achsen der beiden Spulenwicklung auf einer gemeinsamen Geraden. Mit anderen Worten sind die beiden Spulenwicklungen in die gleiche Richtung orientiert. Sofern die Drosselspule einen Kern aufweist, ist dieser zweckmäßigerweise innerhalb beider Spulenwicklungen angeordnet. Insbesondere weist hierfür die zweite Kühlplatte eine Aussparung auf, durch die der Kern ragt. Die Länge des Kerns ist hierbei vorzugsweise größer als die Summe der Ausdehnung der beiden Spulenwicklungen entlang deren gemeinsamer Achse. Auf diese Weise ist einerseits die Robustheit der Drosselspule und andererseits die elektrischen Eigenschaften der Drosselspule verbessert. Insbesondere umfasst die Drosselspule ein Zwei-, Drei- oder Vielfaches hiervon an derartigen zweiten hohlzylindrischen Spulenwicklungen.

[0021] In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung umfasst die Drosselspule die zweite hohlzylindrische Spulenwicklung, wobei an einer deren Deckflächen die Kühlplatte thermisch angebunden ist. Hierbei befinden sich die beiden Spulenwicklungen auf der gleichen Seite der Kühlplatte. Insbesondere sind die beiden Deckflächen der jeweiligen Spulenwicklungen in einer Ebene. Mit anderen Worten verlaufen die beiden Spulenwicklungen parallel zueinander. Vorzugsweise sind die beiden Spulenwicklungen gleichartig aufgebaut, weisen also folglich den gleichen Aufbau und insbesondere die gleichen Abmessungen auf, was eine Lagerhaltung bei der Herstellung der Drosselspule reduziert. Beispielsweise sind drei derartige Spulenwicklungen Bestandteil der Drosselspule, wobei jeder der Drosselspulen einer Phase eines dreiphasigen Stroms zugeordnet ist. Auf diese Weise ist es ermöglicht, mittels der Drosselspule

einen elektrisch kommutierenden Elektromotor zu betreiben.

[0022] Zweckmäßigerweise sind hierbei die Spulenwicklungen mittels Kunststoff eingefasst, was zu verringerten Kosten bei der Herstellung führt. Geeigneterweise ist der Kunststoff salzwasserbeständig. Zweckmäßigerweise umfasst die Drosselspule einen Verteiler für die Kühlplatten, der insbesondere aus einem Kunststoff gefertigt ist. Mittels des Verteilers werden die einzelnen Kühlrohre mit einem Kühlmedium versorgt. Alternativ ist der Verteiler aus einer meerwasserbeständigen Legierung gefertigt. Unter Verteiler wird insbesondere ein Knotenpunkt der einzelnen Kühlrohre verstanden, der dient beispielsweise dem Zuteilen eines Kühlmittelstroms auf die einzelnen Kühlrohre oder einem Sammeln von Kühlmittel, das durch die einzelnen Kühlrohre geleitet wurde. Beispielsweise weist jede der Spulenwicklungen einen Kern auf, die insbesondere mittels eines Jochs magnetisch kurzgeschlossen sind, das vorzugsweise parallel zur Kühlplatte ist. Hierbei befindet sich das Joch zweckmäßigerweise auf einer der Seiten der Kühlplatte, wohingegen die Spulenwicklungen sich der gegenüberliegenden Seite befinden. Beispielsweise weist hierfür die Kühlplatte entsprechende Ausnehmungen auf, durch die die Kerne des Kern-Joch-Verbunds geführt sind. Alternativ hierzu ist die Kühlplatte frei von jeglichen Ausnehmungen und beispielsweise nach Art eines Rechtecks geformt. Hierbei weist eine der Kanten der Kühlplatte zu den beiden Kernen und ist geeigneterweise mit diesen in mechanischem Kontakt. Insbesondere ist die Kühlplatte an den beiden Kernen thermisch angebunden, so dass auch Wärme von den beiden Kernen zur Kühlplatte geführt wird.

[0023] Zweckmäßigerweise ist der Verbund aus den beiden Kernen und dem Joch einstückig, was die Stabilität erhöht und die elektrischen Eigenschaften verbessert. Vorzugsweise ist hierbei der Verbund U-förmig oder, falls weitere Spulen vorhanden sind, M-förmig bzw. kamm-förmig ausgestaltet. Beispielsweise ist hierbei jeder der Spulenwicklungen eine Kühlplatte zugeordnet, wobei die Kühlplatten insbesondere in einer Ebene liegen, die sich zwischen dem Joch und den Spulenwicklungen befindet. Beispielsweise ist der Querschnitt jeder der Kühlplatten gleich dem der jeweils zugeordneten Spulenwicklung. Auf diese Weise ist es ermöglicht, den Verbund aus Spulenwicklung und Kühlplatte vor Montage des Kernjochverbunds zu fertigen. Alternativ hierzu ist jede der Kühlplatten im Wesentlichen rechteckförmig ausgestaltet, wobei jede der Rechteckformen parallel zur jeweiligen Deckfläche der zugeordneten Spulenwicklung ist. Hierbei sind die Kühlplatten geeigneterweise senkrecht zu dem Joch angeordnet, was diese stabilisiert. Insbesondere ist ein Kraftschluss zwischen dem Joch und jeder der Spulenwicklungen über die jeweiligen Kühlplatten erstellt. Vorzugsweise sind jeder der Spulenwicklungen zwei Kühlplatten zugeordnet, die mittels des jeweiligen Kerns voneinander getrennt sind.

[0024] Eine weitere Ausgestaltung der Drosselspulen

des Stromrichters weist eine hohlzylindrische Spulenwicklung auf, die zweckmäßigerweise aus einem isolierten Leiter erstellt ist. Der isolierte Leiter ist insbesondere ein Lackdraht oder ein bandförmiger Leiter, der insbesondere eine Breite zwischen 10 cm und 60 cm, und z. B. von 19 cm aufweist. Hierbei ist die Breite des Leiters parallel zur Achse der Spulenwicklung. Das Material des elektrischen Leiters ist beispielsweise Aluminium oder Kupfer, und der Leiter ist zu der Spulenwicklung gewickelt. Die Spulenwicklung weist eine oder mehr Lagen auf. Innerhalb der Spulenwicklung ist ein quaderförmiger Kern angeordnet, der insbesondere aus einem weichmagnetischen Material und zum Beispiel aus Eisen gefertigt ist. Geeigneterweise ist die Spulenwicklung aus einem eloxierten Aluminiumband gewickelt.

[0025] Die sich innerhalb der Spulenwicklung befindenden Kanten des Kerns sind zumindest abschnittsweise mittels L-förmigen Abstandshaltern versehen. Mit anderen Worten ist jede der Kanten zumindest abschnittsweise von einem der Abstandshalter umgeben. Geeigneterweise sind die Abstandshalter aus einem Kunststoff erstellt, und jeder der Abstandshalter ist vorzugsweise in mechanischem Kontakt mit der Spulenwicklung, die insbesondere einen rechteckförmigen Querschnitt aufweist. Aufgrund der Abstandshalter ist der Kern von der Spulenwicklung beabstandet, was einerseits einen elektrischen Kurzschluss verhindert und andererseits eine Beschädigung der Spulenwicklung aufgrund der vergleichsweise scharfen Kanten des Kerns unterbindet.

[0026] Die Drosselspule weist ferner eine Kühlplatte auf, die zwischen zueinander einander benachbarten Abstandshaltern angeordnet ist. Geeigneterweise ist die Kühlplatte im Wesentlichen rechteckförmig gestaltet, wobei die Kühlplatte mit dem Kern und/oder der Spulenwicklung thermisch kontaktiert ist. Beispielsweise ist die Kühlplatte mit dem jeweiligen Bauteil in direktem mechanischem Kontakt oder mittels einer elektrisch isolierenden, jedoch thermisch leitenden Schicht verbunden. Geeigneterweise verläuft die Kühlplatte parallel zu dem Kern. Die Kühlplatte selbst weist ein Kühlrohr auf, das aus Edelstahl oder CuNiFe oder einer CuNiFe-Legierung gefertigt ist. Beispielsweise weist die Kühlplatte zwei derartige Kühlrohre auf. Das oder die Kühlrohre verlaufen vorzugsweise parallel zur Achse der Spulenwicklung, was einen Montage und einen Anschluss der Kühlrohre vereinfacht, und geeigneterweise gerade, was die Herstellungskosten der Kühlplatte verringert. Die Kühlrohre sind insbesondere innerhalb eines Kupfer- oder Aluminiumkörpers verpresst. Bei Betrieb der Drosselspule wird ein Kühlfluid durch die Kühlrohre geleitet und auf diese Weise Wärme von der Kühlplatte abtransportiert. Hierbei ist aufgrund der Materialwahl auch ein Betrieb mit Meerwasser ermöglicht.

[0027] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

FIG 1,2 jeweils eine Ausführungsform einer Dros-

- FIG 3 selspule mit einer Kühlplatte in einer Schnittdarstellung,
- FIG 4 eine weitere Ausführungsform der Drosselspule mit zwei Kühlplatten gemäß FIG 1,
- FIG 5 bis 8 eine weitere Ausführungsform der Drosselspule mit zwei Spulenwicklungen gemäß FIG 1,
- FIG 9 weitere Ausführungsformen der Drosselspule mit zwei Spulenwicklungen in einer Schnittdarstellung bzw. einer Draufsicht,
- FIG 10 eine weitere Ausführungsform der Drosselspule mit zwei Spulenwicklungen in einer Draufsicht, und
- FIG 10 eine letzte Ausführungsform der Drosselspule mit Abstandshaltern.

[0028] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0029] In FIG 1 ist in einer Schnittdarstellung eine längs der Achse einer Spulenwicklung 2 eine Drosselspule 4 dargestellt. Die Spulenwicklung 2 weist einen ringförmigen Querschnitt senkrecht zu deren Achse auf und ist aus einem elektrisch isolierten Kupfer- oder Aluminiumband gewickelt, wobei zur Erstellung das Band mehrlagig übereinander gestapelt ist. Folglich weist die Spulenwicklung 2 die Form einer Rolle mit einer zentralen Aussparung 6 auf. Innerhalb der Aussparung 6 ist ein zylinderförmiger Kern 8 mit einer runden Grundfläche angeordnet, der über eine elektrische Isolierschicht 10 in mechanischem Kontakt der mit der Spulenwicklung 2 ist. Hierbei steht der Kern 8 bezüglich der Aussparung 6 über. Mit anderen Worten ragt der Kern 8 aus der Aussparung 6 heraus. Der Kern 8 selbst weist einen Kernkörper 12 aus weichmagnetischem Eisen auf, der einen ringförmigen Querschnitt aufweist. Innerhalb des Kernkörpers 12 ist formschlüssig ein Kühlrohr 14 aus CuNiFe positioniert.

[0030] Die Drosselspule 4 umfasst ferner eine aus einem Kupfer oder einem Aluminium gefertigte Kühlplatte 16, deren Querschnitt senkrecht zur Achse der Spulenwicklung 2 größer als der der Spulenwicklung 2 selbst ist. Die Kühlplatte 16 ist topfförmige gestaltet und weist folglich eine Vertiefung 18 mit einem Boden 20 auf. In dem Boden 20 ist mittig eine Aussparung 22 eingebracht, deren Querschnitt dem Querschnitt des Kerns 8 entspricht, der darin angeordnet ist. Somit fluchten die Aussparung 6 der Spulenwicklung 2 und die Aussparung 22 der Kühlplatte 16, und der Kern 8 ist thermisch an der Kühlplatte 16 angebunden.

[0031] Der Radius der runden Vertiefung 18 entspricht dem Radius der Spulenwicklung 2, die innerhalb der Vertiefung 18 formschlüssig angeordnet ist. Hierbei ist eine der Deckflächen 24 der Spulenwicklung 2 thermisch an die Kühlplatte 16 angebunden, wobei kein direkter mechanischer Kontakt zwischen der Kühlplatte 16 und der Spulenwicklung 2 vorhanden ist. Die Vertiefung 18 ist nämlich mittels einer elektrisch isolierenden Wärmeleit-

folie 26 ausgekleidet, so dass ein Kurzschluss zwischen der Spulenwicklung 2 und der Kühlplatte 16 auch bei einer defekten oder nicht vollständigen Isolierung des Leiters der Spulenwicklung 2 ausgeschlossen ist.

[0032] Die Drosselspule 4 ist Bestandteil eines Stromrichters, der sich auf einem Schiff im Einsatz befindet. Mittels der Drosselspule 4 werden hochfrequente Anteile innerhalb eines elektrischen Stroms unterdrückt. Bei Betrieb fließt der zu filternde elektrische Strom durch die Spulenwicklung 2, wobei die hochfrequenten Anteile zu einem Anstieg des elektrischen Widerstands aufgrund des entstehenden Magnetfeldes führt. Dieser Effekt wird mittels des Kerns 8 verstärkt. Aufgrund des fließenden elektrischen Stroms steigt die Temperatur der Spulenwicklung 2 an. Diese Wärme wird einerseits über die Wärmeleitfolie 26 an die Kühlplatte 16 und andererseits, in verringertem Maße, über die elektrische Isolierschicht 10 an den Kern abgegeben. Durch das Kühlrohr 14 wird Meerwasser geleitet, dessen Temperatur geringer als die des Kerns 8 ist. Infolgedessen wird die Wärme des Kerns 8 an das Meerwasser abgegeben und somit die Drosselspule 4 effizient gekühlt. Folglich ist es möglich, vergleichsweise große elektrische Ströme mittels der Drosselspule 4 zu leiten, ohne dass eine Beschädigung der Spulenwicklung 2 eintritt.

[0033] In FIG 2 ist eine weitere Ausführungsform der Drosselspule 4 gemäß obiger Darstellung gezeigt. Im Vergleich zu der vorherigen Ausführungsform ist die Spulenwicklung 2 aus einem aus Aluminium gefertigte, isolierten Leiter erstellt. Auch weist der Kern 8 nicht das Kühlrohr 14 auf. Vielmehr ist der Kernkörper 12 aus einem Vollmaterial erstellt und bildet den Kern 8. Die Anbindung der Spulenwicklung 2 an den Kühlkörper 16 erfolgt wiederum über die Wärmeleitfolie 26, wobei zur Befestigung ein thermisch leitender Kleber verwendet ist. Die Form der Kühlplatte 16 entspricht im Wesentlichen der vorherigen Ausführungsform, wobei die Kühlplatte 16 jedoch einen Kühlplattenkörper 28 umfasst, in den ein Kühlrohr 30 gepresst ist. Das gerade verlaufende Kühlrohr 30 ist aus einem Edelstahl gefertigt. Bei Betrieb der in einem Schiff eingesetzten Drosselspule 4 wird Meerwasser durch das Kühlrohr 30 geleitet und infolgedessen Wärme von der Kühlplatte 16 abtransportiert.

[0034] In FIG 3 ist eine dritte Ausführungsform der Drosselspule 4 gezeigt, wobei der Kern 8 der zweiten Ausführungsform und die Kühlplatte 16 der ersten Ausführungsform der Drosselspule 4 entspricht. Die Spulenwicklung 2, die elektrische Isolierschicht und die Wärmeleitfolie 26 sind nicht verändert. Die Kühlplatte 16 selbst ist aus CuNiFe gefertigt. Ferner umfasst die Drosselspule 4 eine weitere Kühlplatte 32, deren Form der ersten Kühlplatte 16 entspricht. So weist auch die zweite Kühlplatte 32 die Vertiefung 18 auf, die mit der Wärmeleitfolie 26 ausgekleidet ist. Die Aussparung 18 weist in Richtung der ersten Kühlplatte 16. Die Spulenwicklung 2 ist zwischen den beiden Kühlplatten 16, 32 formschlüssig angeordnet und mittels einer nicht gezeigten Vergussmasse oder mittels eines Kleber oder eines Thermal Interface

Material an diesen angebunden. Auch das Material der zweiten Kühlplatte 32 entspricht der ersten Kühlplatte 16, und der Kern 8 ragt durch die zweite Kühlplatte 32. Bei Betrieb der Drosselspule 4 werden folglich beide Deckflächen 24 der hohlzylindrischen Spulenwicklung 2 mittels jeweils einer der Kühlplatten 16,32 gekühlt. Aufgrund der Materialwahl für die Kühlplatten 16,32 können diese hierbei von Meerwasser umspült oder durchflossen werden, ohne dass eine Beeinträchtigung oder Zerstörung von Komponenten der Drosselspule 4 erfolgt.

[0035] In FIG 4 ist eine Weiterbildung der in FIG 3 gezeigten Drosselspule 4 gezeigt, die eine zweite Spulenwicklung 34 aufweist, die elektrisch mit der ersten Spulenwicklungen 2 in Reihe geschaltet ist. Die beiden Spulenwicklungen 2,34 sind hierbei gleichartig, unterscheiden sich also nicht, und entsprechen jeweils der in FIG 3 gezeigten Variante. Auch ist die erste Kühlplatte 16 nicht verändert. Die zweite Kühlplatte 32 ist abgewandelt und weist nunmehr zwei Vertiefungen 18 auf, die sich auf gegenüberliegenden Seiten befinden und voneinander weg zeigen. Die Form jeder der Vertiefungen 18 entspricht hierbei der Vertiefung 18 der ersten Kühlplatte 16. In jeder der Vertiefungen 18 der zweiten Kühlplatte 32, die aus einem Edelstahl erstellt ist, ist eine der beiden Spulenwicklungen 2,34 angeordnet, wobei die elektrische Isolierung mittels der Wärmeleitfolie 26 zwischen der ersten Spulenwicklungen 2 und der zweite Kühlplatte 32 weggelassen ist. Die verbleibende Deckfläche der zweiten Spulenwicklung 34 ist an einer dritten Kühlplatte 36 thermisch angebunden, die der Ausführungsform der zweiten Kühlplatte 32 entspricht, die in FIG 3 gezeigt ist. Auch die Anordnung der zweiten Spulenwicklung 34 bezüglich der dritten Kühlplatte 36 entspricht der in FIG 3 dargestellten Anordnung der Spulenwicklung 2 bezüglich der zweiten Kühlplatte 32. Im Vergleich hierzu ist der Kern 8 um im Wesentlichen das Doppelte verlängert und ragt durch die beiden Spulenwicklungen 2,34 sowie alle drei Kühlplatten 16,32,36. Die beiden Spulenwicklungen 2,34 sowie die Kühlplatten 16,32,36 sind miteinander vergossen, was zu einer vergleichsweise stabilen Drosselspule 4 führt.

[0036] In FIG 5 ist gemäß den obigen Darstellungen und in FIG 6 in einer Draufsicht eine weitere Ausführungsform der Drosselspule 4 gezeigt. Die Drosselspule 4 umfasst die Spulenwicklung 2 und die Kühlplatte 16, deren Querschnitt jeweils zu einer Rechteckform abgewandelt ist. Die Verbindung zwischen der Spulenwicklung 2 und der Kühlplatte 16 erfolgt gemäß der in FIG 1 gezeigten Variante. Hierbei ist innerhalb der Aussparung 6 der gemäß der in FIG 2 dargestellten Variante ausgestaltete Kern 8 angeordnet. Ferner umfasst die Drosselspule 4 die zweite Spulenwicklung 34 sowie die zweite Kühlplatte 32. Hierbei ist die zweite Spulenwicklung 34 gleichartig zu der ersten Spulenwicklung 2 und die zweite Kühlplatte 32 gleichartig zur ersten Kühlplatte 16 gefertigt. Auch die Verbindung zwischen den Beiden sowie deren jeweiliger Kern 8 unterscheiden sich nicht. Mit anderen Worten besteht kein Unterschied zwischen dem

Verbund aus dem Kern 8, der Spulenwicklung 2 sowie der Kühlplatte 16 und dem Verbund aus der zweiten Spulenwicklung 34, der zweiten Kühlplatte 32 sowie dem Kern 8 sowie deren jeweiliger dazwischen angeordneter Schichten, wie beispielsweise die Wärmeleitfolie 26.

[0037] Die beiden Kühlplatten 16, 32 liegen in einer Ebene, wobei die jeweils zugeordneten Spulenwicklungen 2, 34 sich auf der gleichen Seite bezüglich dieser Ebene befinden. Hierbei sind die beiden Kühlplatten 16, 32 zueinander beabstandet. Mit anderen Worten berühren sich die beiden Kühlplatten 16,32 sowie die Spulenwicklungen 2, 34 nicht. Die beiden Kerne 8 sind mittels eines quaderförmigen Jochs 38 verbunden, das auf den beiden Kernen 8 aufliegt und aus einem weichmagnetischen Eisen erstellt ist. Hierbei fluchtet das Joch 38 mit den jeweiligen Kanten der hierzu senkrecht angeordneten Kerne 8. Mittels des Jochs 38 ist ein magnetischer Rückschluss zwischen den beiden Kernen 8 erstellt, was die elektrischen Eigenschaften der Drosselspule 4 verbessert.

[0038] In FIG 7 und 8 ist eine weitere Ausführungsform der Drosselspule 4 gemäß FIG 5 bzw. 6 dargestellt. Die Spulenwicklungen 2, 34, die Kerne 8 sowie das Joch 38 sind hierbei unverändert belassen. Im Gegensatz hierzu sind die beiden Kühlplatten 16,32 abgewandelt. Die erste Kühlplatte 16 ist nunmehr nicht quadratisch, sondern rechteckförmig ausgestaltet, wobei der Verlauf im Wesentlichen parallel zu dem Joch 38 ist. In diese Richtung ist die Kühlplatte 16 verlängert, so dass die Kühlplatte 16 die beiden Spulenwicklungen 2, 34 überspannt. Die Kühlplatte 16 weist zwei Vertiefungen 18 auf, innerhalb derer jeweils eine der Spulenwicklungen 2, 34 einliegt und mit einem wärmeleitfähigen Kleber verbunden ist, wobei zwischen diesen jeweils die Wärmeleitfolie 26 angeordnet ist. Senkrecht zum Joch 38 und zu den Kernen 8 ist die Ausdehnung der Kühlplatte 16 verringert. Die Kühlplatte 16 befindet sich in dieser Richtung lediglich auf einer der Seiten der beiden Kerne 8 und die Aussparung 22 ist nicht vorhanden. Auf der gegenüberliegenden Seite der beiden Kerne 8 ist spiegelbildlich zu der Kühlplatte 16 die zweite Kühlplatte 32 angeordnet, die in gleicher Art und Weise wie die erste Kühlplatte 16 ausgestaltet ist. Folglich sind die beiden Spulenwicklungen 2, 34 mit den beiden Kühlplatten 16, 32 in mechanischem Kontakt und thermisch jeweils an diesen angebunden.

[0039] In FIG 9 ist eine weitere Abwandlung der in FIG 5,6 gezeigten Drosselspule 4 in einer Draufsicht dargestellt. Hierbei ist sowohl die erste Kühlplatte 16 als auch die zweite Kühlplatte 32 verändert. Die Kühlplatte 16 ist nunmehr in zwei parallel verlaufende Schenkel 16a, 16b aufgeteilt, die senkrecht zu den Kernen 8 und dem Joch 38 orientiert sind. Die beiden Schenkel 16a, 16b sind in Kontakt mit dem zugeordneten Kern 8 sowie der Spulenwicklung 2. Der der zweiten Spulenwicklung 34 zugeordnete Schenkel 16b fluchtet hierbei im Randbereich mit der zugeordneten Spulenwicklung 2, wohingegen der verbleibende Schenkel 16a übersteht. Die zweite Kühlplatte 32 ist spiegelbildlich zu der weiteren Kühlplatte 16

gefertigt. Mit anderen Worten weist auch die zweite Kühlplatte 32 zwei Schenkel 32a, 32b auf.

[0040] In FIG 10 ist in einer Draufsicht eine letzte Ausführungsform der Drosselspule 4 gezeigt. Die Drosselspule 4 umfasst die hohlzylindrisch ausgestaltete Spulenwicklung 2, deren Grundfläche quadratisch ist. Innerhalb der zentralen Aussparung 6 ist der quaderförmig ausgestaltete Kern 8 mittig angeordnet, wobei der Kern 8 zu der Spulenwicklung 2 beabstandet ist. Der mechanische Kontakt zwischen dem Kern 8 und der Spulenwicklung 2 wird mittels vier Abstandshalter 40 erstellt, deren Querschnitt senkrecht zur Achse der Spulenwicklung 2 jeweils L-förmig ist. Jeder der aus einem Kunststoff gefertigten Abstandshalter 40 ist im Bereich einer der Kanten 42 des Kerns 8 angeordnet, die parallel zur Achse der Spulenwicklung 2 verlaufen. Folglich wird jede dieser Kanten 42 mittels eines der vier Abstandshalter 40 umgriffen, so dass eine Beschädigung der Spulenwicklung 2 aufgrund der vergleichsweise scharfen Kanten 42 des Kerns 8 ausgeschlossen ist. Zwischen jeweils zwei benachbarten Abstandshaltern 42 ist jeweils eine erste Kühlplatte 16 angeordnet, die quaderförmig ausgestaltet und parallel zur Achse der Spulenwicklung 2 orientiert ist. Die aus Kupfer erstellten ersten Kühlplatten 16 sind in direktem mechanischem Kontakt mit dem Kern 8 und mittels einer hier nicht gezeigten wärmeleitfähigen Schicht elektrisch gegenüber der Spulenwicklung 2 isoliert. Jede der ersten Kühlplatte 16 weist zwei Kühlrohre 30 aus Edelstahl sowie einen Körper aus Kupfer auf, wobei die Kühlrohre 30 innerhalb des jeweiligen Körpers angeordnet und mit diesem verpresst sind. Bei Betrieb der Drosselspule 4 wird durch die ebenfalls parallel zur Achse der Spulenwicklung 2 verlaufende Kühlrohre 30 Meerwasser gepumpt und auf diese Weise Wärme von der Drosselspule 4 abgeführt.

[0041] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen beschriebene Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Drosselspule (4) eines Stromrichters, mit einer hohlzylindrischen Spulenwicklung (2), an deren Deckfläche (24) eine Kühlplatte (16) thermisch angebunden ist.
2. Drosselspule (4) nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen im Inneren der Spulenwicklung (2) angeordneten Kern (8), der insbesondere einen runden Querschnitt aufweist.

3. Drosselspule (4) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kern (8) ein Kühlrohr (14) aufweist, das insbesondere aus einem Edelstahl oder CuNiFe gefertigt ist.
4. Drosselspule (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der Kühlplatte (16) größer als der Querschnitt der Spulenwicklung (2) ist, wobei die Kühlplatte (16) eine zu dem Querschnitt der Spulenwicklung (2) korrespondierende Vertiefung (18) aufweist, innerhalb derer die Spulenwicklung (2) zumindest teilweise, insbesondere formschlüssig, angeordnet ist, und/oder dass zwischen der Kühlplatte (16) und der Spulenwicklung (2) eine Wärmeleitfolie (26) angeordnet ist.
5. Drosselspule (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (16) aus einem Aluminium, Kupfer, Edelstahl oder CuNiFe gefertigt ist und/oder ein Kühlrohr (30) aufweist, das insbesondere aus einem Edelstahl oder CuNiFe gefertigt ist.
6. Drosselspule (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (16) mit der Spulenwicklung (2) vergossen oder mittels eines thermisch leitenden Klebers verbunden ist.
7. Drosselspule (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** eine zweite Kühlplatte (32), die thermisch an der Spulenwicklung (2) angebunden ist, wobei die Spulenwicklung (2) zwischen den beiden Kühlplatten (16, 32) angeordnet ist.
8. Drosselspule (4) nach Anspruch 7, **gekennzeichnet durch** eine zweite hohlzylindrische Spulenwicklung (34), wobei die zweite Kühlplatte (32) zwischen den beiden Spulenwicklungen (2, 34) angeordnet ist, die elektrisch miteinander kontaktiert sind.
9. Drosselspule (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** eine zweite hohlzylindrische Spulenwicklung (34), deren Deckfläche (24) an der Kühlplatte (32) thermisch angebunden ist, wobei die beiden Spulenwicklungen (2, 34) insbesondere auf der gleichen Seite der Kühlplatte (16) angeordnet sind.
10. Drosselspule (4) eines Stromrichters, mit einer hohlzylindrischen Spulenwicklung (2), innerhalb derer ein quaderförmiger Kern (8) angeordnet ist, wobei zwischen der Spulenwicklung (2) und den Kanten (42) des Kerns (8) L-förmige Abstandshalter (40) angeordnet sind, und wobei zwischen zweien der Abstandshalter (40) eine Kühlplatte (16) mit einem aus Edelstahl oder CuNiFe gefertigten Kühlrohr (30) angeordnet ist.

FIG 1

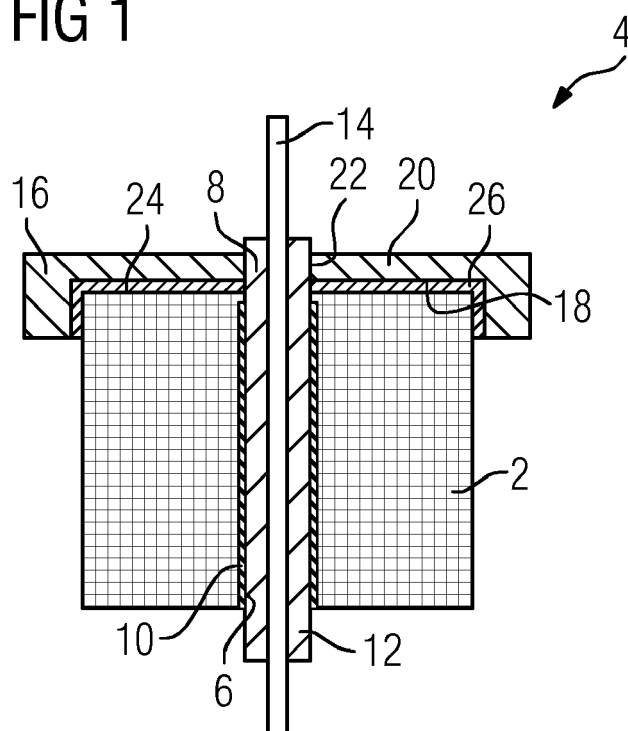


FIG 2

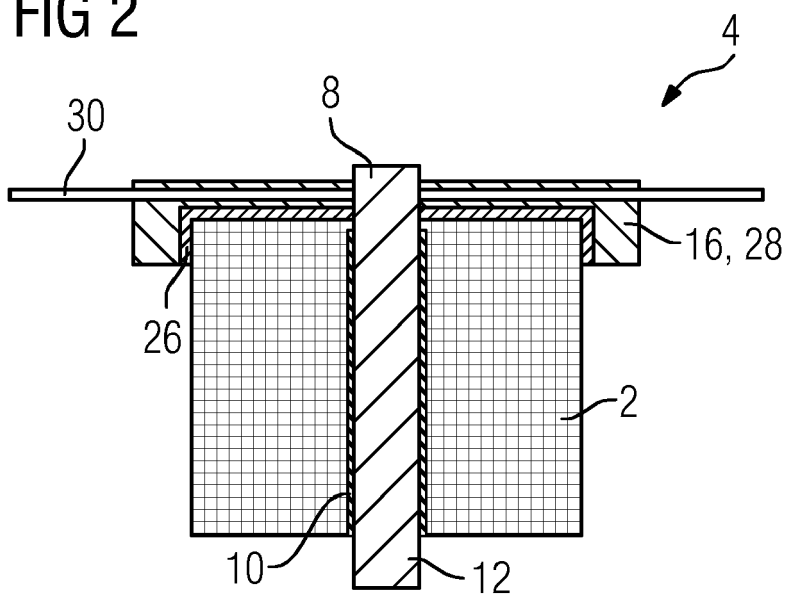


FIG 3

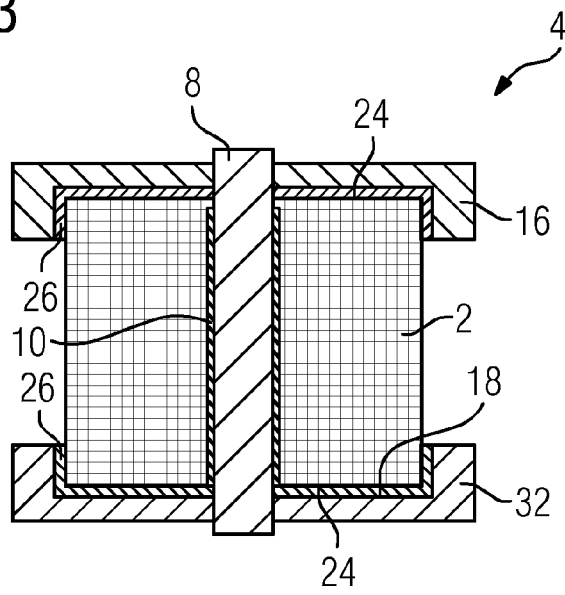


FIG 4

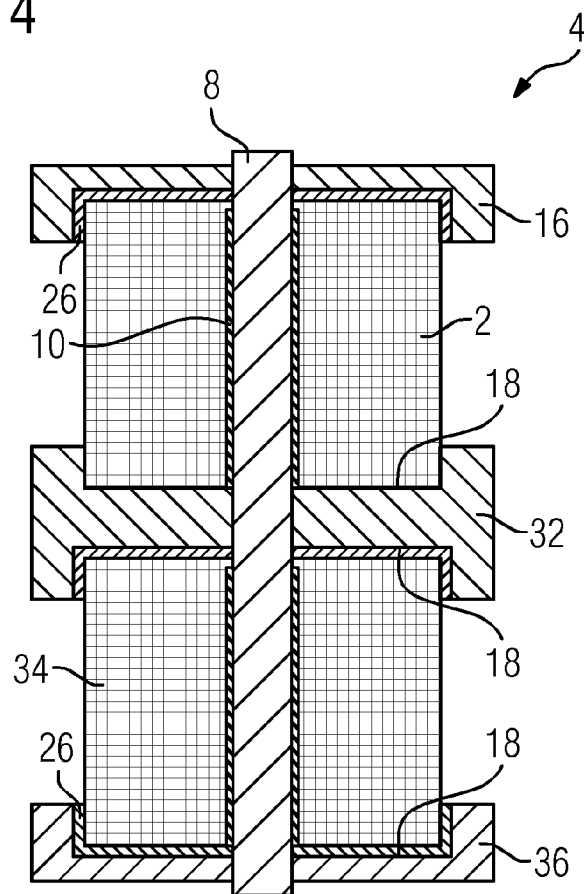


FIG 5

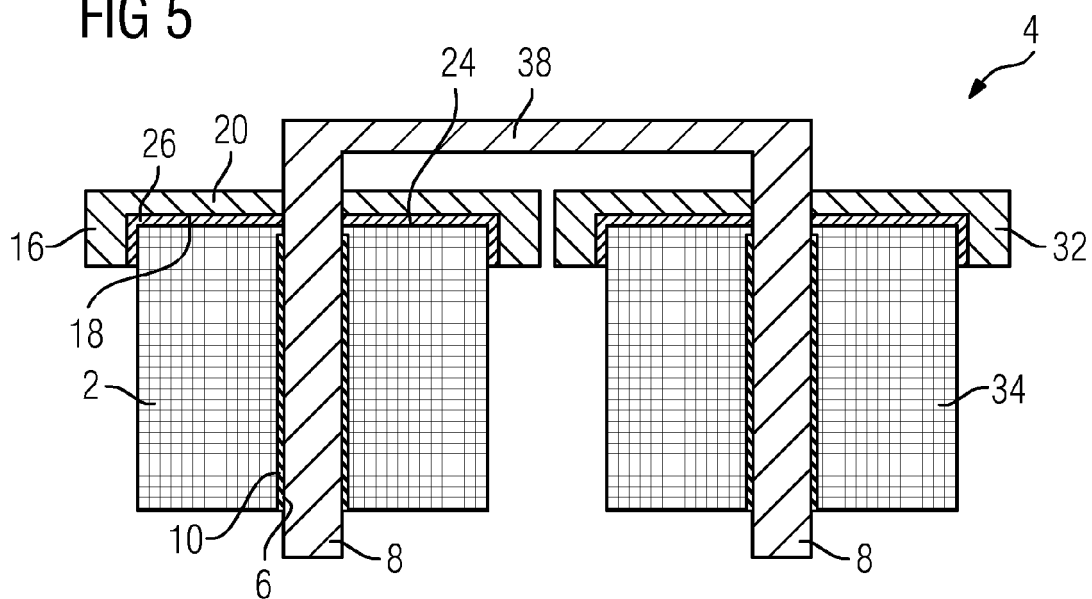


FIG 6

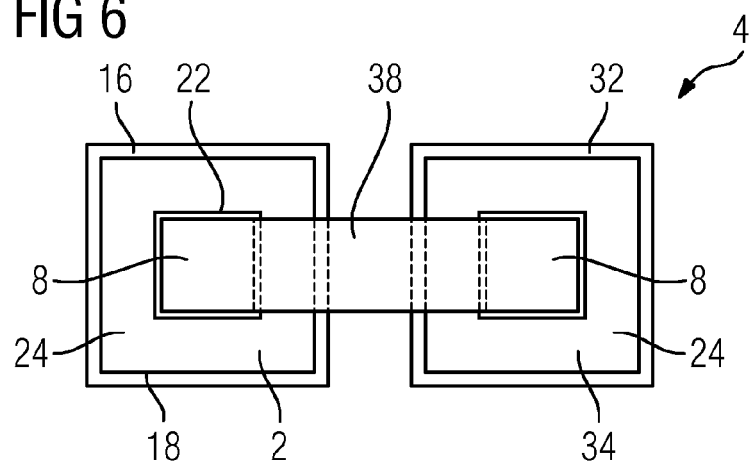


FIG 7

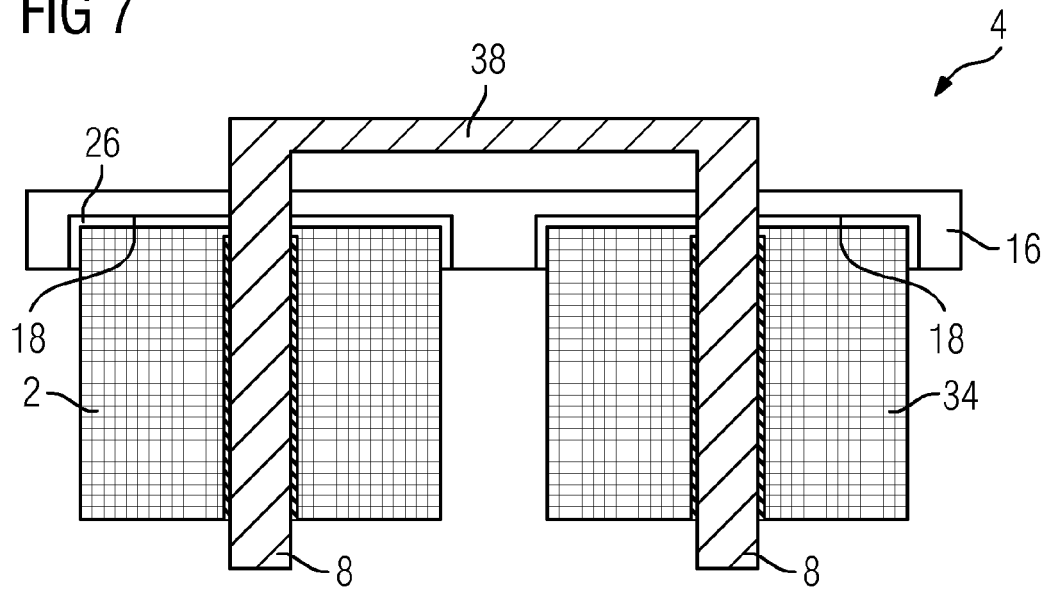


FIG 8

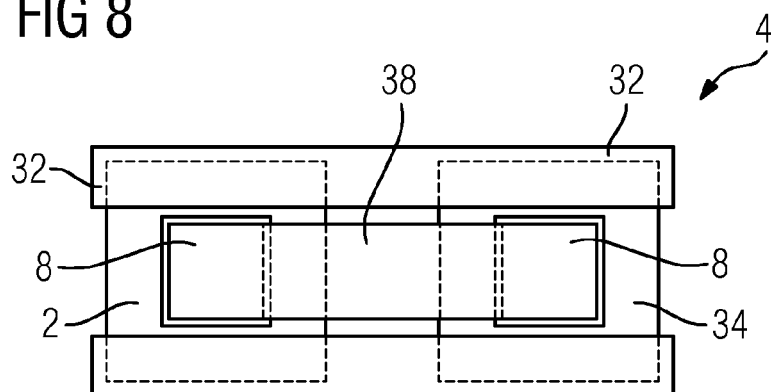


FIG 9

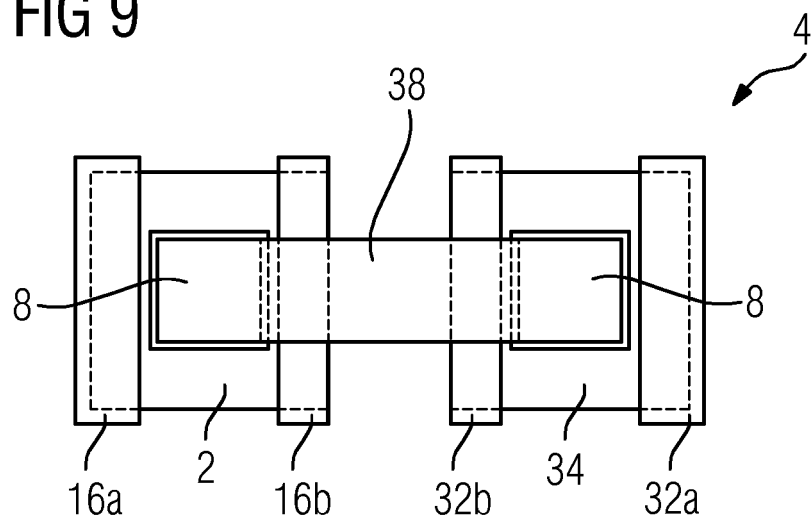
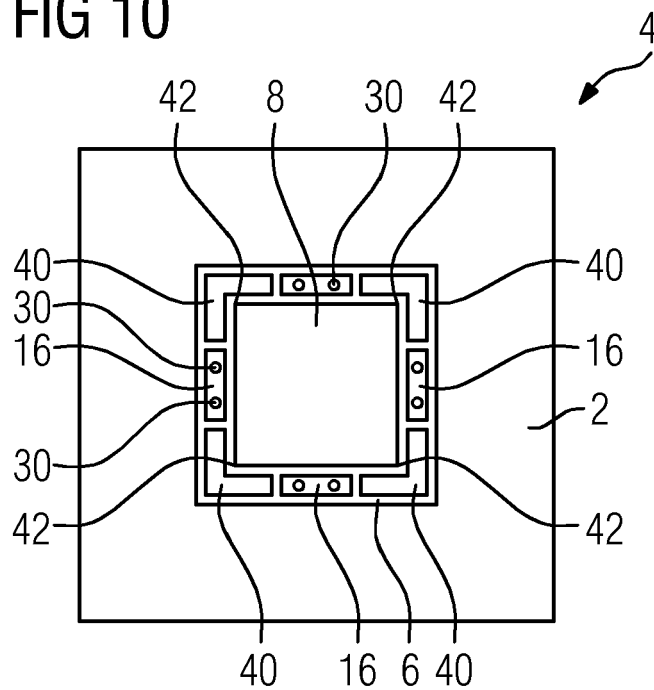


FIG 10





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 14 17 7832

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 20 2014 001945 U1 (VACON OYJ [FI]) 20. März 2014 (2014-03-20) * Zusammenfassung; Abbildung 4 * * Absatz [0003] * * Absatz [0021] *	1-9	INV. H01F27/10 H01F27/22
X	DE 10 2009 030067 A1 (MDEXX GMBH [DE]) 5. Januar 2011 (2011-01-05) * Absatz [0060]; Abbildung 1 * * Absatz [0062] *	10	
X	DE 10 2009 030068 A1 (MDEXX GMBH [DE]) 30. Dezember 2010 (2010-12-30) * Zusammenfassung; Abbildung 10 *	10	
A	WO 2011/004068 A1 (SALOMAEKI JARKKO [FI]) 13. Januar 2011 (2011-01-13) * Seite 13, Zeile 20 - Zeile 23; Abbildung 1 *	3	
A	US 2008/017354 A1 (NEAL GRIFFITH D [US]) 24. Januar 2008 (2008-01-24) * Absatz [0102]; Abbildung 16 *	3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	EP 2 463 871 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 13. Juni 2012 (2012-06-13) * Abbildungen 2-4 * * Absatz [0028] *	1-9	H01F
A	US 2007/295715 A1 (SAKA KENJI [JP] ET AL) 27. Dezember 2007 (2007-12-27) * Abbildungen 5,6 *	1	
A	FR 2 954 573 A1 (THALES SA [FR]) 24. Juni 2011 (2011-06-24) * Abbildung 3 *	1-9	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Januar 2015	Prüfer Rouzier, Brice
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 17 7832

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 049 382 A1 (TRANSFORMATOREN UNION AG [DE]) 14. April 1982 (1982-04-14) * Abbildung 1 *	1	
A	DE 94 06 996 U1 (VACUUMSCHMELZE GMBH [DE]) 30. Juni 1994 (1994-06-30) * Abbildung 1 *	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Januar 2015	Prüfer Rouzier, Brice
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 14 17 7832

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

21-01-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202014001945 U1	20-03-2014	DE 202014001945 U1	20-03-2014
		DK 201400043 U3	27-06-2014
		FI 10515 U1	13-06-2014
		FR 3003390 A3	19-09-2014
DE 102009030067 A1	05-01-2011	DE 102009030067 A1	05-01-2011
		WO 2010149673 A1	29-12-2010
DE 102009030068 A1	30-12-2010	DE 102009030068 A1	30-12-2010
		WO 2010149671 A1	29-12-2010
WO 2011004068 A1	13-01-2011	CN 102473507 A	23-05-2012
		EP 2452347 A1	16-05-2012
		FI 20105397 A	08-01-2011
		US 2012139683 A1	07-06-2012
		WO 2011004068 A1	13-01-2011
US 2008017354 A1	24-01-2008	KEINE	
EP 2463871 A1	13-06-2012	BR PI1105631 A2	16-04-2013
		CN 102543372 A	04-07-2012
		EP 2463871 A1	13-06-2012
		US 2012139682 A1	07-06-2012
US 2007295715 A1	27-12-2007	JP 4921154 B2	25-04-2012
		JP 2007335833 A	27-12-2007
		US 2007295715 A1	27-12-2007
FR 2954573 A1	24-06-2011	KEINE	
EP 0049382 A1	14-04-1982	DE 3036230 A1	06-05-1982
		EP 0049382 A1	14-04-1982
		PT 73723 A	01-10-1981
DE 9406996 U1	30-06-1994	KEINE	

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0465700 B1 [0003]