



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.02.2018 Patentblatt 2018/09

(51) Int Cl.:
H01F 27/10 (2006.01) **H01F 27/28** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16185586.1**

(22) Anmeldetag: **25.08.2016**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

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

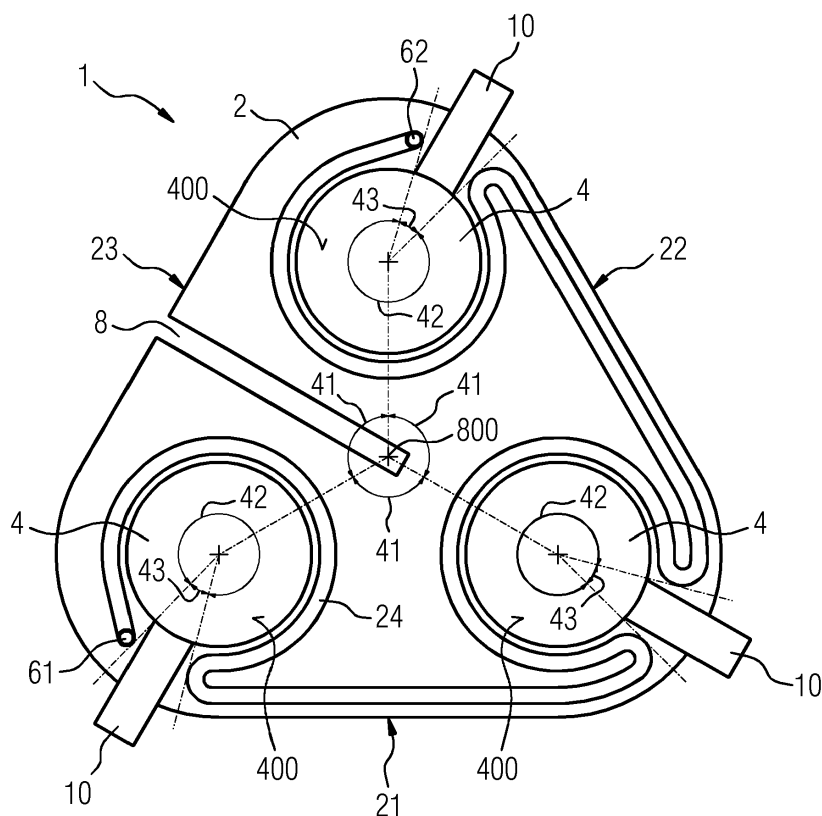
(72) Erfinder:
• **Hoffmann, Ingolf**
91074 Herzogenaurach (DE)
• **Ippisch, Stephan**
91054 Erlangen (DE)

(54) **SPULENVORRICHTUNG**

(57) Es wird eine Spulenvorrichtung (1) für einen Stromrichter vorgeschlagen, die eine Kühlplatte (2) und eine Mehrzahl N von Spulenwicklungen (4) umfasst, wobei die Kühlplatte (2) mit wenigstens einer Stirnseite (400) einer der Spulenwicklungen (4) thermisch gekoppelt ist.

Erfindungsgemäß sind die Spulenwicklungen (4) räumlich um einen Winkel (41) von $2\pi/N$ versetzt zueinander angeordnet, und die Kühlplatte (2) weist einen Kühlkanal (24) auf, der sich wenigstens teilweise um jede der N Spulenwicklungen (4) erstreckt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spulenvorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Aus dem Stand der Technik ist eine Mehrzahl von Spulenvorrichtungen, beispielsweise Drosselspulen, die aus mehreren Lagen eines isolierten Leiters gewickelt werden, bekannt. Aufgrund der elektrischen Beanspruchung einer Spulenvorrichtung treten thermische Verluste, beispielsweise innerhalb der Wicklungen der Spulenvorrichtung oder in ihrem Spulenkern, der beispielsweise aus Eisen gebildet ist, auf. Typischerweise werden die einzelnen Wicklungen der Spulenvorrichtung durch die Einbringung eines Isolationsmaterials elektrisch voneinander isoliert. Hierbei ist eine ausreichend gute Entwärmung der Spulenvorrichtung sicherzustellen. Eine bevorzugte Entwärmung oder Kühlung der Spulenvorrichtung beziehungsweise ihrer Wicklungslagen ist kontaktdimensioniert, sodass der vorgegebene Bauraum möglichst optimal ausgenutzt werden kann. Hierzu wird beispielsweise eine Kühlplatte in die Spulenvorrichtung eingebracht, die insbesondere gegenüber einem Joch einer Wicklung der Spulenvorrichtung elektrisch isoliert werden muss. Die Einbringung einer Kühlplatte, insbesondere einer metallischen Kühlplatte, innerhalb der Spulenvorrichtung hat jedoch den Nachteil, dass aufgrund der auftretenden Magnetfelder elektrische Ströme in dieser induziert werden, die zu Verlusten führen (ohmsche Verluste durch Wirbelströme).

[0003] Weiterhin sind aus dem Stand der Technik Wasserkühlungen bekannt, die insbesondere für Drosselspulen verwendet werden, und auf einer Einbringung von metallischen Kühlkörpern in die Spulenvorrichtung basieren.

[0004] Aus dem Stand der Technik sind Hohlleiter bekannt, die für die Wicklungen der Spulenvorrichtung eingesetzt werden. Durch die Hohlleiter kann ein Kühlmittel geführt werden, das die Spulenvorrichtung entwärmt.

[0005] Aus der DE 10 2012 217 607 A1 sind Kühltaschen aus Kunststoff mit einer Y-Struktur bekannt, die in die Spulenvorrichtung oder einer ihrer Wicklungen eingebracht werden kann. Um die thermische Leitfähigkeit zwischen den Wicklungen der Spulenvorrichtung und der genannten Y-Struktur zu erhöhen, werden diese wenigstens zum Teil in einem Harz eingebettet, sodass Lufteinschlüsse vermindert oder bestenfalls verhindert werden können. Weiterhin ist es bekannt Spulenvorrichtungen, insbesondere Drosselspulen, vollständig zu vergießen, sodass eine verbesserte interne thermische Leitfähigkeit erreicht wird.

[0006] Aus der EP 2977996 A1 ist eine Drosselspule eines Stromrichters bekannt, die eine hohlzylindrische Spulenwicklung aufweist an deren Deckfläche eine Kühlplatte thermisch angebunden ist. Hierbei besteht der Nachteil, dass sich innerhalb der Kühlplatte Wirbelströme ausbilden, die zu Verlusten führen. Weiterhin hat sich herausgestellt, dass eine Kühlung der Kühlplatte zu ihrer Entwärmung technisch schwierig ist.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Spulenvorrichtung mit einer verbesserten Kühlung bereitzustellen.

[0008] Die Aufgabe wird durch eine Spulenvorrichtung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruches 1 gelöst. In den abhängigen Patentansprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung angegeben.

[0009] Die erfindungsgemäße Spulenvorrichtung für einen Stromrichter, umfasst eine Kühlplatte und eine Mehrzahl N von Spulenwicklungen, wobei die Kühlplatte mit wenigstens einer Stirnseite einer der Spulenwicklungen thermisch gekoppelt ist. Erfindungsgemäß sind die Spulenwicklungen räumlich um einen Winkel von $2\pi/N$ ($= 360^\circ/N$) versetzt zueinander angeordnet und die Kühlplatte weist einen Kühlkanal auf, der sich wenigstens teilweise um jede der Spulenwicklungen erstreckt.

[0010] Mit anderen Worten weist die Spulenvorrichtung wenigstens zwei Spulenwicklungen auf. Hierbei erstreckt sich der Kühlkanal um jede der zwei Spulenwicklungen. Dadurch wird vorteilhafterweise eine verbesserte Entwärmung der Spulenwicklungen sichergestellt. Hierbei ist besonders die Stirnseite der Spulenwicklung bevorzugt, da diese typischerweise eine ausreichend große Fläche aufweist und somit besonders gut für die Entwärmung der Spulenwicklungen geeignet ist.

[0011] Durch den erfindungsgemäßen symmetrischen Aufbau der Spulenvorrichtung, der durch die räumliche Anordnung der Spulenwicklungen in einem Winkel von $2\pi/N$ gegeben ist, ergibt sich eine elektromagnetisch vorteilhafte Anordnung, die insbesondere auch für die Kühlung der Spulenvorrichtung besonders bevorzugt ist.

[0012] Die Kühlplatte sowie ihr Kühlkanal können beispielsweise mittels eines regenerativen Verfahrens, insbesondere eines 3D-Drucks, gefertigt sein. Weiterhin ist der Kühlkanal dazu geeignet ein Kühlmittel, beispielsweise Wasser, insbesondere ein Fluorketon, zur Kühlung oder Entwärmung der Spulenvorrichtung aufzunehmen. Besonders bevorzugt ist das für die Kühlung vorgesehene Kühlmittel elektrisch nicht leitend. Dadurch können vorteilhafterweise Wirbelströme innerhalb der Kühlplatte verringert werden.

[0013] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung ist, dass alle Spulenwicklungen der Spulenvorrichtung mittels eines gemeinsamen Kühlkanals entwärmt werden. Hierbei erstreckt sich erfindungsgemäß der Kühlkanal wenigstens teilweise um jede der Spulenwicklungen. Dadurch lässt sich eine mechanisch vorteilhafte und kompakte Bauweise der Spulenvorrichtung erreichen. Weiterhin wird durch die Kühlplatte die mechanische Stabilität der Spulenvorrichtung verbessert. Beispielsweise kann die Spulenvorrichtung mittels der Kühlplatte oder mittels einer Mehrzahl von Kühlplatten verpresst werden, sodass sich das Gewicht der erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung verringert und zusätzlich Bauraum eingespart werden kann.

[0014] Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfasst die Spulenvorrichtung ge-

nau drei Spulenwicklungen.

[0015] Dadurch wird eine besonders bevorzugte symmetrische Ausgestaltung der Spulenvorrichtung bereitgestellt. Insbesondere entsprechen die drei Spulenwicklungen den drei bekannten Phasen des Drei-Phasen-Wechselstromes. Mit anderen Worten ist für jede Phase des Drei-Phasen-Wechselstromes eine Spulenvorrichtung vorgesehen. Die erfindungsgemäße Spulenvorrichtung kann somit für einen Stromrichter, insbesondere einen Umrichter, vorgesehen sein.

[0016] Weiterhin erfolgt hierbei die Erstreckung des Kühlkanals derart, dass dieser sich möglichst lange und möglichst nahe um die Spulenwicklungen erstreckt. Dadurch wird vorteilhafterweise die Entwärmung der Spulenvorrichtung mittels der Kühlplatte verbessert.

[0017] Besonders bevorzugt ist es hierbei, wenn sich der Kühlkanal über einen Winkel von wenigstens $5\pi/3$ ($=300^\circ$), insbesondere von $11\pi/6$ ($=330^\circ$), besonders bevorzugt von 2π ($=360^\circ$), um die jeweilige Spulenwicklung erstreckt.

[0018] Mit anderen Worten ergibt sich bevorzugt ein Winkelbereich von höchstens $\pi/3$ ($=60^\circ$), insbesondere von höchstens $\pi/6$ ($=30^\circ$), um die Spulenwicklung, in welchem der Kühlkanal diese nicht umschließt. Vorteilhafterweise wird dadurch die Entwärmung der Spulenvorrichtung, insbesondere ihrer Spulenwicklungen, weiter verbessert.

[0019] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Querschnitt des Kühlkanals im Bereich der Spulenwicklung vergrößert.

[0020] Durch den vergrößerten Querschnitt des Kühlkanals im Bereich der Spulenwicklung kann vorteilhafterweise mehr Wärme von den Spulenwicklungen abgeführt werden. Insgesamt wird dadurch die Entwärmung der Spulenvorrichtung beziehungsweise der Spulenwicklungen weiter verbessert.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Kühlplatte dreiecksartig oder dreiecksförmig ausgebildet.

[0022] Vorteilhafterweise ergibt sich dadurch eine symmetrische Ausgestaltung der Kühlplatte, die besonders für genau drei Spulenwicklungen von Vorteil ist. Somit ist die geometrische Form beziehungsweise die geometrische Ausgestaltung der Kühlplatte an genau drei Spulenwicklungen angepasst. Dadurch kann vorteilhafterweise Bauraum eingespart werden. Insbesondere ist es hierbei vorgesehen, dass die Ecken der dreiecksartigen oder dreiecksförmigen ausgebildeten Kühlplatte abgerundet sind, sodass weiterer Bauraum eingespart werden kann.

[0023] Hierbei ist es besonders bevorzugt, wenn die Kühlplatte drei Seitenränder aufweist, wobei sich der Kühlkanal entlang zwei Seitenrändern der drei Seitenränder erstreckt.

[0024] Dadurch wird vorteilhafterweise die Wärme über wenigstens zwei der Seitenränder an die Umgebung der Kühlplatte abgegeben. An dem weiteren Seitenrand, an welchem sich der Kühlkanal nicht erstreckt,

können vorteilhafterweise der Vorlauf und der Rücklauf für den Kühlkanal und/oder weitere mechanische, elektrische, thermische und/oder fluidische Anschlüsse für die Spulenvorrichtung vorgesehen sein.

5 **[0025]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist die Kühlplatte wenigstens eine Aussparung, insbesondere einen Schlitz, auf.

10 **[0026]** Vorteilhafterweise können dadurch das Auftreten von Wirbelströmen und deren Auswirkungen verringert werden. Hierdurch wird vorteilhafterweise die Entwärmung der Spulenvorrichtung sowie der Kühlplatte verbessert. Weiterhin wird die Effizienz einer elektrischen Maschine, die beispielsweise die Spulenvorrichtung umfasst, verbessert.

15 **[0027]** Hierbei ist es besonders bevorzugt, wenn die Aussparung sternförmig oder sternförmig ausgebildet ist.

20 **[0028]** Dadurch wird eine besonders vorteilhafte Verminderung von Wirbelströmen innerhalb der Kühlplatte erreicht.

25 **[0029]** Weiterhin ist es hierbei bevorzugt, wenn die Aussparung aus einer Mehrzahl von Schlitzten gebildet ist, wobei sich die Schlitzte, ausgehend von einem gemeinsamen Zentrum, sternförmig in verschiedene Richtungen erstrecken.

[0030] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung erstreckt sich hierbei der Kühlkanal laschenartig zwischen den Schlitzten.

30 **[0031]** Vorteilhafterweise wird dadurch die Entwärmung der Kühlplatte verbessert sowie eine Verminderung von Wirbelströmen erreicht. Das ist deshalb der Fall, da durch die laschenartige Erstreckung des Kühlkanals seine Länge vergrößert und somit mehr Wärme übertragen werden kann.

35 **[0032]** In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Kühlplatte an Wicklungskernen der Spulenwicklungen angeordnet, wobei eine den Wicklungskernen zugewandte Seitenfläche der Kühlplatte eine elektrisch isolierende Schicht oder Beschichtung aufweist.

40 **[0033]** Mit anderen Worten ist die Kühlplatte wenigstens zweiteilig aufgebaut. Der erste Teil der Kühlplatte, der den Kühlkanal umfasst, ist beispielsweise aus Aluminium und/oder Kupfer, das heißt einem metallischen und gut wärmeleitenden Material gebildet. Ein zweiter Teil der Kühlplatte ist mittels der elektrisch isolierenden Schicht beziehungsweise Beschichtung gebildet. Hierzu ist es von Vorteil Noryl und/oder Ryton für die elektrisch isolierende Schicht oder die Beschichtung vorzusehen.

45 **[0034]** Weiterhin kann für die elektrisch isolierende Schicht ein elektrisch isolierendes Thermal-Interface-Material (TIM) vorgesehen sein. Zudem ist die Verwendung von wenigwasseraufnehmenden Kunststoffen, insbesondere von PPS oder einer Keramik, beispielsweise Aluminiumnitrit, von Vorteil. Dadurch wird insgesamt ein

kosteneffizienter Aufbau der Spulenvorrichtung ermöglicht, bei dem die Führung eines Kühlmittels im metallischen Teil der Kühlplatte (erster Teil) angeordnet ist und die elektrisch isolierenden Bauteile der Kühlplatte, das heißt die elektrisch isolierende Schicht, durch einfache Abschlussplatten ohne Kontaktierung und Konturierung ausgebildet sind.

[0035] Hierbei ist es bevorzugt wenn, beispielsweise wie vorstehend ausgeführt, eine dem Wicklungskern abgewandte Seitenfläche der Kühlplatte eine elektrisch isolierende Schicht oder Beschichtung aufweist.

[0036] Dadurch können die Wicklungskerne sowie die Spulenwicklungen der Spulenvorrichtung gegenüber einem Joch, insbesondere einem Eisenjoch, isoliert werden.

[0037] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Kühlplatte aus Aluminium, Kupfer, Edelstahl oder Kupfernickelferrit oder einer Mischung hieraus gebildet.

[0038] Hierbei kann die Kühlplatte weitere Materialien oder Stoffe umfassen, beispielsweise Kunststoffe, insbesondere PPS oder eine Keramik, beispielsweise Aluminiumnitrid. Die genannten metallischen Werkstoffe, das heißt Aluminium, Kupfer, Edelstahl oder Kupfernickelferrit weisen vorteilhafterweise eine hohe Wärmeleitfähigkeit auf, sodass die thermische Entwärmung der Spulenvorrichtung beziehungsweise der Kühlplatte verbessert wird.

[0039] In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist jede der Spulenwicklungen ein Kontaktierungselement zur elektrischen Kontaktierung auf, wobei jedes der Kontaktierungselemente wenigstens teilweise vom Kühlkanal umgeben ist.

[0040] Vorteilhafterweise wird dadurch die Entwärmung der Spulenvorrichtung sowie der Kühlplatte weiter verbessert. Insbesondere werden hierdurch die Kontaktierungselemente ebenso durch den Kühlkanal, der diese wenigstens teilweise umgibt, wenigstens teilweise entwärmt.

[0041] Bevorzugt sind die Kontaktierungselemente hierbei als Kupferlaschen, insbesondere als gebogene Kupferlaschen, ausgebildet.

[0042] Vorteilhafterweise wird dadurch die elektrische Kontaktierung der Spulenvorrichtung verbessert sowie die thermische Leitfähigkeit der Kontaktierungselemente erhöht.

[0043] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen sowie anhand der Zeichnungen. Dabei zeigen schematisiert:

Figur 1 eine schematische Draufsicht einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung mit einer dreiecksartigen Kühlplatte;

Figur 2 eine weitere schematische Draufsicht einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung, wobei eine Kühlplatte der Spulenvorrichtung T-

förmig ausgebildet ist;

Figur 3 eine weitere Draufsicht einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung, wobei hierbei die Kühlplatte sternförmig ausgebildet ist;

Figur 4 eine seitliche Darstellung einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung.

[0044] Gleichartige, gleichwertige oder gleichwirkende Elemente können in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen sein.

[0045] In Figur 1 ist eine schematische Draufsicht der erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung 1 dargestellt. Hierbei umfasst die Spulenvorrichtung 1 eine Kühlplatte 2, die einen Kühlkanal 24 aufweist. Der Kühlkanal 24 ist zur Führung eines Kühlmittels, beispielsweise von Wasser oder eines Fluids, das insbesondere ein Fluorketon umfasst, ausgebildet und vorgesehen. Hierzu weist der Kühlkanal 24 einen Vorlauf 61 sowie einen Rücklauf 62 auf.

[0046] Die Kühlplatte 2 der Spulenvorrichtung 1 ist dreiecksartig ausgebildet. Hierbei weist die Kühlplatte 2 drei Seitenränder 21, 22, 23 auf, die die Seiten eines gedachten gleichschenkligen Dreieckes ausbilden. Die Ecken des gedachten gleichschenkligen Dreieckes sind hierbei abgerundet, sodass Bauraum eingespart wird. Zudem können durch die abgerundeten Ecken Wirbelströme innerhalb der Kühlplatte 2 verringert werden.

[0047] Zur weiteren Verringerung von Wirbelströmen ist eine Aussparung 8, die als Schlitz ausgebildet ist, vorgesehen. Hierbei erstreckt sich der Schlitz 8, der länglich ausgebildet ist, von einem Zentrum 800 der Kühlplatte 2, insbesondere einem Symmetriezentrum der Kühlplatte 2, zum dritten Seitenrand 23 der Kühlplatte 2. Weiterhin liegt die Aussparung 8 zwischen zwei Abschnitten des Kühlkanals 24.

[0048] Die Spulenvorrichtung 1 weist drei Spulenwicklungen 4 auf, die in der dargestellten Figur in ihrem Querschnitt kreisförmig ausgebildet sind. Weiterhin weisen die Spulenwicklungen 4 eine Stirnseite 400 auf, die beispielsweise durch eine Stirnseite eines Wicklungskerns, der der jeweiligen Spulenwicklung 4 zugeordnet ist, ausgebildet ist.

[0049] Die Spulenwicklungen 4 sind symmetrisch zueinander angeordnet. Hierbei weisen die Spulenwicklungen 4 einen Winkel 41 von $2\pi/3$ ($=120^\circ$) zueinander auf. Mit anderen Worten sind die Spulenwicklungen 4 räumlich um den Winkel 41 von $2\pi/3$ versetzt zueinander angeordnet. Hierbei bezieht sich der Winkel 41 auf das gemeinsame Zentrum 800. Mit anderen Worten sind die Spulenwicklungen 4 im Wesentlichen im Bereich der abgerundeten Ecken der dreiecksartigen Kühlplatte 2 angeordnet.

[0050] Der Kühlkanal 24 erstreckt sich wenigstens teilweise entlang der Spulenwicklungen 4. Bevorzugt erstreckt sich der Kühlkanal 24 annähernd vollständig entlang der Spulenwicklungen 4. Mit anderen Worten sind

die Spulenwicklungen 4 bis auf einen Winkel 43 von dem Kühlkanal 24 umgeben. Entsprechend dem Winkel 43 erstreckt sich der Kühlkanal wenigstens über einen Winkel 42 von wenigstens $5\pi/3$, insbesondere von wenigstens $11\pi/3$, besonders bevorzugt von 2π um die jeweilige Spulenwicklung 4. Der Winkel 43 führt zu einer Aussparung eines Winkelbereiches der Spulenwicklung 4, der nicht von dem Kühlkanal 24 umgeben ist und dem Winkel 43 entspricht. Mit anderen Worten weist eine aus dem Winkel 42 und dem Winkel 43 gebildete Winkelsumme den Wert 2π auf. Der Winkelbereich, der dem Winkel 43 entspricht, kann für eine elektrische Kontaktierung mittels Kontaktierungselementen 10, insbesondere mittels einer gebogenen Kupferlasche, vorgesehen sein.

[0051] Durch den Verlauf des Kühlkanals 24 wird vorteilhafterweise eine bevorzugte Entwärmung der Spulenvorrichtungen 4 mittels der Kühlplatte 2 ermöglicht. Zudem wird durch die Kühlplatte 2 die mechanische Stabilität der Spulenvorrichtung 1 erhöht und verbessert. Weiterhin kann durch ein Zusammendrücken der Spulenvorrichtung 1, beispielsweise mittels der Kühlplatte 2, Bauraum und Gewicht eingespart werden. Mit anderen Worten wird durch die Kühlplatte 2 eine Verpressung der Spulenvorrichtung 1 ermöglicht. Zudem wird die genannte Verpressung der Kühlplatte 2 mit den Stirnseiten 400 der Spulenvorrichtungen 4 erleichtert.

[0052] Figur 2 zeigt eine Draufsicht einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung 1, die vergleichbar mit der in Figur 1 dargestellten Spulenvorrichtung ist. Mit anderen Worten kann das unter Figur 1 Gesagte auf Figur 2 angewandt und übertragen werden.

[0053] Die Spulenvorrichtung 1 in Figur 2 weist eine T-artige oder T-förmige Kühlplatte 2 auf. Zudem zeigt Figur 2 eine komplexere Anordnung und Erstreckung des Kühlkanals 24. Dieser erstreckt sich mäanderartig innerhalb der Kühlplatte 2 um die Spulenvorrichtungen 4. Ein Vorteil der mäanderartigen Anordnung des Kühlkanal 24 ist, dass dadurch die Entwärmung der Kühlplatte 2 und somit der Spulenvorrichtung 1 verbessert wird. Zudem können der Vorlauf 61 sowie der Rücklauf 62 des Kühlkanals 24 in einem gemeinsamen Bereich der Kühlplatte 2 angeordnet werden, sodass deren fluidische Kontaktierung vereinfacht wird.

[0054] Wie bereits in Figur 1 weist die Spulenvorrichtung in Figur 2 eine Aussparung 8 auf, die sich von einem Zentrum 800 radial nach außen erstreckt. Hierbei ist eine kreisförmige Aussparung innerhalb des Zentrums 800 vorgesehen. Dadurch wird ein Aufstecken der Kühlplatte 2 auf eine gemeinsame Achse, die zur Anordnung der Spulenvorrichtungen 4 vorgesehen ist, ermöglicht. Weiterhin wird dadurch eine Verpressung der Kühlplatte 2 mit den Stirnseiten 400 der Spulenvorrichtungen 4 erleichtert.

[0055] In Figur 3 ist eine weitere Draufsicht einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung 1 dargestellt. Hierbei zeigt Figur 3 im Wesentlichen die gleichen Elemente wie bereits Figur 1 und/oder Figur 2.

[0056] Figur 3 weist im Unterschied zu den Figuren 1

und/oder 2 eine sternenförmig oder sternförmig ausgebildete Kühlplatte 2 auf. Vorteilhafterweise kann dadurch weiterer Bauraum eingespart werden. Die Kühlplatte 2 weist wiederum einen Kühlkanal 24 auf, der sich wenigstens teilweise um die Spulenwicklungen 4 der Spulenvorrichtungen 1 erstreckt. Hierbei sind der Vorlauf 61 sowie Rücklauf 62 des Kühlkanals 24 innerhalb eines gemeinsamen Bereiches angeordnet, sodass deren fluidische Kontaktierung erleichtert und verbessert wird.

[0057] Die Spulenvorrichtung 1 weist eine Aussparung 8 auf, die sternenförmig oder sternförmig ausgebildet ist. Hierzu weist diese eine Mehrzahl von länglichen Schlitzen 81 auf, die sich von dem gemeinsamen Zentrum 800 in verschiedene Richtungen erstrecken. Vorteilhafterweise wird dadurch die Ausbildung von Wirbelströmen deutlich verringert. Einer der Schlitze 81 ist hierbei zwischen dem Vorlauf 61 und dem Rücklauf 62 des Kühlkanals 24 angeordnet. Mit anderen Worten sind der Vorlauf 61 und der Rücklauf 62 durch einen der Schlitze 81 beabstandet.

[0058] Die gestrichelten Linien entsprechen einer alternativen Erstreckung des Kühlkanals 24. Hierbei erstreckt sich der Kühlkanal 24 laschenartig zwischen jeweils zwei benachbarten Schlitzen 81. Dadurch wird vorteilhafterweise die Entwärmung der Spulenvorrichtung verbessert.

[0059] Weiterhin weist die Spulenvorrichtung 1 Kontaktierungselemente 10, insbesondere Kupferlaschen, auf, die zwischen den Spulenvorrichtungen 4 und dem Kühlkanal 24 angeordnet sind. Hierbei erstreckt sich der Kühlkanal 24 entlang der Kontaktierungselemente 10, sodass diese durch den Kühlkanal 24 beziehungsweise durch ein Kühlmittel, welches innerhalb des Kühlkanals 24 angeordnet ist oder diesen durchströmt, gekühlt werden.

[0060] In Figur 4 ist eine seitliche Schnittdarstellung eines Teils einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung 1 dargestellt.

[0061] Hierbei ist im dargestellten Schnitt eine der Spulenvorrichtungen 4 sowie die Kühlplatte 24 zu erkennen. Auf einer der Spulenwicklung 4 zugewandten Seite der Kühlplatte 24 ist eine elektrisch isolierende Beschichtung 14 angeordnet oder aufgebracht. Diese dient zur elektrischen Isolierung der Kühlplatte 24 gegenüber den spannungstragenden Bauteilen der Spulenwicklung 4. Hierbei kann das elektrische isolierende Material beziehungsweise die isolierende Beschichtung 14 beispielsweise aus einem wenig wasseraufnehmenden Kunststoff, insbesondere PPS, oder einer Keramik, beispielsweise Aluminiumnitrid, gebildet sein. Weiterhin ist eine Anordnung mittels einer Silikonschicht von Vorteil, da dadurch Unebenheiten der Spulenwicklung 4 und/oder der Kühlplatte 24 ausgeglichen werden können.

[0062] Auf einer der Spulenwicklung 4 abgewandten Seite der Kühlplatte 2 ist eine weitere elektrisch isolierende Schicht oder Beschichtung 16 angebracht. Wie bereits die elektrisch isolierende Schicht 14 kann diese aus einem wenig wasseraufnehmenden Kunststoff, bei-

spielsweise PPS, oder einer Keramik, beispielsweise Aluminiumnitrid, gebildet sein. Die weitere elektrisch isolierende Schicht 16 ist zur elektrischen Isolierung gegenüber einem Eisenjoch 12 der Spulenvorrichtung 1 vorgesehen.

[0063] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt oder andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Spulenvorrichtung (1) für einen Stromrichter, umfassend eine Kühlplatte (2) und eine Mehrzahl N von Spulenwicklungen (4), wobei die Kühlplatte (2) mit wenigstens einer Stirnseite (400) einer der Spulenwicklungen (4) thermisch gekoppelt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spulenwicklungen (4) räumlich um einen Winkel (41) von $2\pi/N$ versetzt zueinander angeordnet sind, und die Kühlplatte (2) einen Kühlkanal (24) aufweist, der sich wenigstens teilweise um jede der N Spulenwicklungen (4) erstreckt.
2. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese genau drei Spulenwicklungen (4) umfasst.
3. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Kühlkanal (6) über einen Winkel (42) von wenigstens $5\pi/3$, insbesondere von wenigstens $11\pi/6$, besonders bevorzugt von 2π , um die jeweilige Spulenwicklung (4) erstreckt.
4. Spulenvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt des Kühlkanals (24) im Bereich der Spulenwicklungen (4) vergrößert ist.
5. Spulenvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (2) dreiecksartig oder dreiecksförmig ausgebildet ist.
6. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (2) drei Seitenränder (21, 22, 23) aufweist, wobei sich der Kühlkanal (24) entlang zwei Seitenrändern (21, 22) der drei Seitenränder (21, 22, 23) erstreckt.
7. Spulenvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (2) wenigstens eine Aussparung (8), insbesondere einen Schlitz, aufweist.
8. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparung (8) sternenförmig oder sternenförmig ausgebildet ist.
9. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Aussparung (8) aus einer Mehrzahl von Schlitz (81) gebildet ist, wobei sich die Schlitz (81) ausgehend von einem gemeinsamen Zentrum (800) sternförmig in verschiedene Richtungen erstrecken.
10. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Kühlkanal (24) linsenförmig zwischen den Schlitz (81) erstreckt.
11. Spulenvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (2) an Wicklungskernen der Spulenwicklungen (4) angeordnet ist, wobei eine den Wicklungskernen zugewandte Seitenfläche der Kühlplatte (2) eine elektrisch isolierende Schicht (14) oder Beschichtung aufweist.
12. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine den Wicklungskernen abgewandte Seitenfläche der Kühlplatte (2) eine elektrisch isolierende Schicht (16) oder Beschichtung aufweist.
13. Spulenvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlplatte (2) aus Aluminium, Kupfer, Edelstahl oder Kupfer-Nickel-Ferrit oder einer Mischung hieraus gebildet ist.
14. Spulenvorrichtung (1) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede der Spulenwicklungen (4) ein Kontaktierungselement (10) zur elektrischen Kontaktierung aufweist, wobei jedes der Kontaktierungselemente (10) wenigstens teilweise vom Kühlkanal (24) umgeben ist.
15. Spulenvorrichtung (1) gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kontaktierungselemente (10) als Kupferflaschen ausgebildet sind.

FIG 1

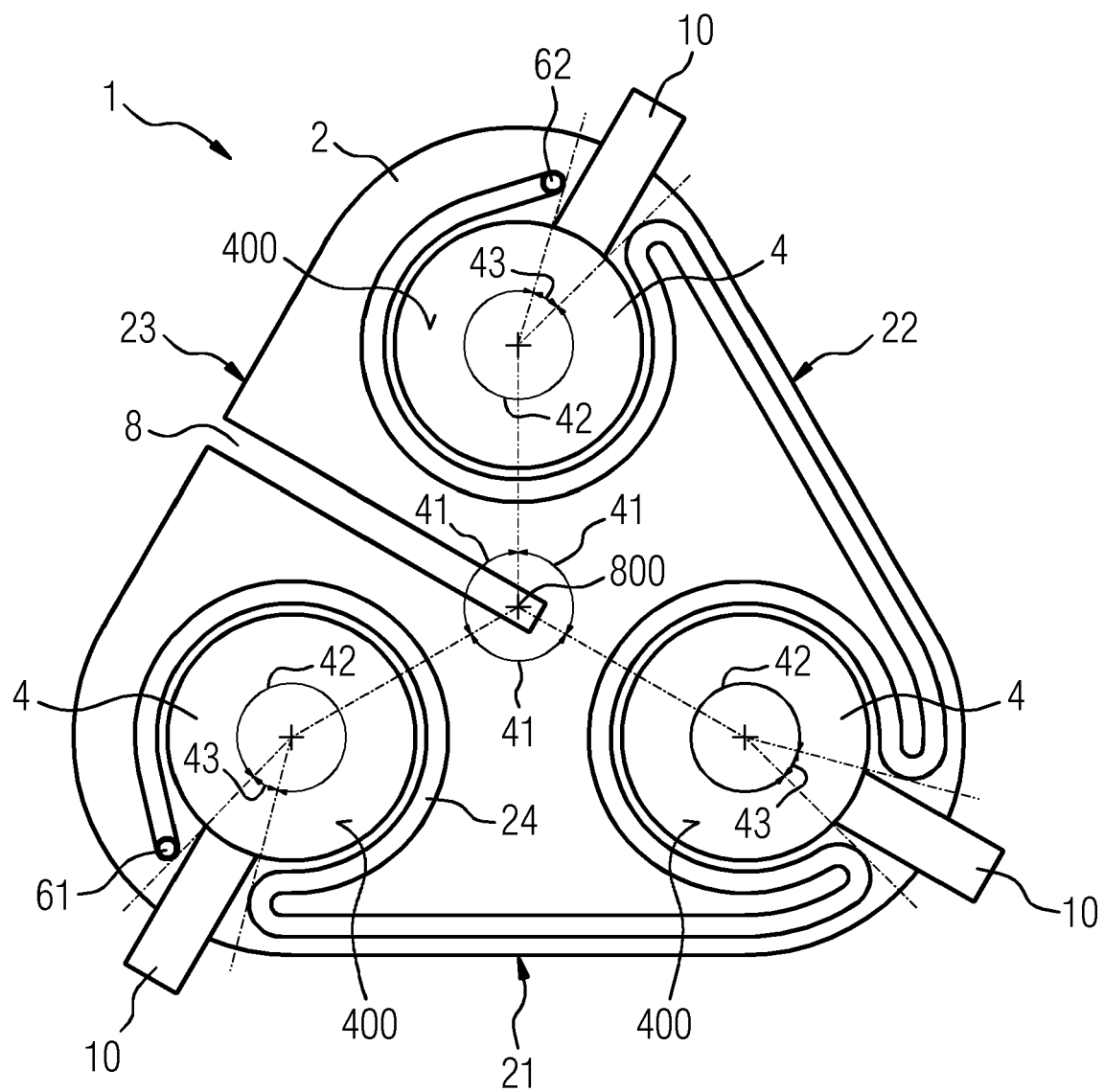


FIG 2

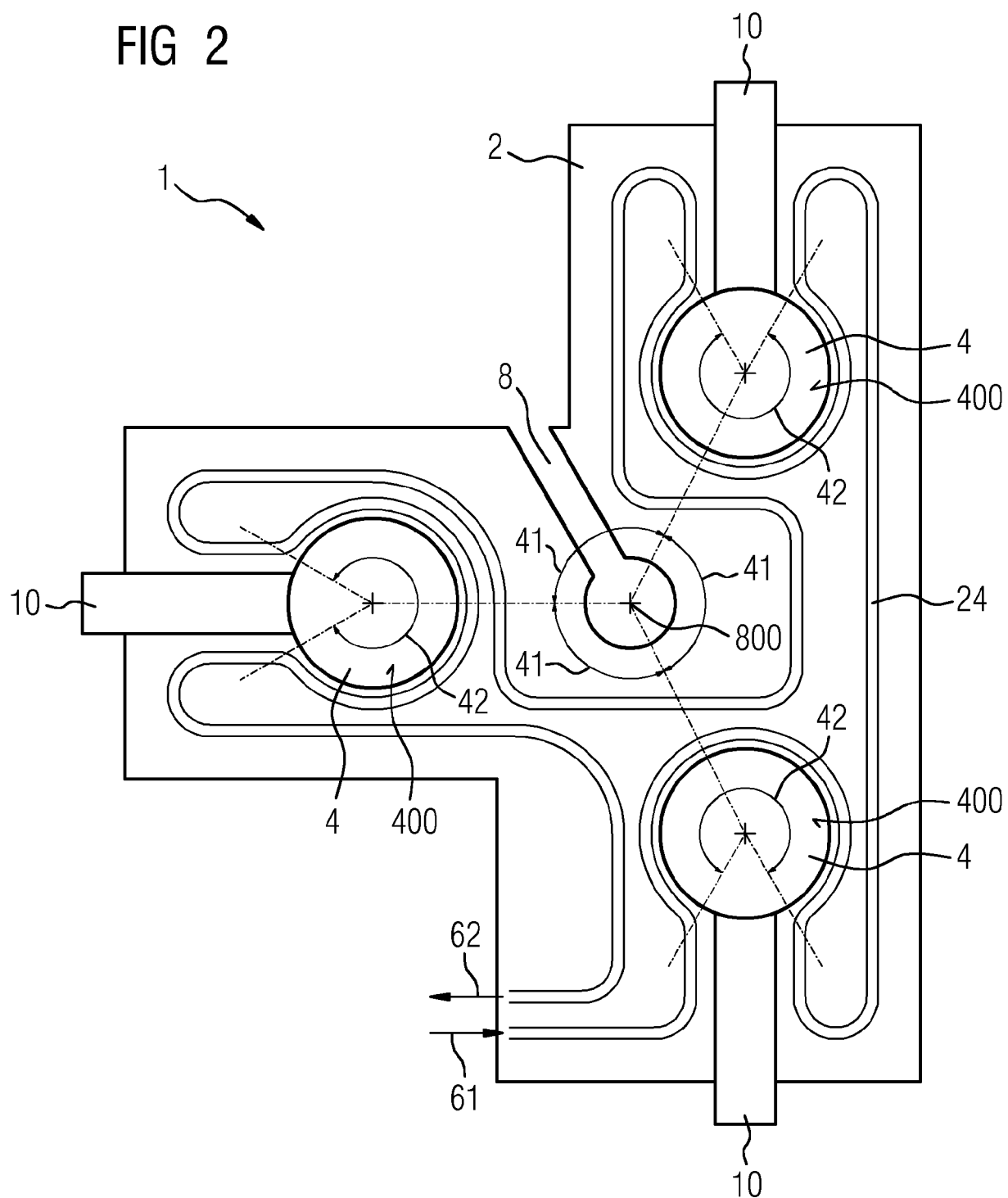


FIG 3

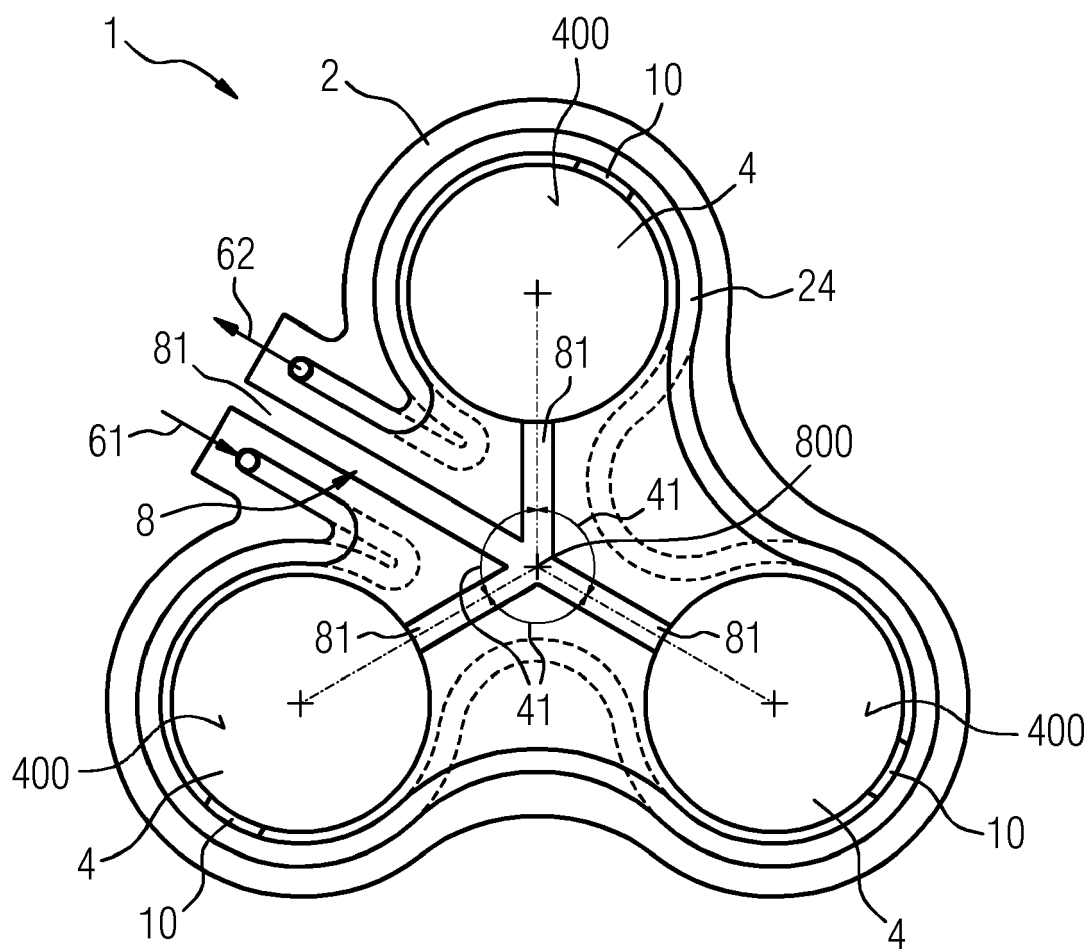
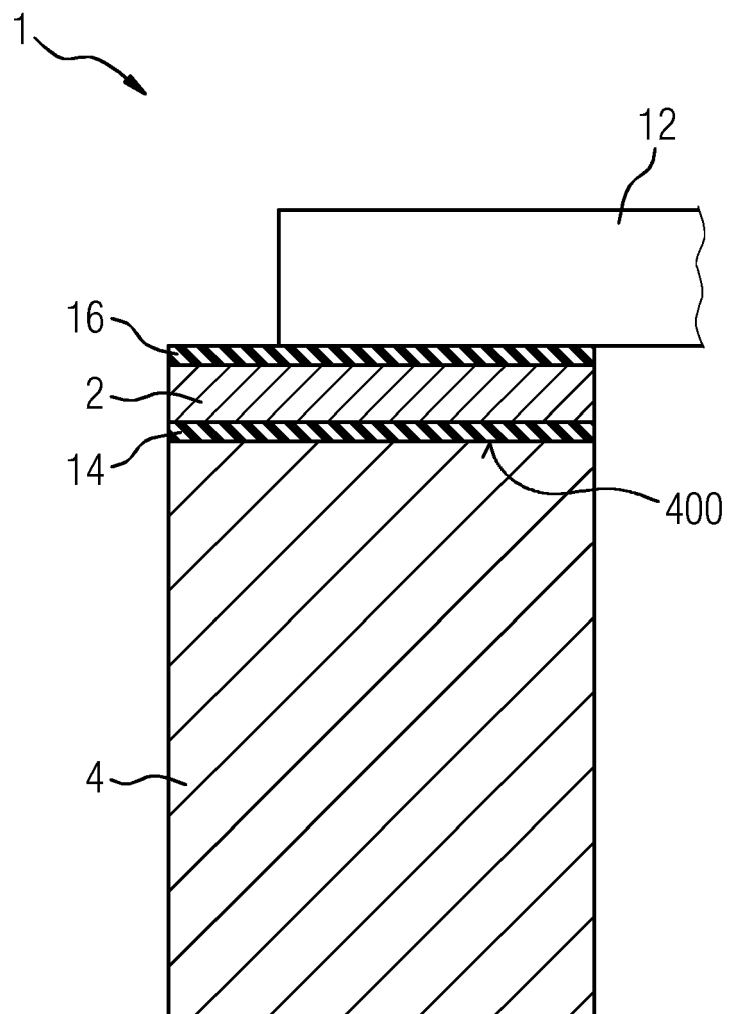


FIG 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 18 5586

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	WO 2009/143643 A1 (IDS HOLDING AG [CH]; STOEV ALEXANDER [CH]) 3. Dezember 2009 (2009-12-03)	1,3,7, 11-13	INV. H01F27/10 H01F27/28
A	* Zusammenfassung * * Seite 3, Absatz 2 - Seite 7, letzter Absatz * * Abbildungen 1-3 *	2,4-6, 8-10,14, 15	
A	----- EP 1 564 762 A2 (ABB OY [FI]) 17. August 2005 (2005-08-17) * Zusammenfassung * * Spalte 4, Absätze 22,23 * * Abbildung 4 *	1-15	
A	----- US 2011/267161 A1 (MACLENNAN GRANT A [US] ET AL) 3. November 2011 (2011-11-03) * Zusammenfassung * * Seite 6, Absatz 71 * * Seite 8, Absatz 92-94 * * Abbildungen 6,10-13 *	1-15	
	-----		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. Februar 2017	Prüfer Kardinal, Ingrid
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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 03.92 (P04C03)

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

EP 16 18 5586

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

10-02-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009143643 A1	03-12-2009	CH 698904 A2	30-11-2009
		CN 102047357 A	04-05-2011
		EP 2294591 A1	16-03-2011
		US 2011075368 A1	31-03-2011
		WO 2009143643 A1	03-12-2009

EP 1564762 A2	17-08-2005	AT 557404 T	15-05-2012
		EP 1564762 A2	17-08-2005
		FI 20040230 A	14-08-2005
		US 2005179513 A1	18-08-2005

US 2011267161 A1	03-11-2011	KEINE	

EPO FORM P0461

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

- DE 102012217607 A1 [0005]
- EP 2977996 A1 [0006]