



(10) **DE 10 2015 114 208 A1** 2017.03.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 114 208.2**

(22) Anmeldetag: **27.08.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.03.2017**

(51) Int Cl.: **H01F 36/00 (2006.01)**

H01F 6/06 (2006.01)

H01F 41/04 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Karlsruher Institut für Technologie, 76131
Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:
Hellmann, Sebastian, 76137 Karlsruhe, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

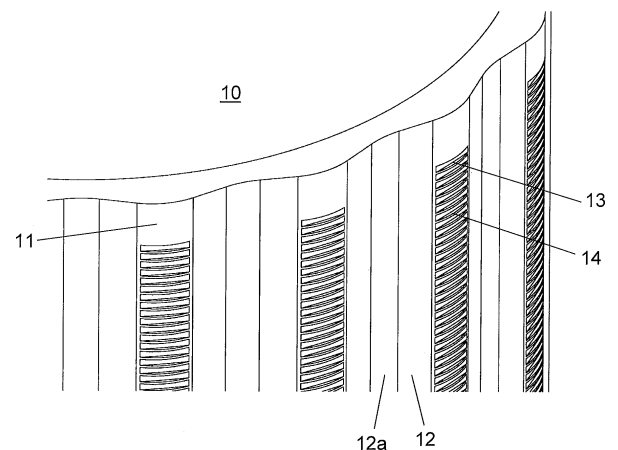
DE	101 27 822	A1
DD	1 30 290	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Transformator, Wickelkörper dafür und Verfahren zur Herstellung eines Wickelkörpers**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung stellt einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator, einen Wickelkörper (10) dafür sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Wickelkörpers (10) bereit. Der erfindungsgemäße Wickelkörper (10) für eine supraleitende Sekundärwicklung für den supraleitenden strombegrenzenden Transformator hat eine hohlzylindrische Grundform. Erfindungsgemäß weist der Wickelkörper (10) um seinen Umfang verteilt in Längsrichtung eine Vielzahl an Vertiefungen (12) und Mantelteilstücke (11) auf. Dabei ist ein supraleitender Leiter (4a, 15) der Sekundärwicklung in einem Normalzustand so um den Wickelkörper (10) wickelbar, dass der Leiter an den Mantelteilstücken (11) anlegbar und zwischen Leiter und den Vertiefungen (12) ein Spalt bildbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator, einen Wickelkörper dafür und ein Verfahren zur Herstellung des Wickelkörpers.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind supraleitende strombegrenzende Transformatoren bekannt, wobei ein solcher Transformator eine normalleitende oder eine supraleitende Primärwicklung haben kann, die um einen Transformatoreisenkern gewickelt ist. Der Primärwicklung zugeordnet ist eine supraleitende Sekundärwicklung, die zur besseren Fixierung der supraleitenden Drähte auf einen Wickelkörper gleichmäßig an diesem anliegend aufgewickelt ist. Die beiden Wicklungen sind coaxial angeordnet. Zur Kühlung der supraleitenden Wicklung(-en) ist ein Kühlbad mit flüssigem Stickstoff in einem innerhalb des Transformators angeordneten Kryostaten vorgesehen.

[0003] Das Prinzip des supraleitenden strombegrenzenden Transformators beruht dabei auf der gezielten Erwärmung des supraleitenden Materials in der/den Wicklung(en) bspw. im Kurzschlussfall des Stromnetzes. Mit der Erwärmung steigt der elektrische Widerstand des Supraleiters stark an und führt unmittelbar zu einer Reduktion des fließenden Kurzschlussstromes. Im Kurzschlussfall sind die in den Transformatorwicklungen fließenden Ströme um ein Vielfaches größer als im Normalbetriebsfall, wodurch das durch die Ströme erzeugte Streufeld ebenfalls stark ansteigt. Das magnetische Streufeld verursacht eine Kraftereinwirkung auf die beiden Wicklungen des Transformators, deren Richtung von dem Streuspalt weg weist.

[0004] Neben der ansteigenden Kraftereinwirkung auf den Supraleiter und dessen gleichzeitiger Erwärmung dehnen sich die Leiter der supraleitenden Sekundärwicklung aus. Diese Ausdehnung findet aufgrund der Art der Wicklung in radialer Richtung statt, so dass sich im Kurzschlussfall die supraleitende Wicklung an manchen Stellen radial auswölbt und mechanisch beschädigt werden kann. Das führt zur Beschädigung der supraleitenden Wicklung und macht eine aufwändige Reparatur oder sogar einen teuren Austausch notwendig.

[0005] Die DE 20 2013 100 358 U1 beschreibt ein Induktivitätsbauteil mit einem Kern aus mehreren Schenkelementen, bei dem eine stromführende Wicklung innerhalb eines Kerns mit einer Folie stabilisiert wird.

[0006] Aus DE 10 2013 216 210 A1 sind ineinandersteckbare Wickelkörper für einen Stator eines Elektromotors bekannt, der im Stirnabschnitt des Stators angeordnet ist. Die Wickelkörper weisen Führungselemente zur Führung der Drähte auf. Dazu haben

die Führungselemente Abschnitte, die als nutenförmige Führungsabschnitte vorgesehen sind. Es ist eine Art Wanne ausgeformt, die eine ganze Wicklung aufnimmt und in Form hält.

[0007] Eine ausreichende Stabilisierung einer supraleitenden Wicklung kann mit den Stabilisierungslösungen aus dem vorgenannten Stand nicht erfolgen, da im Falle eines Kurzschlusses supraleitende Drähte aus den Nuten herauspringen können.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen verbesserten Wickelkörper bereitzustellen, der einer Zerstörung der supraleitenden Wicklung in einem Transformator im Strombegrenzungsfall vorbeugt.

[0009] Diese Aufgabe wird durch einen Wickelkörper für einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0010] Ferner wird die Aufgabe, einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator vorzuschlagen, der einfach aufgebaut ist und mehrfach zur Strombegrenzung genutzt werden kann, durch den Transformator mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 7 gelöst.

[0011] Die weitere Aufgabe, eine einfache Herstellung eines Wickelkörpers für einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator vorzuschlagen, wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 9 gelöst.

[0012] Weiterbildungen bzw. bevorzugte Ausführungsformen des Wickelkörpers, des Transformators und des Herstellungsverfahrens sind in den Unteransprüchen ausgeführt.

[0013] Eine erste Ausführungsform bezieht sich auf einen Wickelkörper für eine supraleitende Sekundärwicklung für den supraleitenden strombegrenzenden Transformator, wobei der Wickelkörper eine hohlzylindrische Grundform hat. Erfindungsgemäß weist der Wickelkörper um seinen Umfang verteilt in Längsrichtung eine Vielzahl an Vertiefungen und Mantelteilstücke auf. Dabei kann ein supraleitender Leiter der Sekundärwicklung in einem Normalzustand so um den Wickelkörper gewickelt werden, dass der Leiter an den Mantelteilstücken anliegen und zwischen Leiter und den Vertiefungen bzw. jeder Vertiefung ein Spalt gebildet werden kann.

[0014] „Normalzustand“ im Sinne der Erfindung heißt hierbei, dass der supraleitende Leiter in seiner Form als bandförmiger Supraleiteraufbau, vorzugsweise als Dünnschichtsupraleiter (z.B. YBCO-Bandleiter), wie hergestellt, vorliegt und sich, abgekühlt unterhalb seiner kritischen Temperatur T_c , im supraleitenden Zustand befindet. Der Normalzustand

entspricht in gleicher Ausprägung einem entspannten, d.h. nicht ausgedehnten Zustand des Leiters. In einem „ausgedehnten Zustand“ ist der Leiter, wenn er durch die hohe Stromdichte während eines Kurzschlusses im Stromnetz von einem supraleitenden in einen normalleitenden Zustand gezwungen wird, wobei der Leiter sich durch Ohm'sche Verluste erwärmt und entsprechend seines jeweiligen Ausdehnungskoeffizienten ausdehnt.

[0015] Die Mantelteilstücke und die Vertiefungen entlang des Umfangs des Wickelkörpers können dabei alternierend angeordnet sein, so dass in einer bevorzugten Ausführungsform die äußere Mantelfläche des Wickelkörpers im Querschnitt eine Wellenstruktur bildet.

[0016] In einem Fehlerfall, wenn der supraleitende Leiter sich erhitzt und entsprechend ausdehnt, kann durch die wirkende Feldkraft der Leiter in die Vertiefungen hineingedrückt werden. In einem ausgedehnten Zustand des Leitermaterials („ausgedehnter Leiter“) kann der Leiter an dem Wickelkörper voll anliegen. Die Erfindung verhindert damit die unkontrollierte radiale Auswölbung der supraleitenden Wicklung während eines Fehlerfalls, und schützt die supraleitende Wicklung vor mechanischer Beschädigung. Vor allem wird dies durch die vertikalen Vertiefungen entlang des Umfangs des Körpers des Wicklungskörpers ermöglicht, in die der supraleitende Leiter, der um den Wickelkörper gewickelt werden kann, sich eben ausdehnen kann.

[0017] In einer weiteren Ausführungsform können in den Mantelteilstücken in Umfangsrichtung, d. h., entlang des Umfangs, Nuten eingearbeitet sein, in die der supraleitende Leiter der Sekundärwicklung, derart aufgenommen wird, dass zwischen Leiter und Vertiefung der Spalt gebildet ist. Die Nuten ermöglichen eine geführte Wicklung eines Leiters.

[0018] Ferner kann die Erfindung vorsehen, dass jede Vertiefung einen gebogenen Grund, respektive eine gebogene Basis, aufweist. Dabei kann ein Radius des Grunds einem Radius entsprechen, der größer ist als ein minimaler Biegeradius des supraleitenden Leiters. Insofern sollten also die Abmessungen der Vertiefungen, d. h., auch deren Basis bzw. Grund, Rundung und Abstand größer als der minimale Biegeradius des Leiters bemessen sein. Vorteilhaft können die geometrischen Radien der Kontaktfläche zwischen Wicklung und dem Wickelkörper in der Erfindung so gestaltet sein, dass weder im Normalbetrieb, d. h. mit einem entspannten Leiter, noch im Kurzschlussfall, d. h. einem ausgedehnten Leiter, die minimal zulässigen Biegeradien des supraleitenden Materials unterschritten werden. Hierdurch kann ein Wickelkörper geschaffen werden, auf den ein Leiter derart gezogen werden kann, dass er im Fehler-

fall vor mechanischer Beschädigung geschützt werden kann.

[0019] Die Abmessungen können in einer Weiterbildung in Korrelation mit einem mittleren thermischen Ausdehnungskoeffizienten α des supraleitenden Materials stehend abgeschätzt werden. Aufgrund des in der Regel anisotropen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der hier zu verwendenden Hochtemperatursupraleiter, kann eine mittlere Ausdehnung oder die höchste bekannte Ausdehnung als Anhaltspunkt für maximale Ausdehnung des supraleitenden Materials dienen.

[0020] Die Nuten können in einer Weiterbildung der Erfindung entlang der Längsausrichtung des Wickelkörpers wendelförmig (helixförmig) um den Wickelkörper herum angeordnet sein. Dadurch kann eine geführte Spulenwicklung erreicht werden, ohne dass Leiter innerhalb einer einzelnen Lage übereinander liegen oder sich während eines Strombegrenzungsvorgangs unkontrolliert verschieben.

[0021] Die Anzahl und Tiefe der Vertiefungen ist abhängig von der maximalen Ausdehnung bzw. der möglichen Biegeradien (z.B. gemäß Herstellerangaben) des jeweils verwendeten supraleitenden Materials und muss daran angepasst werden. Im Beispiel eines Bandsupraleiteraufbaus, umfassend eine Edelstahlträgerfolie (Cr-Ni-Stahl) mit zumindest einem Schichtaufbau aus einer 1–5 μm dicken YBCO-Schicht und einer darauf aufbauenden Kupferschicht (Deckschicht) wurde eine Vertiefung von 2 bis 8 mm, vorzugsweise 4 bis 5 mm Tiefe bei einer Vertiefung von 80 bis 120 mm Breite vorgeschlagen, wobei 2 bis 50, vorzugsweise 8 bis 30, weiter bevorzugt 15 bis 20 Vertiefungen im Umfang des Wickelkörpers angeordnet sind und die mit Nuten versehenen Mantelteilstücke zwischen jeweils zwei Vertiefungen vorzugsweise zwischen 30 und 100 mm breit sind. Vorzugsweise sind die Vertiefungen und Mantelteilstücke jeweils in ihren Abmessungen gleich und/oder über den Umfang des Wickelkörpers in gleichen Abständen zueinander angeordnet. Der Bandsupraleiteraufbau weist dabei eine Schichtverbunddicke zwischen 50 bis 500 μm , vorzugsweise 100 bis 400 μm , weiter bevorzugt zwischen 200 und 300 μm auf (obere und untere Grenze sind unabhängig voneinander zu sehen). Ein erfolgreicher Versuch wurde mit diesem Aufbau mit Bandsupraleitern mit 350 μm Schichtverbunddicke an 18 Vertiefungen mit 4 mm Tiefe und 100 mm Breite und dazwischen liegenden Mantelstücke mit 20 mm Breite durchgeführt, wobei jeweils zwei Bandsupraleiter übereinander angeordnet waren.

[0022] Auch kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, dass der Wickelkörper aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht. Dieses Material ist für die Nutzung innerhalb von kryogenen Flüssigkeiten besonders beständig, robust und ist nicht elektrisch leitfähig.

Fig. In einer alternativen Ausbildung der Erfindung kann auch vorgesehen sein, dass andere, ähnlich geeignete Materialien Verwendung finden können.

[0023] Ein erfindungsgemäßer supraleitender strombegrenzender Transformator weist vorzugsweise eine normalleitende Primärwicklung auf, die um den Hauptschenkel eines Geschlossenen Eisenkerns angeordnet ist, alternativ um den Schenkel eines Eisenkerns gewickelt oder aufgebaut ist. Innerhalb der Primärwicklung ist koaxial eine supraleitende Sekundärwicklung angeordnet, wobei die supraleitende Sekundärwicklung auf einem Wickelkörper aufgewickelt ist. Der erfindungsgemäße Wickelkörper ist vorstehend beschrieben. Dabei ist ein supraleitender Leiter der Sekundärwicklung in einem Normalzustand so um den Wickelkörper gewickelt, dass der Leiter an den Mantelteilstücken angelegt und zwischen Leiter und jeder Vertiefungen ein Spalt gebildet ist.

[0024] In einer Weiterbildung der Erfindung kann der Transformator zur Kühlung der Sekundärwicklung einen Kryostaten aufweisen, in den die Sekundärwicklung in ein Kühlbad eingesetzt ist. Dabei kann der Kryostat bzw. dessen Wandung die Sekundärwicklung zur Primärwicklung beabstanden und damit einen Streuspalt bilden. In diesem Streuspalt baut sich das jeweilige Magnetfeld auf, während die Geometrie oder der Abstand der Wicklungen zueinander wesentlich die Kurzschlussspannung des Transformators beeinflusst.

[0025] Bevorzugt können Hochtemperatursupraleiter Verwendung finden. Als kryogene Flüssigkeit können verschiedene verflüssigte, kalte Gase verwendet werden, so z. B. Stickstoff oder im Falle von geschlossenen, d.h. allseitig isolierten Badkryostaten ein wesentlich kälteres flüssiges Helium. Aus Kostengründen findet jedoch meist flüssiger Stickstoff Verwendung.

[0026] Ein erfindungsgemäßes Verfahren dient zum Herstellen eines Wickelkörpers für einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator. In einem ersten Schritt wird ein kreis- bzw. hohlzylindrischer GfK-Rohling bereitgestellt. Hiernach wird aus der Mantelfläche des Rohlings in Längsrichtung eine Mehrzahl an Vertiefungen ausgefräst, die äquidistant um den Umfang des Rohlings angeordnet sind. Hierdurch kann im Querschnitt des Rohlings eine Wellenstruktur erzeugt werden. Danach werden in einem weiteren Schritt auf den verbleibenden Mantelflächenteilstücken Nuten entlang des Umfangs des Rohlings ausgefräst, um den supraleitenden Leiter in den Nuten aufnehmen zu können.

[0027] Die zu wählenden Abmessungen sind dabei von den Abmessungen der supraleitenden Drähte abhängig, die um den Wickelkörper gewickelt wer-

den sollen. Die Ausführung der beiden letztgenannten Schritte kann auch in umgekehrter Reihenfolge ablaufen, abhängig von dem zu bearbeitenden Material.

[0028] In einem weiteren möglichen Schritt kann während dem Einbringen der Nuten, der Rohling um eine bestimmte Vorschubgeschwindigkeit in Längsrichtung bewegt werden, so dass die Nuten nach Fertigstellung des Wickelkörpers spiralförmig angeordnet sind. Damit kann eine Wicklung später leicht und simpel eingefädelt werden.

[0029] Weitere Ausführungsformen, optionale Ausgestaltungen von Details sowie einige der Vorteile, die mit diesen und weiteren Ausführungsformen verbunden sind, werden durch die nachfolgende ausführliche Beschreibung unter Bezug auf die begleitenden Figuren deutlich und besser verständlich. Die Figuren sind lediglich eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Erfindung. Dabei zeigen:

[0030] Fig. 1 einen Halbschnitt durch einen erfindungsgemäßen Transformator,

[0031] Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines erfindungsgemäßen Wicklungskörpers,

[0032] Fig. 3 eine Detailansicht eines Randbereiches des Wicklungskörpers, und

[0033] Fig. 4 eine Detailansicht Querschnittes des Wicklungskörpers.

[0034] In Fig. 1 weist ein supraleitender strombegrenzender Transformator **1** einen Eisenkern **2** auf, der eine normal leitende Primärwicklung **3** umschließt. Eine Leitung **3a** ist mit einem Symbol für die Richtung des elektrischen Stroms gekennzeichnet – in Fig. 1 ist der Strom in der Primärwicklung **3** so gerichtet, dass er aus der Bildebene heraustritt (dieser Zustand stellt im Falle einer alternierenden Wechselspannung die Richtungen von nur einer Halbwelle dar, die Richtungen drehen sich mit der Polung um).

[0035] Koaxial innerhalb der Primärwicklung **3** ist eine Sekundärwicklung **4** angeordnet, deren Leitungen **4a** (vgl. **15** in Fig. 4) aus einem supraleitenden Material (z.B. umfassend ReBCO = Rare Earth-Barium-Kupferoxid, Dünnschichtbandleiter oder BS-CO = Bismut-Strontium-Calcium-Kupferoxid-Bandleiter) bestehen. Die Sekundärwicklung **4** ist hier aus einer Wicklungsschicht aus dem supraleitenden Leiter **4a** aufgebaut, die in Fig. 1 so von Strom durchflossen ist, dass der Strom in die Bildebene eintritt (bzw. je nach Polung austritt).

[0036] Damit das Material der Sekundärwicklung **4** auch in einen supraleitenden Zustand versetzt werden kann, ist ein Kryostat **5** mit einem Kühlbad **6** vor-

gesehen, der im Längsschnitt U-förmig die Sekundärwicklung **4** zu drei Seiten umgibt, wobei die gesamte Sekundärwicklung von kryogener Kühlflüssigkeit (z.B. flüssiger Stickstoff) im Kühlbad umgeben ist und so wenig kryogene Flüssigkeit benötigt wird. Der Kryostat **5** ist aus glasfaserverstärktem Kunststoff und hat einen evakuierten Innenraum **8**, der zur Isolation des Kühlbades **6** dient.

[0037] Sekundärwicklung **4** und Primärwicklung **3** sind in radialer Richtung zueinander beabstandet angeordnet, so dass sie nicht direkt benachbart sind, sondern ein Streuspalt **7** gebildet wird. In diesem Streuspalt **7** bildet sich ein Magnetfeld B aus. Der Streuspalt bildet sich im Transformator zwischen Primär- und Sekundärwicklung aus. Die Abmessung hier ist grundsätzlich vergleichbar mit der Abmessung eines konventionellen Transformators.

[0038] Die Sekundärwicklung **4** ist ferner zur stabilen Spulenbildung auf einem Wickelkörper **10** aufgewickelt, der aus einem nichtleitenden Material wie glasfaserverstärktem Kunststoff besteht. Der Wickelkörper **10** zeigt in **Fig. 2** bis **Fig. 4** eine im Wesentlichen kreiszylindrische Form. Entlang seines Umfangs zeigen der Wickelkörper **10**, Vertiefungen **12** und verbleibende Mantelteilstücke **11**, die abwechselnd zueinander angeordnet sind. Diese sind so alternierend angeordnet, dass sie in einem Querschnitt, wie in **Fig. 3** und **Fig. 4** zu sehen, eine Wellenstruktur entlang des Umfangs bilden. In den Mantelteilstücken **11** sind in Umfangsrichtung Nuten **14** eingearbeitet. Diese Nuten **14** werden von Erhebungen **13** begrenzt. Die Nuten **14** und Erhebungen **13** sind dabei so bemessen, dass ein supraleitender Leiter **15** der Sekundärwicklung **4** gehalten werden kann und eine gleichmäßige Wicklung um den Wickelkörper **10** erfolgen kann. Die Abmessungen können dabei an den Leiter **15** angepasst sein.

[0039] Liegt der supraleitende Leiter **15** in den Nuten **14** aufgenommen, so ergibt sich, wie **Fig. 4** darstellt, dass der Leiter **15** in den Mantelteilstücken **11** zwischen den Erhebungen **13** aufgenommen ist und über die Vertiefung **12** gespannt ist. Dadurch wird ein Spalt **17** gebildet, der in etwa bzw. mindestens die Längenausdehnung in einem Kurzschlussfall des Leiters **15** aufnehmen kann. Die Vertiefung **12** weist dabei einen Grund **12a** auf, der in einer vorbestimmten Krümmung mit definiertem Radius gebogen ist. Dieser Grund bildet eine Basis der Vertiefung. Dieser Radius ist dabei größer als ein minimaler Biegeradius des supraleitenden Leiters **15**. Damit kann sichergestellt werden, dass in einem Kurzschlussfall der supraleitende Leiter **15** als ausgedehnter Leiter **16** in die Vertiefungen **12** vollständig aufgenommen werden kann und durch die entstehende Biegung nicht einfach bricht oder in einer anderen Art und Weise beschädigt wird.

[0040] In einem Kurzschlussfall dehnt sich der Leiter **15** der Primärwicklung **4** aus und wird durch das magnetische Streufeld B einer Kraftereinwirkung F_B unterzogen. Dabei wird der Leiter als ausgedehnter Leiter **16** in die Vertiefungen **12** des Wickelkörpers **10** gedrückt. Dies ist in **Fig. 4** durch den weiteren Leiterverlauf des ausgedehnten Leiters **16** im Vergleich zu dem Verlauf des entspannten Leiters **15** dargestellt. Dies wird der thermische Längenausdehnung des Leiters gerecht, wodurch es nicht zu einer radialen Auswölbung des Leiters **15** kommt, wie dies beim konventionellen Wickelkörperaufbau der Fall sein kann.

Bezugszeichenliste

1	Transformator
2	Eisenkern
3	Primärwicklung
3a	Elektrischer Leiter Primärwicklung
4	Sekundärwicklung
4a	Elektrischer Leiter Sekundärwicklung
5	Kryostat
6	Kühlbad
7	Streuspalt
8	Evakuierter Innenraum Kryostat
10	Wickelkörper
11	Mantelteilstück
12	Vertiefung
12a	Grund Vertiefung
13	Erhebung bzw. Begrenzung
14	Nut
15	Entspannter Leiter
16	Ausgedehnter Leiter
17	Spalt

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 202013100358 U1 [0005]
- DE 102013216210 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Wickelkörper (10) für eine supraleitende Sekundärwicklung (4) für einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator, wobei der Wickelkörper (10) eine hohlzylindrische Grundform hat, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wickelkörper (10) um seinen Umfang verteilt in Längsrichtung eine Vielzahl an Vertiefungen (12) und Mantelteilstücke (11) aufweist, wobei ein supraleitender Leiter (4a, 15) der Sekundärwicklung (4) in einem Normalzustand so um den Wickelkörper (10) wickelbar ist, dass der Leiter (4a, 15) an den Mantelteilstücken (11) anlegbar und zwischen Leiter (4a, 15) und jeder Vertiefungen (12) ein Spalt (17) bildbar ist.

2. Wickelkörper (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in den Mantelteilstücken (11) in Umfangsrichtung Nuten (14) eingearbeitet sind, in die der supraleitenden Leiter (4a, 15) in einem Normalzustand derart aufnehmbar ist, dass zwischen Leiter (15) und Vertiefung (12) der Spalt (17) bildbar ist.

3. Wickelkörper (10) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass jede Vertiefung (12) einen zu einer Längsachse des Wickelkörpers (10) konkav gebogenen Grund (12a) aufweist, wobei ein Radius des Grunds (12a) einem Radius entspricht, der größer ist als ein minimaler Biegeradius des supraleitenden Leiters (4a, 15).

4. Wickelkörper (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nuten (14) entlang der Längsausrichtung des Wickelkörpers (10) spiralförmig um den Wickelkörper (10) herum angeordnet sind.

5. Wickelkörper (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4 **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Vertiefungen (12) geradzahlig ist, wobei die Anzahl bevorzugt in einem Bereich von 8 bis 30, bevorzugt bei 15 bis 20 liegt.

6. Wickelkörper (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 5 **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wickelkörper (10) aus glasfaserverstärktem Kunststoff besteht.

7. Supraleitender strombegrenzender Transformator (1), der eine in einem Eisenkern (2) eingesetzte normalleitende Primärwicklung (3) aufweist, in der koaxial eine supraleitende Sekundärwicklung (4) angeordnet ist, wobei die supraleitende Sekundärwicklung (4) auf einen Wickelkörper aufgewickelt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wickelkörper ein Wickelkörper (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6 ist, wobei ein supraleitender Leiter (4a, 15) der Sekundärwicklung (4) in einem Normalzustand so um den Wickelkörper (10) gewickelt ist, dass der Lei-

ter (4a, 15) an den Mantelteilstücken (11) angelegt und zwischen Leiter (4a, 15) und jeder Vertiefungen (12) ein Spalt (17) gebildet ist.

8. Transformator (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Transformator (1) zur Kühlung der Sekundärwicklung (4) einen Kryostaten (5) aufweist, in dem die Sekundärwicklung (4) in ein Kühlbad (6) eingesetzt ist, wobei der Kryostat (5) die Sekundärwicklung (4) zur Primärwicklung (3) beabstandet und einen Streuspalt (7) bildet.

9. Verfahren zum Herstellen eines Wickelkörpers (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 6 für einen supraleitenden strombegrenzenden Transformator (1), umfassend die Schritte

- Bereitstellen eines kreiszylindrischen GfK-Rohlings;
- aus der Mantelfläche des Rohlings in Längsrichtung Ausfräsen einer Mehrzahl an Vertiefungen (12) und äquidistant um den Umfang des Rohlings Anordnen, dadurch im Querschnitt des Rohlings Erzeugen einer sinusförmigen Wellenstruktur;
- auf den verbleibenden Mantelfläche-Teilstücken (11) Ausfräsen von Nuten (14) entlang des Umfangs des Rohlings.

10. Verfahren nach Anspruch 9, umfassend den Schritt

- während des Einbringens der Nuten (14) Bewegen des Rohlings um eine bestimmte Vorschubgeschwindigkeit in Längsrichtung, so dass die Nuten (14) nach Fertigstellen des Wickelkörpers (10) spiralförmig angeordnet sind.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

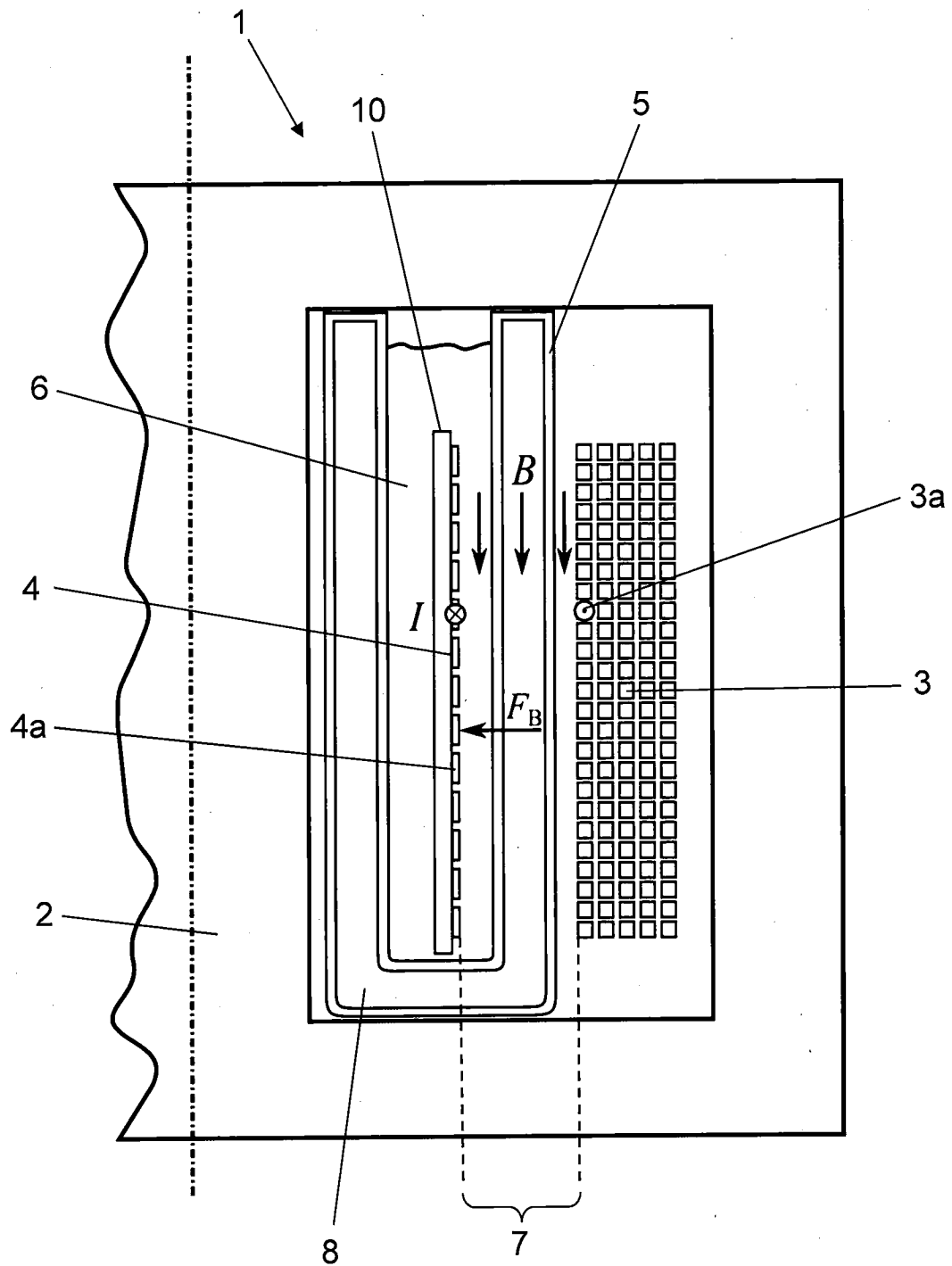


Fig. 2

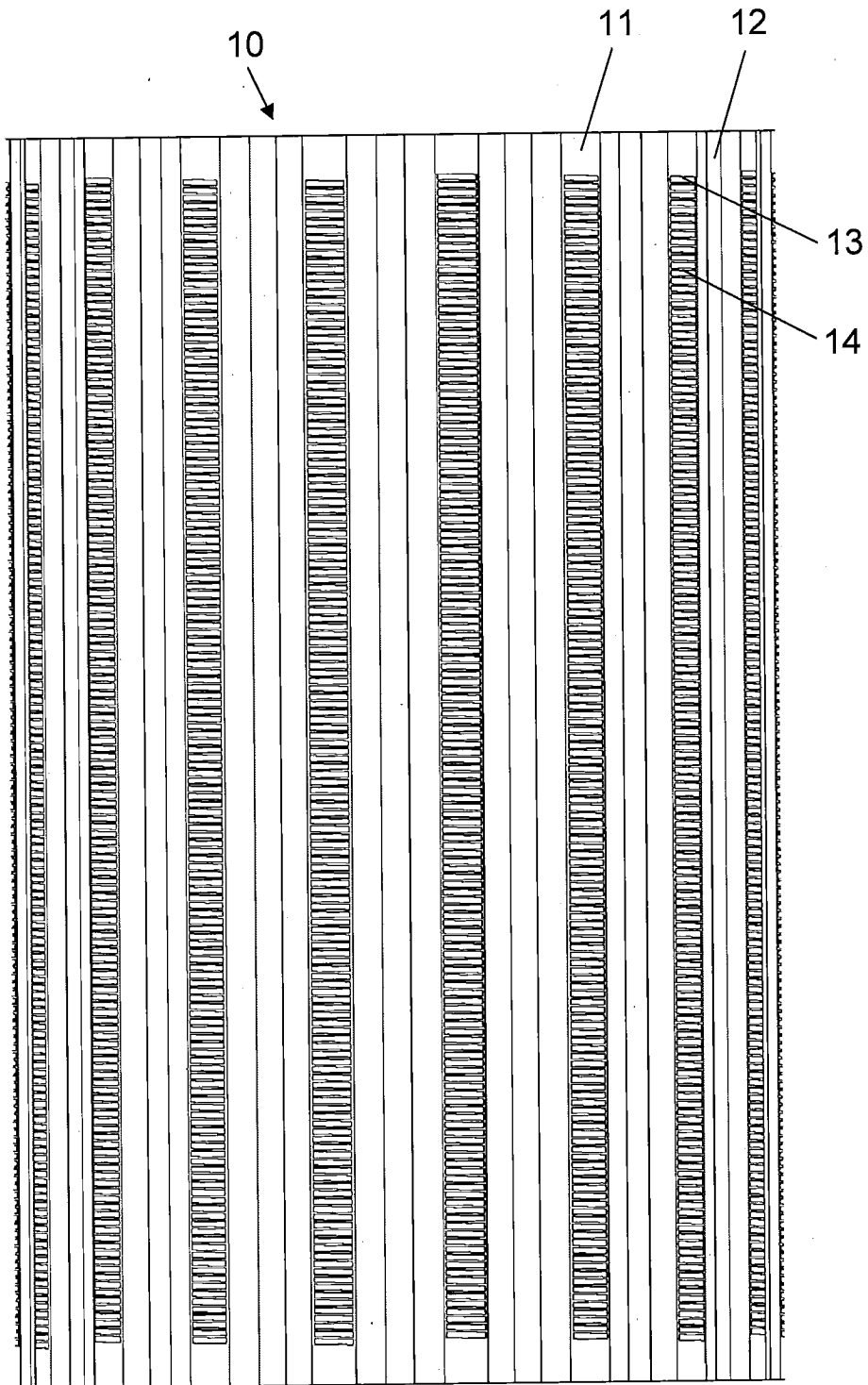


Fig. 3

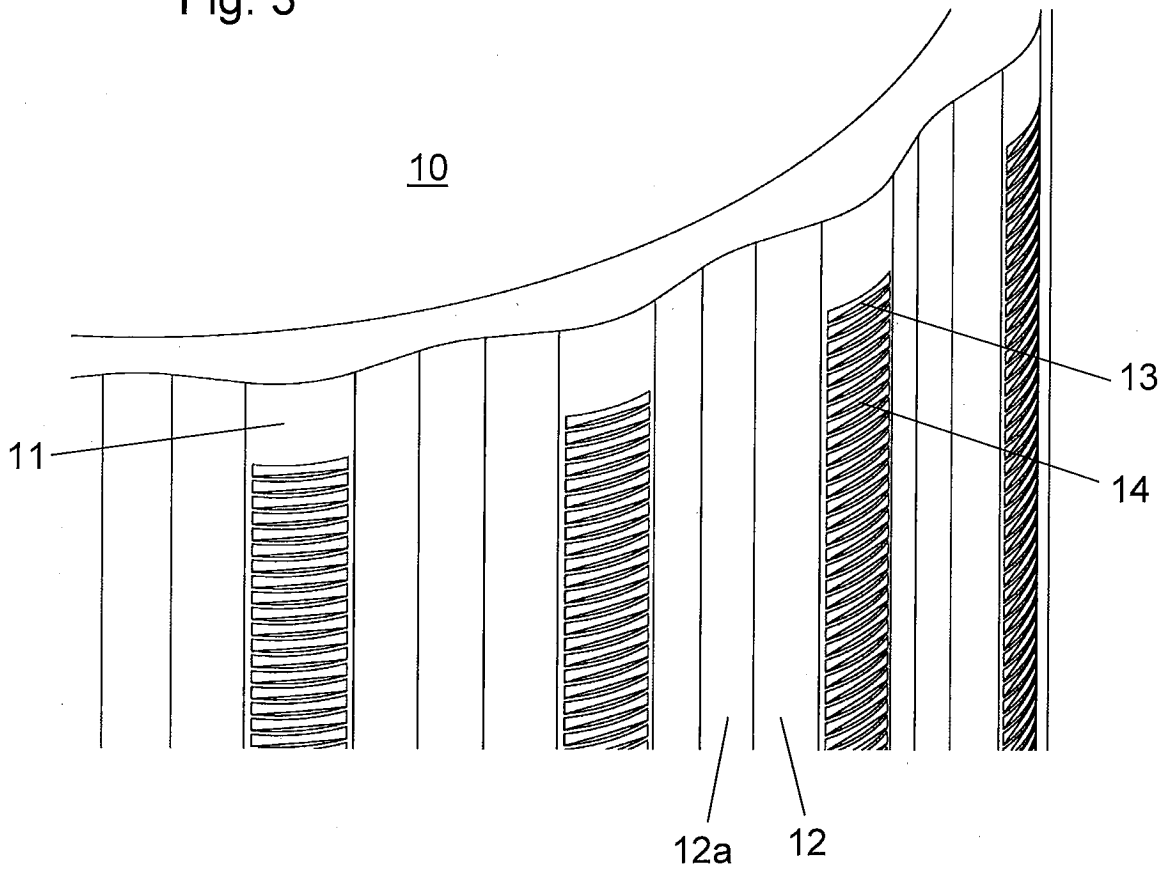


Fig. 4

