



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.09.2015 Patentblatt 2015/37

(51) Int Cl.:
H01F 27/22 (2006.01) H01F 27/25 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14000743.6**

(22) Anmeldetag: **03.03.2014**

(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

- **Cornelius, Frank**
59939 Olsberg (DE)
- **Tepper, Jens, Dr.**
59929 Brilon (DE)
- **Weber, Benjamin**
59955 Winterberg (DE)

(71) Anmelder: **ABB Technology AG**
8050 Zürich (CH)

(74) Vertreter: **Kock, Ina**
ABB AG
GF-IP
Wallstadter Straße 59
68526 Ladenburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Buschmann, Irma**
59929 Brilon (DE)

(54) **Amorpher Transformatorkern**

(57) Die Erfindung betrifft einen amorphen Transformatorkern (10), umfassend einen rechteckähnlichen äußeren Kernring (16) und zwei in einer gemeinsamen Ebene nebeneinanderliegende in den äußeren Kernring (16) verschachtelte rechteckähnliche innere Kernringe (12, 14) mit jeweils ähnlicher magnetischer Querschnittsflächen-größe, wobei insgesamt zwei Kernjoche (26) und drei Kernschenkel (20, 22, 24) gebildet sind, deren jeweiliger magnetischer Gesamtquerschnitt jeweils aus dem magnetischen Querschnitt (30, 70, 90, 110) zweier verschiedener bereichsweise aneinander grenzender Kernringe (12, 14, 16) gebildet ist, wobei die Kernringe um eine jeweilige Wickelachse (36, 50, 62, 76, 82, 96,

102, 118) aus einer Vielzahl an Wickellagen (122) amorphen Bandmaterials gewickelt sind. Die jeweilige Wickelbreite einer Wickellage des amorphen Bandmaterials ist im Falle der inneren Kernringe (12, 14) bei radial außen liegenden Wickellagen (122) gegenüber radial innen liegenden Wickellagen (122) erhöht und im Falle des äußeren Kernringes (16) in umgekehrter Weise reduziert, so dass ein jeweiliger zumindest annähernd kreisförmiger (30) oder elliptischer (70) magnetischer Gesamtquerschnitt zumindest der Kernschenkel (20, 22, 24) gebildet ist. Die Erfindung betrifft auch einen Transformator mit erfindungsgemäßigem Transformatorkern.

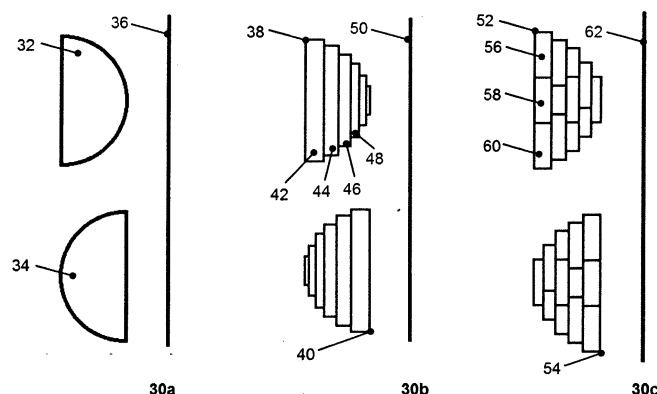


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen amorphen Transformator kern, umfassend einen rechteckähnlichen äußeren Kernring und zwei in einer gemeinsamen Ebene nebeneinanderliegende in den äußeren Kernring verschachtelte rechteckähnliche innere Kernringe mit jeweils ähnlicher magnetischer Querschnittsflächengröße, wobei insgesamt zwei Kernjoche und drei Kernschenkel gebildet sind, deren jeweiliger magnetischer Gesamtquerschnitt jeweils aus dem magnetischen Querschnitt zweier verschiedener bereichsweise aneinander grenzender Kernringe gebildet ist, wobei die Kernringe um eine jeweilige Wickelachse aus einer Vielzahl an Wickellagen amorphen Bandmaterials gewickelt sind.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass in elektrischen Energieverteilungsnetzen, beispielsweise in Spannungsebenen von 6kV, 10kV, 30kV, 60kV oder 110kV Transformatoren zum Einsatz kommen, um eine Kopplung zwischen jeweiligen Spannungsebenen zu ermöglichen. Diese weisen typischerweise einen Transformator kern sowie primär- und sekundärseitige Wicklungen auf, wobei eine Kopplung durch einen magnetischen Fluss durch den magnetischen Querschnitt des Transformator kerns gegeben ist.

[0003] Ein Transformator kern ist üblicherweise aus geschichteten Kernblechen aufgebaut, welche gegeneinander isoliert sind, um die Ausbildung von Kreisströmen zu unterbinden. Derartige Transformator kerne verursachen während ihres Betriebes unerwünschte Wirkverluste, welche zu einer Erwärmung des Transformator kerns führen.

[0004] Als verlustarme Alternative zu geblechten Transformator kernern sind gewickelte Transformator kerne aus einem amorphen Bandmaterial bekannt. Dieses weist eine sehr geringe Dicke von beispielsweise 25 µm auf, so dass eine Vielzahl von Windungen erforderlich ist, um auf eine magnetische Dicke des Kernquerschnittes von beispielsweise 30cm zu gelangen. Eine bekannte Ausführungsform für einen dreischenkigen Transformator kern aus gewickeltem amorphen Bandmaterial ist ein sogenannter Evans-Kern, bei welchem zwei in einer gemeinsamen Ebene nebeneinander liegende innere gewickelte Kernringe in einen äußeren gewickelten Kernring verschachtelt sind, so dass sich drei Kernschenkel ausbilden, deren magnetische Querschnitte aus jeweils zwei magnetischen Querschnitten nebeneinander liegender Abschnitten benachbarter Kernringe gebildet sind.

[0005] Als nachteilig erweist sich hierbei, dass die Breite des magnetischen Querschnitts eines gewickelten Kernringes von der Breite des verwendeten amorphen Bandmaterials abhängig ist, welche beispielsweise maximal 30cm beträgt. Es ergeben sich daher rechteckförmige magnetische Querschnittsflächen der Kernringe, so dass die daraus resultierende magnetische Querschnittsfläche eines Kernschenkel ebenfalls rechteckförmig ist. Der innere Querschnitt von um einen Kern-

schenkel angeordneten hohlzylindrischen Spulen ist in der Regel aus produktionstechnischen Gründen nicht rechteckig, sondern vielmehr ansatzweise rund oder oval, so dass der innere Spulenquerschnitt von einem darin angeordneten Kernschenkel mit rechteckförmigem magnetischem Querschnitt nicht in zufriedenstellender Weise ausgefüllt ist. Die Baugröße eines entsprechenden Transformators ist dadurch in nachteiliger Weise erhöht.

[0006] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, einen amorphen Transformator kern mit Kernschenkel bereitzustellen, deren magnetische Querschnittsflächen zumindest im Kernschenkelbereich einen besseren Füllfaktor ermöglichen. Aufgabe ist es auch, einen Transformator mit entsprechendem Transformator kern bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen amorphen Transformator kern der eingangs genannten Art. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige Wickelbreite einer Wickellage amorphen Bandmaterials im Falle der inneren Kernringe bei radial außen liegenden Wickellagen gegenüber radial innen liegenden Wickellagen erhöht und im Falle des äußeren Kernringes in umgekehrter Weise reduziert ist, so dass ein jeweiliger zumindest annähernd kreisförmiger oder elliptischer magnetischer Gesamtquerschnitt zumindest der Kernschenkel gebildet ist.

[0008] Die Grundidee der Erfindung besteht darin, die Wickelbreite der jeweiligen Wickellagen derart zu anpassen, dass diese bei den inneren Kernringen mit steigendem radialen Abstand zur Wickelachse ansteigt, so dass sich der magnetische Querschnitt in radial äußerer Richtung erhöht und im theoretischen Idealfall halbkreisförmig ausgeprägt ist. In zusammengesetzten Zustand des Transformator kerns schließt sich radial außen entweder ein jeweiliger Abschnitt des äußeren Kernringes oder aber ein Abschnitt des benachbarten inneren Kernringes an. Somit ist in vorteilhafter Weise zumindest in den Kernschenkelbereichen ein rundlicher oder elliptischer magnetischer Gesamtquerschnitt erreicht.

[0009] Der Begriff rechteckähnlich ist weit auszulegen. Das amorphe Bandmaterial ist mechanisch ausgesprochen empfindlich und daher ist üblicherweise ein Mindestbiegeradius erforderlich, welcher nicht unterschritten werden sollte, um ein Brechen des amorphen Bandmaterials auszuschließen. Ein derartiger Mindestbiegeradius liegt beispielsweise im Bereich von größer als 0.5cm - 3cm, was bei radial außen befindlichen Lagen auch einen Biegeradius von 30cm und höher bedingen kann, wobei eine entsprechende Kernringform erfindungsgemäß ebenfalls als rechteckähnlich aufzufassen sind. Auf der anderen Seite sind zumindest im Bereich der zu bildenden Kernschenkel auch gerade Abschnitte der jeweiligen Kernringe vorzusehen, um so mit einem möglichst hohen Füllfaktor darum eine hohlzylindrische Transformator spule oder eine Wicklung anordnen zu können.

[0010] Der äußere Kernring weist erfindungsgemäß ei-

ne genau entgegen gesetzte Schichtung der Wickellagen auf, diese werden also mit steigendem radialen Abstand schmaler, wobei die radial innere Breite eines äußeren Kernringes vorzugsweise der radial äußeren Breite eines inneren Kernringes entspricht. Somit ist ein stufenloses Aneinandergrenzen der magnetischen Querschnitte von radial äußerem und innerem Kernringen gewährleistet. In analoger Weise ergibt sich eine vergleichbare magnetische Gesamtquerschnittsflächenform bei benachbart in einer Ebene aneinander grenzenden inneren Kernringen.

[0011] Produktionstechnisch kann es sich als sinnvoll erweisen, einen gewickelten Kernring nach dem Wickeln aufzutrennen, so dass ein entsprechendes Lagenpaket gebildet ist, welches während des Produktionsvorganges an anderer Stelle wieder zu einem Kernring zusammengefügt wird. Hierdurch lässt sich beispielsweise eine Spule um einen Abschnitt eines geöffneten Kernringes anordnen. Erfindungsgemäß ist auch ein derartiges aufgeschnittenes und wieder zusammengefügt Lagenpaket als gewickelter Kernring aufzufassen.

[0012] Unter einem zumindest annähernd kreisförmigen oder elliptischen Querschnitt kann erfindungsgemäß ausdrücklich auch eine gestufte Querschnittsform verstanden werden, beispielsweise auch eine Querschnittsform mit lediglich zwei Stufen, welche letztendlich als aus drei rechteckähnlichen Bereichen zusammengesetzt angenommen werden kann. Eine derartige Form weist dann beispielsweise lediglich zwei Breitenvarianten der Wickellagen auf, was produktionstechnisch besonders einfach zu realisieren ist.

[0013] Selbstverständlich kann der magnetische Gesamtquerschnitt durch Erhöhung der Anzahl der jeweiligen Stufen beliebig nahe an einen kreisförmigen oder elliptischen Gesamtquerschnitt approximiert werden, beziehungsweise an genau den Innenquerschnitt einer Transformatorspule, welche um einen derart gebildeten Kernschenkel angeordnet werden soll. Bei einer derartigen Ausführungsform wird das zu wickelnde amorphe Bandmaterial längs seiner Erstreckung kontinuierlich in seiner Breite angepasst, wobei sich für das Bandmaterial in etwa die Form eines sehr lang gestreckten Keils oder Trapezes ergibt. Eine mechanische Breitenanpassung erfolgt beispielsweise mittels Laserschneidens der Kanten eines amorphen Bandmaterials konstanter Breite.

[0014] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen amorphen Transformatorkerns weisen mehrere radial benachbarte Wickellagen wenigstens eines Kernringes dieselbe Breite auf, wobei somit stufenartige rechteckförmige Querschnittsbereiche gebildet sind. Mehrere derartig übereinanderliegende Wickellagen werden auch als Lagenpakete bezeichnet. Die Anzahl der verwendeten Breiten der Wickellagen ist somit in vorteilhafter Weise reduziert, was insbesondere produktionstechnische Vorteile mit sich bringt. Trotzdem ist der mit einer derartigen Querschnittsflächenform erzielbare Füllfaktor eines so gebildeten Kernschenkels vorteilhaft erhöht.

[0015] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Transformatorkerns ist wenigstens eine Wickellage eines Kernringes aus wenigstens zwei axial nebeneinander angeordneten Windungen des amorphen Bandmaterials gebildet. Hierdurch lässt sich die Breite einer Wickellage durch Verwendung einer entsprechenden Anzahl nebeneinander liegender Windungen oder Windungspakete in besonders einfacher Weise variieren. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn die jeweilige Breite der Windungen oder Windungslagenpakete identisch ist.

[0016] Einer weiteren Erfindungsvariante folgend weisen radial benachbarte Wickellagen mit axial nebeneinander angeordneten Windungen des amorphen Bandmaterials einen inneren stufenartigen axialen Versatz zueinander auf. Somit überlappen sich radial übereinander angeordnete Windungen oder Windungspakete an ihrer gemeinsamen Grenzfläche, was in vorteilhafter Weise zu einer erhöhten Stabilität des gewickelten amorphen Transformatorkernringes führt.

[0017] Gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltungsform des amorphen Transformatorkerns weisen alle Windungen des amorphen Bandmaterials dieselbe Breite auf und sind in einem gemeinsamen axialen Raster angeordnet. Hierdurch wird die Produktion eines Transformatorkerns in vorteilhafter Weise vereinfacht, insbesondere durch die Verwendung lediglich einer einzigen Bandbreite des amorphen Bandmaterials.

[0018] Gemäß einer weiteren Erfindungsvariante des amorphen Transformatorkerns ist die Breite des gewickelten amorphen Bandmaterials zumindest abschnittsweise kontinuierlich an eine zu erzielenden magnetische Querschnittsform angepasst. Hierfür ist die Breite des zu wickelnden amorphen Bandmaterials beispielsweise mittels Laserschneiden der Kanten derart zu verändern, dass ein daraus gewickelter Kernring zumindest bereichsweise eine gewünschte magnetische Querschnittsform mit einem entsprechend hohem Füllfaktor aufweist. Auf diese Weise lässt sich der der tatsächliche magnetische Querschnitt beliebig nahe an den theoretischen benötigten Querschnitt für einen maximalen Füllfaktor approximieren.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen amorphen Transformatorkerns sind zwischen aneinandergrenzenden Kernringen oder aneinandergrenzenden Wickellagen zumindest bereichsweise Kühlkanäle vorgesehen. Amorphes Kernmaterial verliert seine hervorragenden magnetischen Eigenschaften zunehmend bei Übersteigen einer Grenztemperatur. Um auch unter wärmegeprägten Randbedingungen, beispielsweise bei Betrieb eines Transformatorkerns in heißen Klimagebieten, einen gewünschten geringen Kernverlust zu gewährleisten sind optional zwischen wenigstens zwei Wickellagen Kühlkanäle vorgesehen. Diese sind beispielsweise durch leistenähnliche Elemente realisierbar, welche beispielsweise auf einer Isoliermatte angeordnet sind, welche ebenso wie das amorphe Bandmaterial gewickelt werden.

[0020] Die zuvor beschriebenen Vorteile werden auch durch einen Transformator, umfassend einen erfindungsgemäßen dreischenkligem Transformator mit mindestens einer elektrischen Wicklung um jeden der drei Schenkel realisiert, wobei der Innendurchmesser der zumeist hohlzylindrischen Wicklungen beziehungsweise Spulen idealerweise auf den Außendurchmesser eines dieser jeweils durchgreifenden Transformator-kernschenkel des erfindungsgemäßen Transformators angepasst ist. Somit ergibt sich ein besonders hoher Füllfaktor.

[0021] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0022] Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung, weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile näher beschrieben werden.

[0023] Es zeigen:

- Fig. 1 einen exemplarischen amorphen Transformator-kern,
- Fig. 2 exemplarische Varianten von kreisförmigen magnetischen Querschnitten,
- Fig. 3 exemplarische Varianten von elliptischen magnetischen Querschnitten,
- Fig. 4 exemplarische Varianten von weiteren magnetischen Querschnitten,
- Fig. 5 eine exemplarische Variante eines magnetischen Querschnitts mit Kühlkanal sowie
- Fig. 6 einen Ausschnitt eines magnetischen Querschnitts eines Kernringes.

[0024] Fig. 1 zeigt einen exemplarischen amorphen Transformator-kern 10, welcher auch unter der Bezeichnung "Evans Kern" bekannt ist. Ein erster 12 und ein zweiter 14 rechteckähnlicher Kernring aus gewickeltem amorphem Bandmaterial sind in einer gemeinsamen Ebene benachbart angeordnet. Beide Kernringe 12, 14 sind formschlüssig in einen rechteckähnlichen äußeren Kernring 16 aus gewickeltem amorphem Bandmaterial verschachtelt, welcher in derselben Ebene angeordnet ist. Alle Wickelachsen der Kernringe 12, 14, 16 sind parallel ausgerichtet.

[0025] Durch eine derartige Anordnung sind durch beziehungsweise aneinander grenzende Kernringe 12, 14, 16 drei Kernschenkel 20, 22, 24 sowie ein oberes und ein unteres Joch 26 gebildet. Die magnetischen Querschnitte der inneren 12, 14 und des äußeren 16 Kernringes sind zumindest annähernd gleich. Somit ergibt sich der magnetische Querschnitt der Kernschenkel 20, 22, 24 und der Joche 26 jeweils zu dem doppelten des magnetischen Querschnitts eines Kernringes 12, 14, 16. Der mittlere Kernschenkel 22 ist von aneinandergrenzenden Bereichen der inneren Kernringe 12, 14 gebildet wohingegen die äußeren Kernschenkel 20, 24 sowie oberes und unteres Joch 26 aus aneinander grenzenden Bereichen eines der inneren Kernringe 12, 14 mit dem äußeren

Kernring 16 gebildet sind. Dieser Darstellung ist nicht zu entnehmen, dass die magnetischen Querschnitte zumindest der Kernschenkel 20, 22, 24 rundlich ausgeprägt sind, was in diesem Fall jedoch gegeben ist.

[0026] In der hier gezeigten Sonderform sind zwischen aneinander grenzenden Kernringen 12, 14, 16 exemplarische Kühlkanäle 18 angeordnet, welche in etwa parallel zu den Wickelachsen der Kernringe 12, 14, 16 verlaufen. Kühlkanäle 18 sind beispielsweise durch Einlegen von entsprechenden Leisten oder Kühlkanalmodulen realisierbar. Ein derartiger Transformator-kern weist beispielsweise eine Höhe von 1,5m und eine Breite von 2m auf, wobei diese Angaben fallweise sehr variieren können.

[0027] Fig. 2 zeigt exemplarische Varianten von kreisförmigen magnetischen Querschnitten von Kernschenkel in einer Zeichnung 30. Die Untervariante 30a zeigt einen idealen halbkreisförmigen magnetischen Querschnitt 32 eines inneren Kernringes und einen idealen halbkreisförmigen magnetischen Querschnitt 34 eines äußeren Kernringes, wobei beide Kernringe um eine jeweilige Wickelachse gewickelt sind, welche parallel zu der mit der Bezugsziffer 36 dargestellten Wickelachse ist. Im verschachtelten Zustand grenzen die geraden Abschnitte der magnetischen Querschnitte 32, 34 beziehungsweise aneinander und ein daraus gebildeter Kernschenkel weist einen runden Gesamtquerschnitt auf.

[0028] Das gezeigte Beispiel ist selbstverständlich auch in vergleichbarer Weise anwendbar auf einen Jochquerschnitt oder zwei im mittleren Kernschenkel aneinandergrenzende Abschnitte von zwei inneren Kernringen.

[0029] Die Untervariante 30b zeigt einen gestuften 42, 44, 46, 48 halbkreisförmigen Querschnitt 38 eines inneren Kernringes und einen gestuften halbkreisförmigen Querschnitt 40 eines äußeren Kernringes, wobei beide Kernringe um eine jeweilige Wickelachse gewickelt sind, welche parallel zu der mit der Bezugsziffer 50 dargestellten Wickelachse ist. Hierbei ist die jeweilige Wickelbreite einer Wickellage oder eines Wickelpaketes amorphen Bandmaterials im Falle des inneren Kernringes bei radial außen liegende Wickellagen gegenüber radial innen liegenden Wickellagen erhöht und im Falle des äußeren Kernringes in umgekehrter Weise reduziert.

[0030] Die Untervariante 30c zeigt einen mit der Untervariante 30b vergleichbaren gestuften halbkreisförmigen Querschnitt 52 von einem innerem Kernring mit mehreren Windungen 56, 58, 60 in derselben Wickellage, welcher in radialer Richtung verbreitert ist sowie einen entsprechenden gestuften halbkreisförmigen Querschnitt 54 von einem äußerem Kernring, welcher in radialer Richtung verschmälert ist. Beide Kernringe sind um eine jeweilige Wickelachse gewickelt, welche parallel zu der mit der Bezugsziffer 62 dargestellten Wickelachse ist. Die Anzahl realer Wickellagen kann bei einer Dicke des amorphen Bandmaterials von beispielsweise 25µm mehrere 1000 betragen, so dass die hier gezeigten Windungen 56, 58, 60 auch als Windungslagenpakete mit

jeweils einigen 100 Lagen verstanden werden können.

[0031] Durch die Verwendung mehrerer Windungen 56, 58, 60 amorphen Bandmaterials in derselben Wickellage ist die Anzahl der verwendeten Breiten des amorphen Bandmaterials in vorteilhafter Weise reduzierbar. In diesem Beispiel weisen radial benachbarte Wickellagen mit axial nebeneinander angeordneten Windungen 56, 58, 60 des amorphen Bandmaterials einen inneren stufenartigen axialen Versatz zueinander auf.

[0032] Fig. 3 zeigt exemplarische Varianten von elliptischen magnetischen Querschnitten in einer Zeichnung 70. Die Untervariante 70a zeigt einen idealen halbelliptischen magnetischen Querschnitt 72 eines inneren Kernringes und einen idealen halbelliptischen magnetischen Querschnitt 74 eines äußeren Kernringes, wobei beide Kernringe um eine jeweilige Wickelachse gewickelt sind, welche parallel zu der mit der Bezugsziffer 76 dargestellten Wickelachse ist. Im verschachtelten Zustand grenzen die geraden Abschnitte der magnetischen Querschnitte bereichsweise aneinander und ein elliptischer Gesamtquerschnitt eines daraus gebildeten Kernschenkels ist erreicht.

[0033] Die Untervariante 70b zeigt einen gestuften halbelliptischen magnetischen Querschnitt 78 eines inneren Kernringes und einen gestuften halbelliptischen magnetischen Querschnitt 80 eines äußeren Kernringes, wobei beide Kernringe um eine jeweilige Wickelachse gewickelt sind, welche parallel zu der mit der Bezugsziffer 82 dargestellten Wickelachse ist.

[0034] Fig. 4 zeigt exemplarische Varianten von weiteren magnetischen Querschnitten in einer Darstellung 90. In der Untervariante 90a ist ein erster rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt 92 von einem inneren Kernring und ein erster rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt 94 von einem äußeren Kernring in Relation zu einer Wickelachse 96 gezeigt.

[0035] Bei den betreffenden Kernringen ist deren magnetischer Querschnitt längs ihres Umfangs nicht konstant. Die in der Untervariante 90a gezeigten Querschnitte 92, 94 liegen in einem jeweiligen Schenkelbereich eines daraus gebildeten Transformatorkerns, bei welchem zumindest annähernd ein rundlicher magnetischer Querschnitt zu erzielen ist, damit um einen dort gebildeten Kernschenkel mit möglichst hohem Füllfaktor eine hohlzylindrische Transformatorspule beziehungsweise elektrische Wicklung anordenbar ist.

[0036] Die Untervariante 90b zeigt einen zweiten rasterförmigen gestuften Querschnitt 98 von einem inneren Kernring und einen zweiten rasterförmigen gestuften Querschnitt 100 von einem äußeren Kernring. Die in der Untervariante 90b gezeigten Querschnitte 98, 100 liegen in einem jeweiligen Jochbereich eines daraus gebildeten Transformatorkerns, bei welchem die Querschnittsform nicht notwendigerweise rund sein muss, weil dort keine hohlzylindrische Transformatorspule oder elektrische Wicklung angeordnet wird.

[0037] Durch die rasterförmige Anordnung ist ein jeweiliger Kernring letztendlich durch mehrere axial be-

nachbart angeordnete Teilkernringe zusammengesetzt, welche idealerweise jeweils dieselbe axiale Breite aufweisen. Hierdurch ist der magnetische Querschnitt eines so gebildeten Kernringes längs seiner Umlaufrichtung nicht notwendiger Weise konstant.

[0038] Fig. 5 zeigt eine exemplarische Variante eines magnetischen Querschnitts mit Kühlkanal in einer Darstellung 110. In der Untervariante 110a ist ein erster gestufter halbkreisförmiger Querschnitt 112 von einem inneren Kernring und ein erster rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt 114 von einem äußeren Kernring in Relation zu einer Wickelachse 118 gezeigt. Zwischen zwei benachbarten Wickellagen oder Lagenpaketen sind jeweilige Kühlkanäle 116 vorgesehen.

[0039] Fig. 6 zeigt in einer Darstellung 120 einen Ausschnitt des magnetischen Querschnitts eines exemplarischen Kernringes. Es sind zwei rechteckförmige Querschnittsbereiche gezeigt, welche als jeweiliges Lagenpaket 124 aus mehreren Wickellagen 122 eines amorphen Bandmaterials gebildet sind.

Bezugszeichenliste

[0040]

10	exemplarischer amorpher Transformatorkern
12	erster rechteckähnlicher innerer Kernring
14	zweiter rechteckähnlicher innerer Kernring
16	äußerer rechteckähnlicher Kernring
18	Kühlkanal
20	erster Kernschenkel
22	zweiter Kernschenkel
24	dritter Kernschenkel
26	unteres Kernjoch
30	exemplarische Varianten von kreisförmigen magnetischen Querschnitten
32	idealer halbkreisförmiger Querschnitt von innerem Kernring
34	idealer halbkreisförmiger Querschnitt von äußerem Kernring
36	Wickelachse
38	gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von innerem Kernring
40	gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von äußerem Kernring
42	erster rechteckförmiger Querschnittsbereich
44	zweiter rechteckförmiger Querschnittsbereich
46	dritter rechteckförmiger Querschnittsbereich
48	vierter rechteckförmiger Querschnittsbereich
50	Wickelachse
52	gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von innerem Kernring mit mehreren Windungen in selber Wickellage
54	gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von äußerem Kernring mit mehreren Windungen in selber Wickellage
56	erste Windung von Wickellage
58	zweite Windung von Wickellage

60	dritte Windung von Wickellage	
62	Wickelachse	
70	exemplarische Varianten von elliptischen magnetischen Querschnitten	
72	idealer elliptischer Querschnitt von innerem Kernring	5
74	idealer elliptischer Querschnitt von äußerem Kernring	
76	Wickelachse	
78	gestufter elliptischer Querschnitt von innerem Kernring	10
80	gestufter elliptischer Querschnitt von äußerem Kernring	
82	Wickelachse	
90	exemplarische Varianten von weiteren magnetischen Querschnitten	15
92	erster rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von innerem Kernring	
94	erster rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von äußerem Kernring	20
96	Wickelachse	
98	zweiter rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von innerem Kernring	
100	zweiter rasterförmiger gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von äußerem Kernring	25
102	Wickelachse	
110	exemplarische Variante eines magnetischen Querschnitts mit Kühlkanal	
112	gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von innerem Kernring mit Kühlkanal	30
114	gestufter halbkreisförmiger Querschnitt von äußerem Kernring mit Kühlkanal	
116	Kühlkanal	
118	Wickelachse	
120	Ausschnitt von magnetischem Querschnitt eines Kernringes	35
122	Wickellagen eines Lagenpaketes	
124	rechteckförmiger Querschnittsbereich	

Patentansprüche

1. Amorpher Transformatorkern (10), umfassend einen rechteckähnlichen äußeren Kernring (16) und zwei in einer gemeinsamen Ebene nebeneinanderliegende in den äußeren Kernring (16) verschachtelte rechteckähnliche innere Kernringe (12, 14) mit jeweils ähnlicher magnetischer Querschnittsflächengröße, wobei insgesamt zwei Kernjoche (26) und drei Kernschenkel (20, 22, 24) gebildet sind, deren jeweiliger magnetischer Gesamtquerschnitt jeweils aus dem magnetischen Querschnitt (30, 70, 90, 110) zweier verschiedener bereichsweise aneinander grenzender Kernringe (12, 14, 16) gebildet ist, wobei die Kernringe um eine jeweilige Wickelachse (36, 50, 62, 76, 82, 96, 102, 118) aus einer Vielzahl an Wickellagen (122) amorphen Bandmaterials gewickelt sind,

dadurch gekennzeichnet,

dass die jeweilige Wickelbreite einer Wickellage amorphen Bandmaterials im Falle der inneren Kernringe (12, 14) bei radial außen liegende Wickellagen (122) gegenüber radial innen liegenden Wickellagen (122) erhöht und im Falle des äußeren Kernringes (16) in umgekehrter Weise reduziert ist, so dass ein jeweiliger zumindest annähernd kreisförmiger (30) oder elliptischer (70) magnetischer Gesamtquerschnitt zumindest der Kernschenkel (20, 22, 24) gebildet ist.

2. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere radial benachbarte Wickellagen (122) wenigstens eines Kernringes (12, 14, 16) dieselbe Breite aufweisen und somit stufenartige rechteckförmige Querschnittsbereiche (42, 44, 46, 48, 124) gebildet sind.
3. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Wickellage (122) eines Kernringes (12, 14, 16) aus wenigstens zwei axial nebeneinander angeordneten Windungen (56, 58, 60) des amorphen Bandmaterials gebildet ist.
4. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** radial benachbarte Wickellagen (122) mit axial nebeneinander angeordneten Windungen (56, 58, 60) des amorphen Bandmaterials einen inneren stufenartigen axialen Versatz zueinander aufweisen.
5. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Windungen des amorphen Bandmaterials dieselbe Breite aufweisen und in einem gemeinsamen axialen Raster angeordnet sind.

6. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite des gewickelten amorphen Bandmaterials zumindest abschnittsweise kontinuierlich an eine zu erzielenden magnetische Querschnittsform angepasst ist.

7. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen aneinandergrenzenden Kernringen (12, 14, 16) zumindest bereichsweise Kühlkanäle (18, 116) vorgesehen sind.

8. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen aneinandergrenzenden Wickellagen (124) zumindest bereichsweise Kühlkanäle (18, 116) vorgesehen sind.

9. Transformator, umfassend einen dreischenkligigen Transformator Kern mit mindestens einer elektrischen Wicklung jeden der drei Kernschenkel, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformator Kern ein Transformator Kern (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ist. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

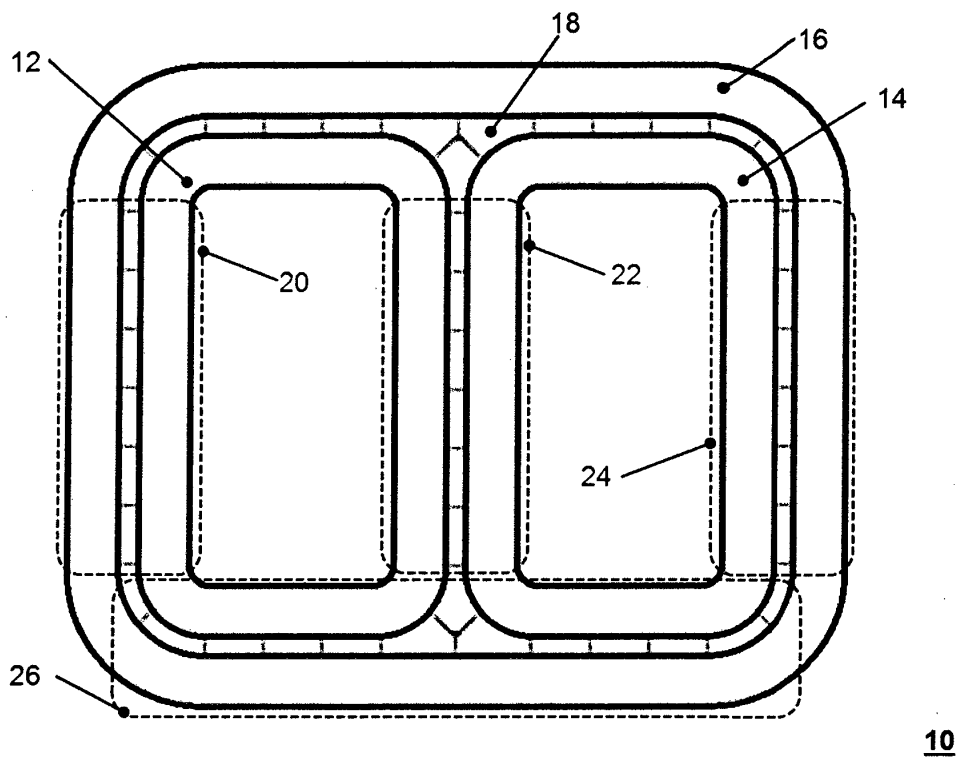


Fig. 1

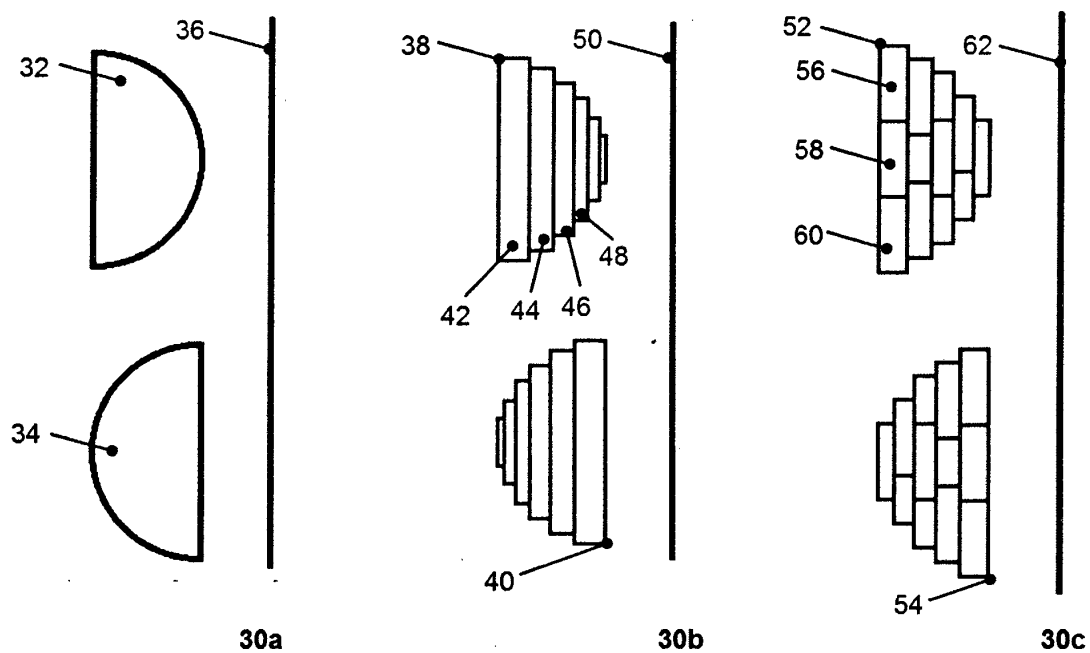
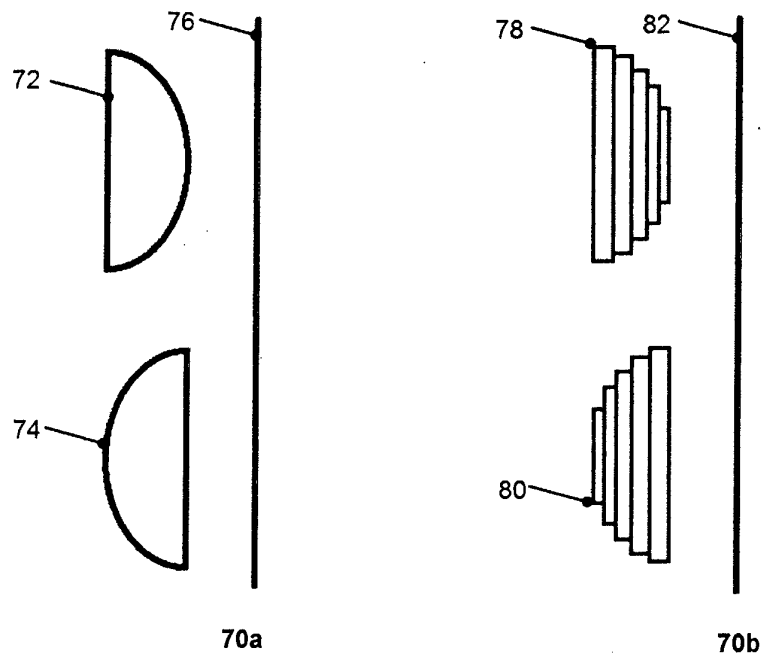
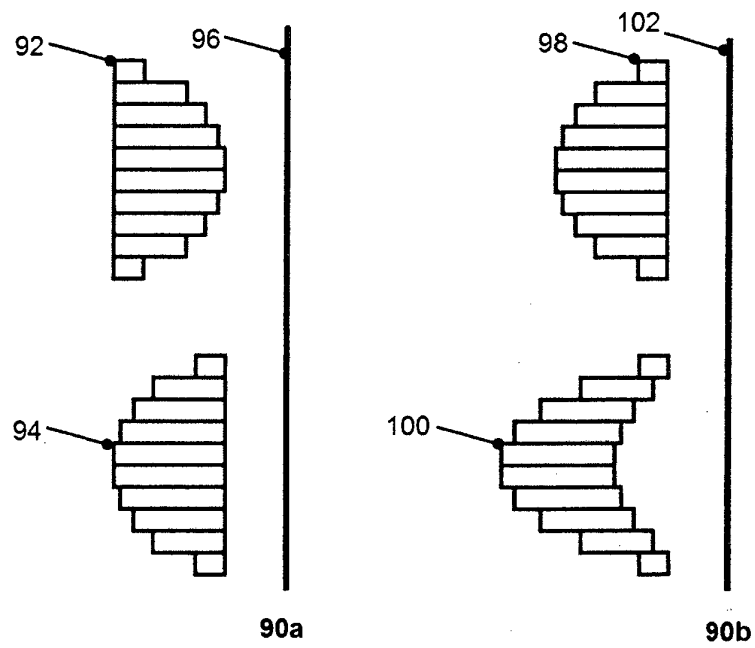


Fig. 2



70

Fig. 3



90

Fig. 4

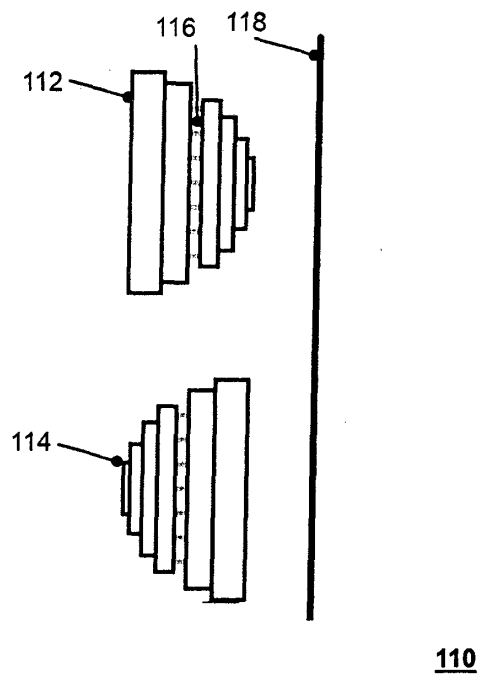


Fig. 5

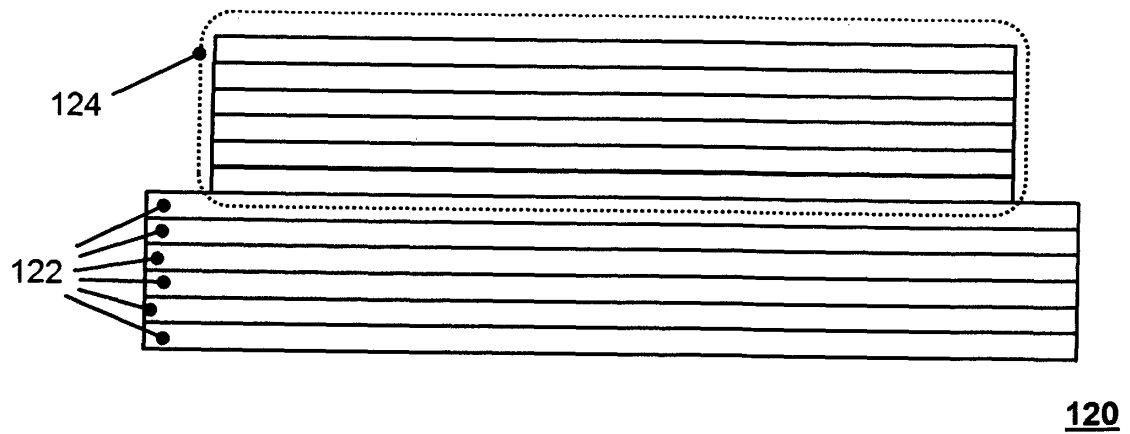


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 14 00 0743

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	US 2002/067239 A1 (NATHASINGH DAVID M [US] ET AL) 6. Juni 2002 (2002-06-06)	1,2,6,9	INV. H01F27/22 H01F27/25
Y	* Zusammenfassung; Abbildungen 3, 10-14 * * Absatz [0038] - Absatz [0039] *	3-5,7,8	
Y	US 3 399 365 A (SUBOVICI VADIM) 27. August 1968 (1968-08-27) * Abbildungen 1, 2 * * Spalte 1, Zeile 33 - Zeile 42 * * Spalte 2, Zeile 33 - Zeile 42 *	3-5,8	
Y	EP 2 463 871 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 13. Juni 2012 (2012-06-13) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Absatz [0026] *	1,7	
Y	US 2 431 128 A (LINK EDWIN A) 18. November 1947 (1947-11-18) * Abbildungen 1-3 * * Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 40 *	1	
Y	US 2 974 401 A (ZWELLING MARTIN I) 14. März 1961 (1961-03-14) * Abbildungen 1-4 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 4 557 039 A (MANDERSON LAURENCE [AU]) 10. Dezember 1985 (1985-12-10) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Spalte 6, Zeile 7 - Zeile 14 *	1	H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. Juli 2014	Prüfer Tano, Valeria
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 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 03.82 (P04C03)

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

EP 14 00 0743

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.

15-07-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002067239 A1	06-06-2002	AT 317153 T	15-02-2006
		AU 9112398 A	08-03-1999
		CA 2300900 A1	25-02-1999
		CN 1276910 A	13-12-2000
		DE 69833380 T2	28-09-2006
		EP 1005698 A1	07-06-2000
		ES 2257815 T3	01-08-2006
		JP 4350890 B2	21-10-2009
		JP 2001516143 A	25-09-2001
		US 2002067239 A1	06-06-2002
		WO 9909567 A1	25-02-1999
US 3399365 A	27-08-1968	BE 671502 A	14-02-1966
		US 3398450 A	27-08-1968
		US 3399365 A	27-08-1968
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 2431128 A	18-11-1947	KEINE	
US 2974401 A	14-03-1961	KEINE	
US 4557039 A	10-12-1985	KEINE	

EPO FORM P0461

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