



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.11.2010 Patentblatt 2010/46

(51) Int Cl.:
H01F 3/04 (2006.01) **H01F 27/25** (2006.01)
H01F 41/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09006635.8**

(22) Anmeldetag: **16.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
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 SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

• **Mönig, Wolfgang**
59929 Brilon (DE)
• **Weber, Benjamin**
59955 Winterberg (DE)

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

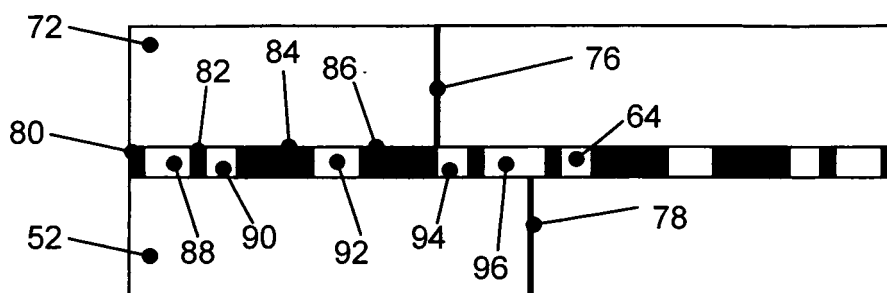
(74) Vertreter: **Partner, Lothar**
ABB AG
GF-IP
Postfach 1140
68520 Ladenburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Luckey, Michael**
34431 Marsberg (DE)

(54) **Transformatorkern**

(57) Die Erfindung betrifft einen Transformatorkern (70) für einen Leistungstransformator, welcher wenigstens zwei parallel und zumindest annähernd kongruent benachbart zueinander angeordnete Transformator-kernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) mit einem zumindest ähnlichen Grundriss aufweist. In dem Grundriss ist wenigstens jeweils eine Durchgangsöffnung (12, 14,

54, 56) vorgesehen. Die Transformator-kernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) bestehen zumindest überwiegend aus einem amorphen ferromagnetischen Material. Zwischen den Transformator-kernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) ist wenigstens ein Kühlkanal (64, 88, 90, 92, 94, 96, 112, 114) angeordnet. Die Erfindung betrifft auch einen Leistungstransformator mit einem derartigen Transformator-kern.



70

Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Transformatorkern für einen Leistungstransformator und einen Leistungstransformator mit einem derartigen Transformatorkern.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass Transformatoren zur Leistungsübertragung bei der Energieversorgung durch Spannungsanpassung von einem ersten Spannungsniveau auf ein zweites dienen. Anstelle von früher verbreitet eingesetzten Leistungstransformatoren mit Ölfüllung werden in zunehmendem Maße Leistungstransformatoren in Trockenbauweise, so genannte Trockentransformatoren, eingesetzt.

[0003] Dabei ist der Aufbau eines Leistungstransformator in Trockenbauweise dem des Leistungstransformator mit Ölfüllung insoweit sehr ähnlich, als auch bei Leistungstransformator in Trockenbauweise die jeweiligen Wicklungskörper auf Kernen aus ferromagnetischem Material aufgebracht sind, die jeweils an beiden Enden mit Jochen verbunden sind und einen magnetischen Kreis bilden.

[0004] Allerdings wird bei den Trockentransformatoren die Verlustwärme, welche bei Leistungstransformatoren mit Ölfüllung vom Öl aufgenommen und über geeignete Kühlflächen oder separate Kühler abgegeben wurde, durch Luftkonvektion abgeführt. Die geringere spezifische Wärmekapazität der Luft gegenüber Öl bedeutet schlechthin eine Leistungsbegrenzung für Trockentransformatoren.

[0005] In den Wicklungen eines belasteten Transformators treten ohmsche Verluste durch die Wicklungsströme und durch Wirbelströme im Leitermaterial auf. Diese ohmschen Verluste werden überlagert von Leerlaufverlusten und gegebenenfalls Kurzschlussverlusten sowie Hystereseverlusten.

[0006] Die Leerlaufverluste sind hauptsächlich durch die Induktion und die Beschaffenheit des Kerns bestimmt und näherungsweise unabhängig von der Betriebstemperatur des Transformators. Die Kurzschlussverluste sind temperaturabhängig und steigen bei konstanter Belastung mit der Temperatur bzw. dem spezifischen Widerstand des Leitermaterials an. Um die Hystereseverluste möglichst klein zu halten, kommen bevorzugt Kernmaterialien mit sehr schmaler Hystereseschleife zum Einsatz.

[0007] Um die hierdurch verursachten Wärmeverluste eines Trockentransformators zu verringern und so dessen Belastbarkeit zu verbessern, wird in neuerer Zeit bevorzugt amorphes Kernmaterial statt kornorientierten Kernmaterials eingesetzt.

[0008] Allerdings erfordert die Verwendung von amorphen Werkstoffen neue Konstruktionen und Verarbeitungsweisen, da einerseits aufgrund der im Vergleich zu einem konventionellen Transformatorkern geringeren Flusssichte größere Kernquerschnitte notwendig sind und andererseits ein amorphes Kernmaterial empfindlicher gegenüber höheren Temperaturen ist als bei einem kornorientierten Kernblech.

[0009] Zudem ist das zumeist als Flachbandmaterial lieferbare amorphe Material mechanisch sehr empfindlich, weshalb auch die lieferbaren Breiten des Bandmaterials begrenzt sind, beispielsweise auf 200mm. Auch die mechanisch realisierbaren Baugrößen eines Transformatorkerns sind somit beschränkt. Die erzielbaren Nennleistungen von Transformatoren mit einem Kern aus amorphem Werkstoff sind daher seither begrenzt, beispielsweise auf 1 MVA, während Trockentransformatoren mit konventionellem Kern Leistungswerte von bis zu 20MVA und drüber aufweisen.

[0010] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung einen Transformatorkern aus amorphem Material anzugeben, welcher die seither erzielbaren Nennleistungen eines Leistungstransformators mit amorphem Kern erhöht. Aufgabe der Erfindung ist es auch, einen entsprechenden Leistungstransformator anzugeben.

[0011] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Transformatorkern der eingangs genannten Art. Dieser ist **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser wenigstens zwei parallel und zumindest annähernd kongruent benachbart zueinander angeordnete Transformatorkernscheiben mit einem zumindest ähnlichen Grundriss aufweist, dass in dem Grundriss wenigstens jeweils eine Durchgangsöffnung vorgesehen ist, dass die Transformatorkernscheiben zumindest überwiegend aus einem amorphen ferromagnetischem Material bestehen und dass zwischen den Transformatorkernscheiben wenigstens ein Kühlkanal angeordnet ist.

[0012] Die wenigstens eine Durchgangsöffnung dient als Wickelfenster für eine oder mehrere später anzuordnende Transformatorwicklungen. Eine Transformatorskernscheibe erstreckt sich hierbei vorzugsweise senkrecht zu ihrem Grundriss in eine bestimmte Höhe. Die Höhe ist begrenzt von der mechanisch erzielbaren Baugröße und beträgt beispielsweise 15cm bis 25cm oder auch darüber. Bei zu großen Transformatorkerngrößen könnte bereits das Eigengewicht des Kernes aufgrund der mechanischen Empfindlichkeit des amorphen ferromagnetischen Kernmaterials zu einer Bruchgefahr führen. Zudem wird das Problem der Kernerwärmung bei Betrieb des Leistungstransformators mit zunehmender Höhe bzw. Dicke der Transformatorkernscheibe kritischer.

[0013] Ähnliche Grundrisse bedeuten hierbei nicht zwangsläufig eine Identität der Grundrisse. Vielmehr ist es auch denkbar, beispielsweise bei der Anordnung von drei Transformatorkernscheiben, die beiden äußeren Scheiben mit einer etwas größeren Durchgangsöffnung und einem etwas kleineren Aussengrundriss zu versehen als die mittlere Scheibe.

[0014] Aufgrund der modularen Aufteilung des Transformatorkerns in mehrere Transformatorkernscheiben ist jede Kernscheibe separat zu fertigen und bildet nach der Fertigung eine mechanisch zumindest stabilisierte Einheit, welche als solche auch transportierbar und mit weiteren Komponenten zu einem größeren Transforma-

torkern zusammenfügbar ist.

[0015] Eine Anordnung von mehreren derartigen Transformatorkernscheiben mit dazwischen liegenden Kühlkanälen erhöht die Kühlfläche für den so zusammengeführten Transformatorkern, so dass auch einer zu starken Erwärmung des temperaturempfindlichen Kernmaterials entgegen gewirkt werden kann.

[0016] Die Kombination aus modularer Anordnung von Transformatorkernscheiben und dazwischen liegenden Kühlkanälen ermöglicht somit in vorteilhafter Weise den Bau und Betrieb eines in seiner Größe deutlich gesteigerten Transformatorkerns aus amorphem ferromagnetischem Material.

[0017] In bevorzugter Weise erstrecken sich mehrere Kühlkanäle längs des gesamten Grundrisses. Die zur Verfügung stehende Kühlfläche wird hierbei in hohem Umfang ausgenutzt und somit ein entsprechend hoher Kühleffekt ermöglicht. Es ist sowohl natürliche Kühlung, also beispielsweise ein Durchströmen der Kühlkanäle mit Umgebungsluft, welche durch untere Einlassöffnungen in die Kühlkanäle gelangt und in erwärmten Zustand an oberen Auslassöffnungen wieder entweicht, als auch forcierte Kühlung möglich.

[0018] Entsprechend einer bevorzugten Ausgestaltung ist das amorphe ferromagnetische Material bandförmig ausgeprägt und in mehreren benachbarten Lagen quer zum Grundriss um die wenigstens eine Durchgangsöffnung verlaufend angeordnet, so dass sich eine Dicke einer Transformatorkernscheibe aus einer Breite des bandförmigen Materials ergibt.

[0019] Bandförmig ausgeprägtes amorphes Kernmaterial ist trotz seiner mechanischen Empfindlichkeit gut auf Rollen transportierbar und ermöglicht zudem einen flexiblen Herstellungsprozess eines Transformatorkerns bzw. einer Transformatorkernscheibe. Bevorzugter Weise wird das Bandmaterial in ringähnlichen Lagen um die wenigstens eine Durchgangsöffnung angebracht. Eine Lage umfasst einen Winkel von beispielsweise 360° womit ein Blech genau die wenigstens eine Durchgangsöffnung umschließt. Eine benachbarte Lage wird dann von einem weiteren Blech gebildet.

[0020] 360° sind insofern besonders vorteilhaft, als bei einer hängenden Montage eines Transformatorkerns bzw. einer Transformatorkernscheibe das mechanisch empfindliche Blech, welches beispielsweise eine Dicke von $15 - 50 \mu\text{m}$ aufweist, über die obere Kante des zu fertigenden Kerns bzw. über eine Haltevorrichtung gehängt werden kann. An den Seiten hängt das Blech dann jeweils schwerkraftbedingt herunter und kann dann unter weitestgehender Vermeidung einer mechanischen Beanspruchung an der unteren Kante des zu fertigenden Transformatorkerns an seinen beiden Enden zusammengefügt werden.

[0021] Bei Vorhandensein von mehreren Durchgangsöffnungen bzw. Wickelfenstern umschließt ein Blech in den jeweils äußeren Lagen vorzugsweise alle Durchgangsöffnungen um so eine erhöhte mechanische Stabilität des gefertigten Transformatorkerns zu gewährlei-

sten.

[0022] In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Transformatorkerns ist der Grundriss der wenigstens zwei Transformatorkernscheiben jeweils annähernd rechteckförmig und die jeweils wenigstens eine Durchgangsöffnung ebenfalls, so dass wenigstens zwei Transformatorkernschenkel und wenigstens zwei Transformatorkernjoch gebildet sind. Der Begriff rechteckförmig ist derart zu interpretieren, dass in jedem Fall die materialbedingten Biegeradien des Bandmaterials zu berücksichtigt sind, beispielsweise $100\text{mm} - 300\text{mm}$ und drüber, so dass in der Regel keine scharfen Kanten ausgebildet sind.

[0023] Diese Form entspricht in etwa der Form eines konventionellen Transformatorkerns und ermöglicht eine vereinfachte Anordnung von Wicklungen auf den so gebildeten Transformatorkernschenkel. Eine bevorzugte Form beinhaltet hierbei zwei rechteckförmige Durchgangsöffnungen bzw. Wickelfenster, so dass drei Schenkel gebildet sind, welche die Verwendung des Transformatorkerns für einen dreiphasigen Leistungstransformator ermöglichen.

[0024] In einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Transformatorkerns sind wenigstens zwei Transformatorkernscheiben jeweils an wenigstens einem Schenkel und/oder Joch lagenweise öffnen- und schließbar, so dass in geöffnetem Zustand über wenigstens einen Schenkel ein zylindrischer Hohlkörper schiebbar ist, welcher dann von dem Schenkel durchgriffen ist.

[0025] Eine derartige Möglichkeit der lagenweisen Öffnung besteht beispielsweise darin, dass der Transformatorkern hängend senkrecht angeordnet ist und die den Transformatorkern bzw. die Transformatorkernscheiben bildenden Bleche jeweils in dem dann unten befindlichen Teil zusammengefügt sind. Nach Öffnung hängen die jeweiligen Bleche, welche zuvor das untere Joch bildeten, jeweils als Verlängerung der jeweiligen Transformatorkernschenkel nach unten und es ist von unten her ein zylindrischer Hohlkörper, insbesondere eine Wicklung, aufschiebbar.

[0026] In vorteilhafter Weise ist der wenigstens eine Kühlkanal zumindest teilweise aus Distanzelementen gebildet, welche die Transformatorkernscheiben beabstanden. Diese Art eines Kühlkanals vermeidet einen zusätzlichen Wärmewiderstand zwischen dem Kühlmedium, beispielsweise Luft, und den angrenzenden Transformatorkernscheiben,

[0027] Alternativ ist der wenigstens eine Kühlkanal zumindest teilweise aus wenigstens einem Hohlelement gebildet. Dies ist von Vorteil, wenn als Kühlmedium beispielsweise eine Flüssigkeit verwendet ist. In diesem Fall ist die Kernoberfläche vor einem direkten Kontakt mit dem Kühlmedium geschützt und es kann ein geschlossener Kühlmittelkreislauf gebildet werden.

[0028] In einer erfindungsgemäßen Variante des Transformatorkerns besteht der wenigstens eine Kühlkanal zumindest überwiegend aus einem elektrisch isolierenden Material, beispielsweise einem harzgetränkten

Hartfaserstoff.

[0029] In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist ein gemeinsamer Zuleitungsanschluss und/oder eine gemeinsamer Ableitungsanschluss für ein den wenigstens einen Kühlkanal durchströmendes Kühlmedium vorgesehen, was sich insbesondere bei forcierter Kühlung mit einem flüssigen Kühlmedium als vorteilhaft erweist.

[0030] In einer bevorzugten Erfindungsvariante ist der Transformatorkern auch im Betrieb hängend bei senkrecht ausgerichteter Grundriss angeordnet. Die mechanischen Belastungen für den Transformatorkern werden hierdurch weiter verringert.

[0031] Entsprechend einer weiteren Variante des Transformatorkerns ist wenigstens eine um eine Wickelachse angeordnete elektrische Wicklung auf einem Schenkel des Transformatorkerns angeordnet, wobei die Wicklung längs ihrer Wickelachse von dem Schenkel durchgriffen ist. Dies entspricht einer typischen Wicklungsanordnung auf konventionellen Transformatorkernen.

[0032] Die Aufgabe wird auch gelöst durch einen Leistungstransformator mit einem Transformatorkern der zuvor beschriebenen Art. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist dies ein Drehstromtransformator mit jeweils wenigstens drei Primär- und drei Sekundärwicklungen. Die zuvor beschriebenen Vorteile des erfindungsgemäßen Transformatorkerns sind entsprechend auch auf einen derartigen Transformator übertragbar.

[0033] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0034] Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung, weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile näher beschrieben werden.

[0035] Es zeigen:

- Fig. 1 eine exemplarische erste Transformatorkernscheibe in dreidimensionaler Ansicht,
- Fig. 2 eine exemplarische zweite Transformatorkernscheibe mit Distanzelementen in einer Draufsicht,
- Fig. 3 einen exemplarischen Transformatorkern in einer Seitenansicht und
- Fig. 4 einen Transformatorkernschenkel mit elektrischer Wicklung in einer Schnittansicht.

[0036] Fig. 1 zeigt eine exemplarische erste Transformatorkernscheibe 10 in einer dreidimensionalen Ansicht, wobei die Ausrichtung der dreidimensionalen Koordinaten durch das Koordinatensystem 42 angedeutet ist. Die Transformatorkernscheibe 10 weist einen rechteckförmigen Grundriss in z-Ausrichtung 44 sowie zwei rechteckförmige Durchgangsöffnungen 12, 14 senkrecht zum Grundriss in y-Richtung auf, welche als Wickelfenster dienen. Die Transformatorkernscheibe 10 ist aus mehreren Lagen 16, 18, 20, 22, 24 eines bandförmigen amor-

phen ferromagnetischen Materials gebildet, wobei die reale Anzahl an Lagen aufgrund ihrer geringen Dicke von ca. 15 - 50 µm ungleich höher ist als die hier angedeuteten fünf Lagen, beispielsweise mehrere tausend. Zu beachten ist in der Darstellung, dass aufgrund eines einzuhaltenden Mindestbiegeradius der Bleche die Kanten des Grundrisses nicht so eckig ausgeformt sind, wie in der Fig. angedeutet, sondern beispielsweise mit einem Radius von 100mm - 300mm.

[0037] Jede Lage ist in diesem Beispiel genau durch ein umlaufendes Blech mit einer mit der Bezugsziffer 36 bezeichneten Breite gebildet, dessen beiden Enden in der Darstellung im unteren Jochbereich der Transformatorkernscheibe zusammengefügt sind. An eben diesen Stellen, welche in der Fig. als Öffnungsstellen 26, 28, 30, 32, 34 angedeutet sind, ist die Transformatorkernscheibe bedarfsweise auch wieder zu öffnen, beispielsweise um in einem weiteren Produktionsschritt eine Wicklung von unten über die dann zugänglichen Transformatorkernschenkel zu schieben.

[0038] Die jeweils angedeuteten drei inneren Lagen Bandmaterial 16, 18, 20 umschließen jeweils eine der beiden Durchgangsöffnungen bzw. Wickelfenster 12, 14. Die beiden angedeuteten äußeren Lagen 22, 24 umschließen beide Durchgangsöffnungen 12, 14 mit den jeweils inneren Lagen 16, 18, 20. Dies ist insbesondere aus Gründen der mechanischen Stabilität der Transformatorkernscheibe 10 sinnvoll, welche auf den beiden Hängevorrichtungen 38, 40 hängend dargestellt ist. Die hängende Anordnung ist insbesondere bei der Fertigung aber auch im späteren Betrieb vorteilhaft, weil die mechanische Belastung für den Transformatorkern bzw. die Transformatorkernscheibe 10 so reduziert ist.

[0039] Fig. 2 zeigt eine exemplarische zweite Transformatorkernscheibe 52 mit Distanzelementen in einer Draufsicht 50. Der Grundriss der zweiten Transformatorkernscheibe 52 ist auch in dieser Fig. rechteckförmig ausgeprägt und weist zwei ebenfalls rechteckförmige Durchgangsöffnungen 54, 56 auf, welche als Wickelfenster dienen. Somit sind drei Transformatorkernschenkel 58, 60, 62 ausgeprägt, welche an ihren beiden Enden jeweils über ein Joch 66, 68 verbunden sind.

[0040] Auf der zweiten Transformatorkernscheibe 52 angeordnet sind quaderähnliche Distanzelemente angedeutet, welche als schwarz ausgefüllte Rechtecke gezeichnet sind. Zwischen diesen Distanzelementen ergeben sich Kühlkanäle, deren Höhe der vorzugsweise einheitlichen Höhe der Distanzelemente entspricht. In einer realen Anordnung ist der entsprechende Transformatorkern stehend angeordnet, so dass sich bei natürlicher Kühlung eine Durchströmung der Kühlkanäle, von denen einer exemplarisch mit der Bezugsnummer 64 angedeutet ist, mit Luft von unten nach oben ergibt, wie mit den Pfeilen angedeutet.

[0041] Fig. 3 zeigt einen exemplarischen Transformatorkern 70 in einer Seitenansicht, wobei dieser aus der bereits in Fig. 2 gezeigten zweiten Transformatorkernscheibe 52 mit den zugehörigen Distanzelementen so-

wie einer baugleichen dritten Transformatorkernscheibe 72 gebildet ist. In dieser Schnittdarstellung sichtbar und mit einer Bezugsnummer versehen sind die Kühlkanäle 88, 90, 92, 94, 96 und der bereits in Fig. 2 gekennzeichnete erste Kühlkanal 64, welche zwischen den Distanzelementen 80, 82, 84, 86 und den weiteren nicht gekennzeichneten Distanzelementen gebildet sind. Ebenfalls sichtbar sind die Öffnungsstellen 76 und 78 der beiden Transformatorkernscheiben, an welchen die umlaufenden Aussenbleche zusammengefügt sind.

[0042] Ein derartiges Zusammenfügen der den Transformatorkern bzw. die Transformatorkernscheibe bildenden Bleche ist beispielsweise durch eine lagenweise Verzahnung und ein Umwickeln der gebildeten Schenkel bzw. Jochs mit einem geeigneten bandförmigen Befestigungsmaterial möglich.

[0043] Fig. 4 zeigt einen Transformatorkernschenkel mit elektrischer Wicklung in einer Schnittansicht 100. Der Transformatorkernschenkel ist gebildet durch die drei Transformatorkernscheibenschenkel 102, 104, 106 sowie die dazwischen angeordneten Hohlelemente 108 und 110 deren innerer Bereich die Kühlkanäle 112 und 114 bildet. Derartige Hohlelemente sind insbesondere bei Verwendung eines anderen Kühlmediums als die Umgebungsluft sinnvoll, weil in einem solchen Fall vorzugsweise ein geschlossener Kreislauf des Kühlmediums zu bilden ist. Die Breite und Höhe der Schenkelquerschnitte der Transformatorkernscheiben sind derart gewählt, dass sich ein ellipsenähnlicher Querschnitt des Transformatorkernschenkels ergibt, welche mit dem hohyzylindrischen Innenquerschnitt der Wicklung 116 korrespondiert. Zudem ist der Kühleffekt über den gesamten Schenkelquerschnitt homogenisiert, weil die lediglich einseitig an einen Kühlkanal 112 bzw. 114 angrenzenden äußeren Transformatorkernscheiben 102, 106 dünner sind als die beidseitig von Kühlkanälen 112, 114 umgebene mittlere Transformatorkernscheibe 104.

Bezugszeichenliste

[0044]

10 exemplarische erste Transformatorkernscheibe
12 erste Durchgangsöffnung
14 zweite Durchgangsöffnung
16 erste Lage des bandförmigen Materials
18 zweite Lage des bandförmigen Materials
20 dritte Lage des bandförmigen Materials
22 vierte Lage des bandförmigen Materials
24 fünfte Lage des bandförmigen Materials
26 erste Öffnungsstelle
28 zweite Öffnungsstelle
30 dritte Öffnungsstelle
32 vierte Öffnungsstelle
34 fünfte Öffnungsstelle
36 Breite des bandförmigen Materials
38 erste Hängevorrichtung
40 zweite Hängevorrichtung

42 Koordinatensystem
44 senkrechte Ausrichtung
50 exemplarische zweite Transformatorkernscheibe mit Distanzelementen
5 52 zweite Transformatorkernscheibe
54 dritte Durchgangsöffnung
56 vierte Durchgangsöffnung
58 erster Transformatorkernschenkel
60 zweiter Transformatorkernschenkel
10 62 dritter Transformatorkernschenkel
64 erster Kühlkanal
66 erstes Joch
68 zweites Joch
70 exemplarischer Transformatorkern
15 72 dritte Transformatorkernscheibe
76 sechste Öffnungsstelle
78 siebte Öffnungsstelle
80 erstes Distanzelement
82 zweites Distanzelement
20 84 drittes Distanzelement
86 viertes Distanzelement
88 zweiter Kühlkanal
90 dritter Kühlkanal
92 vierter Kühlkanal
25 94 fünfter Kühlkanal
96 sechster Kühlkanal
100 Transformatorkernschenkel mit elektrischer Wicklung
102 vierte Transformatorkernscheibe
30 104 fünfte Transformatorkernscheibe
106 sechste Transformatorkernscheibe
108 erstes Hohlelement
110 zweites Hohlelement
112 siebter Kühlkanal
35 114 achter Kühlkanal
116 elektrische Wicklung in Form eines zylindrischen Hohlkörpers

40 Patentansprüche

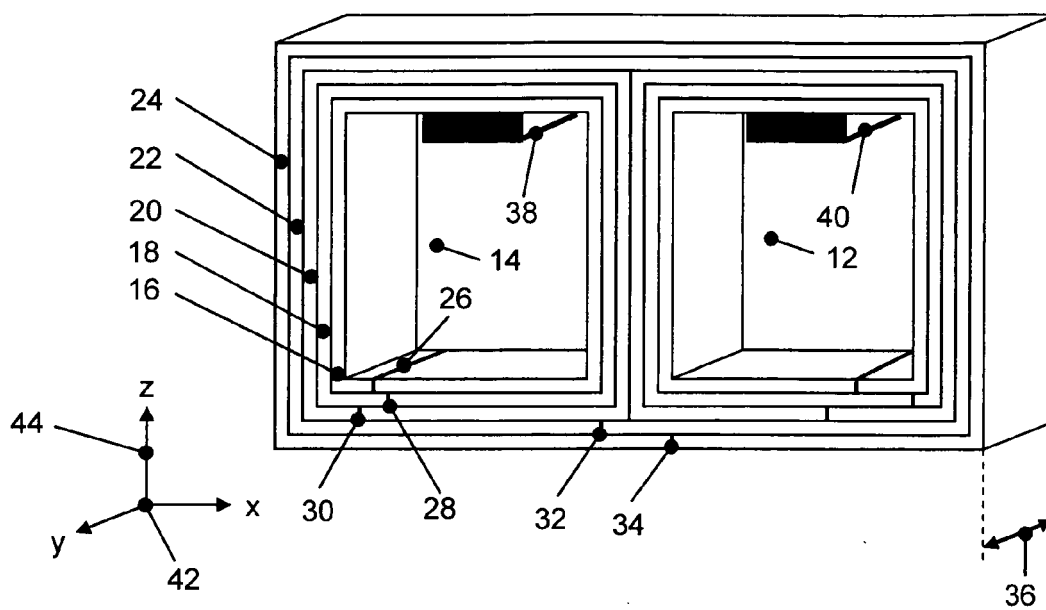
1. Transformatorkern (70) für einen Leistungstransformator, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser wenigstens zwei parallel und zumindest annähernd kongruent benachbart zueinander angeordnete Transformatorkernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) mit einem zumindest ähnlichen Grundriss aufweist, dass in dem Grundriss wenigstens jeweils eine Durchgangsöffnung (12, 14, 54, 56) vorgesehen ist, dass die Transformatorkernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) zumindest überwiegend aus einem amorphen ferromagnetischem Material bestehen und dass zwischen den Transformatorkernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) wenigstens ein Kühlkanal (64, 88, 90, 92, 94, 96, 112, 114) angeordnet ist.
2. Transformatorkern nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Kühlkanäle (64, 88,

90, 92, 94, 96, 112, 114) längs des gesamten Grundrisses angeordnet sind.

3. Transformatorkern nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das amorphe ferromagnetische Material bandförmig ausgeprägt und in mehreren benachbarten Lagen (16, 18, 20, 22, 24) quer zum Grundriss um die wenigstens eine Durchgangsöffnung (12, 14, 54, 56) verlaufend angeordnet ist, so dass sich eine Dicke einer Transformatorkernscheibe aus einer Breite (36) des bandförmigen Materials ergibt. 5
4. Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Grundriss der wenigstens zwei Transformatorkernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) jeweils annähernd rechteckig ist und dass die jeweils wenigstens eine Durchgangsöffnung (12, 14, 54, 56) ebenfalls annähernd rechteckförmig ist, so dass wenigstens zwei Transformatorkernschenkel (58, 60, 62) und wenigstens zwei Transformatorkernjoch (66, 68) gebildet sind. 15
5. Transformatorkern nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Transformatorkernscheiben (10, 52, 72, 102, 104, 106) jeweils an wenigstens einem Schenkel (58, 60, 62) und/oder Joch (66, 68) lagenweise öffnen- und schließbar (26, 28, 30, 32, 34) sind, so dass in geöffnetem Zustand über wenigstens einen Schenkel (58, 60, 62) ein zylindrischer Hohlkörper (116) schiebbar ist, welcher dann von dem Schenkel (58, 60, 62) durchgriffen ist. 25
30
6. Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Kühlkanal (64, 88, 90, 92, 94, 96, 112, 114) zumindest teilweise aus Distanzelementen (80, 82, 84, 86) gebildet ist, welche die Transformatorkernscheiben beabstanden. 35
40
7. Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Kühlkanal (64, 88, 90, 92, 94, 96, 112, 114) zumindest teilweise aus wenigstens einem Hohlelement (108, 110) gebildet ist. 45
8. Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Kühlkanal (64, 88, 90, 92, 94, 96, 112, 114) zumindest überwiegend aus einem elektrisch isolierenden Material besteht. 50
9. Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein gemeinsamer Zuleitungsanschluss und/oder ein gemeinsamer Ableitungsanschluss für ein den wenig-

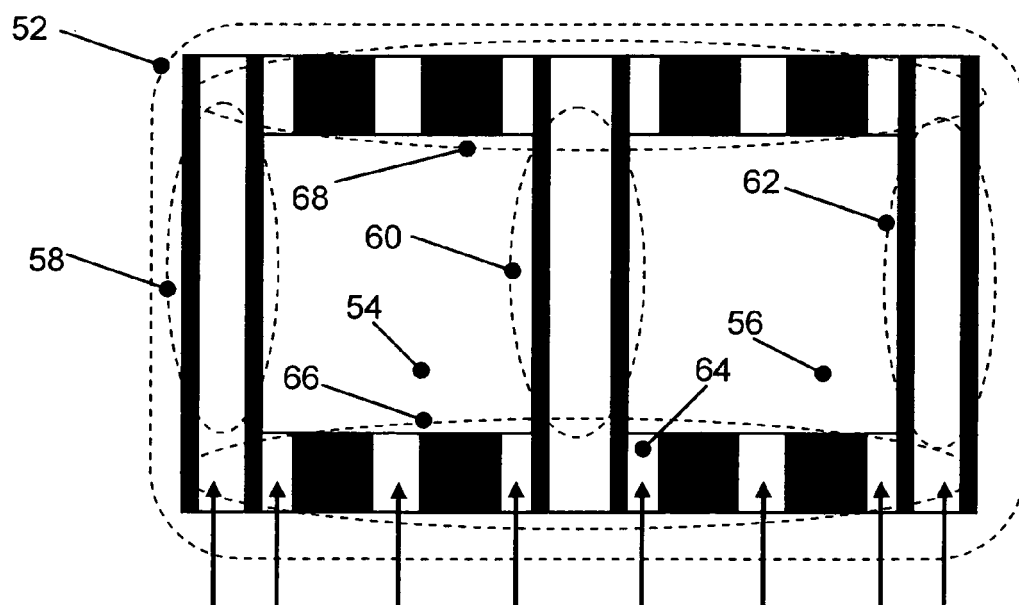
stens einen Kühlkanal (64, 88, 90, 92, 94, 96, 112, 114) durchströmendes Kühlmedium vorgesehen ist.

10. Transformatorkern nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Transformatorkern (70) hängend bei senkrecht (44) ausgerichtetem Grundriss angeordnet ist.
11. Transformatorkern nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine um eine Wickelachse angeordnete elektrische Wicklung (116) auf einem Schenkel (58, 60, 62) des Transformatorkerns (70) angeordnet ist, wobei die Wicklung (116) längs ihrer Wickelachse von dem Schenkel (58, 60, 62, [102 + 104 + 106 + 108 + 110]) durchgriffen ist. 10
12. Leistungstransformator mit einem Transformatorkern (70) und wenigstens einer Wicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 11.
13. Leistungstransformator nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser ein Drehstromtransformator mit jeweils wenigstens drei Primär- und drei Sekundärwicklungen ist. 20



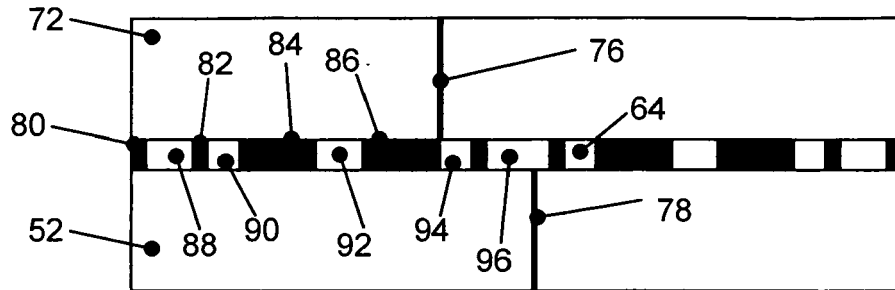
10

Fig. 1



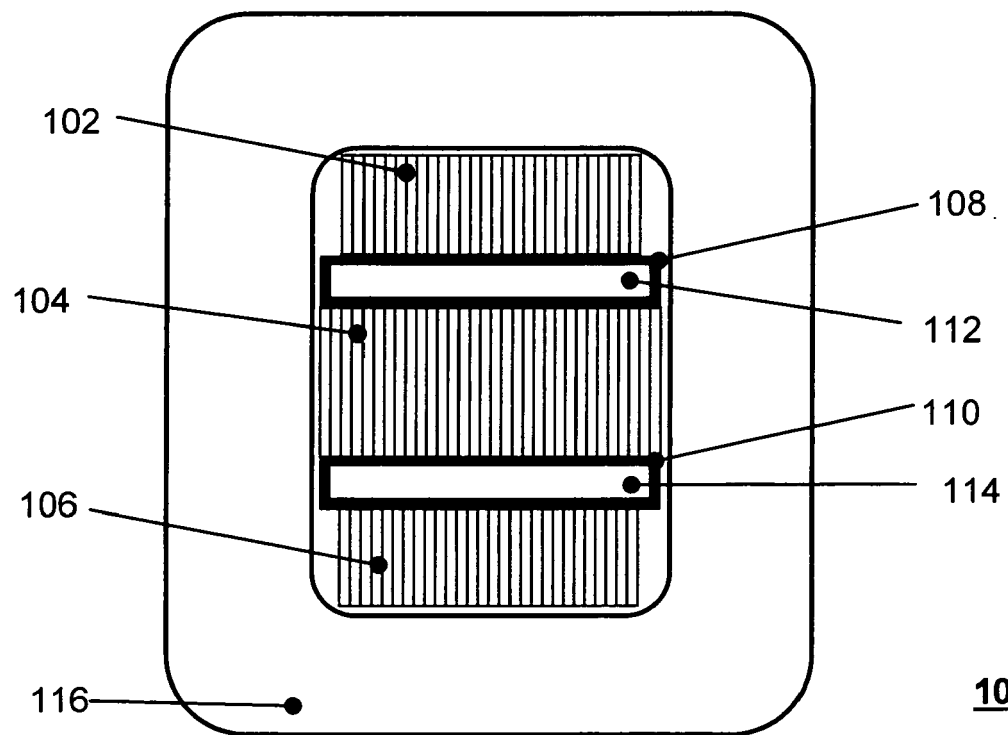
50

Fig. 2



70

Fig. 3



100

Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 00 6635

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 5 083 360 A (VALENCIC MILAN D [US] ET AL) 28. Januar 1992 (1992-01-28) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 2, Zeile 14 * * * Spalte 2, Zeilen 43-57 * * Abbildungen 1,2 * -----	1-13	INV. H01F3/04 H01F27/25 H01F41/02
A	US 4 893 400 A (CHENOWETH TERRENCE E [US]) 16. Januar 1990 (1990-01-16) * Zusammenfassung * * Spalte 2, Zeilen 17-49 * * Abbildungen 1-4 * -----	1-13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 13. Oktober 2009	Prüfer Winkelman, André
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 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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 00 6635

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.

13-10-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5083360 A	28-01-1992	US 5398402 A ZA 8904073 A	21-03-1995 27-03-1991
US 4893400 A	16-01-1990	AU 606442 B2 AU 2035088 A IN 171091 A1 JP 1068912 A JP 2717415 B2 ZA 8805828 A	07-02-1991 23-02-1989 18-07-1992 15-03-1989 18-02-1998 26-04-1989

EPO FORM P0461

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