



(11)

EP 2 463 871 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.06.2017 Patentblatt 2017/24

(51) Int Cl.:
H01F 27/22 ^(2006.01) **H01F 27/25** ^(2006.01)
H01F 41/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10193977.5**

(22) Anmeldetag: **07.12.2010**

(54) **Amorpher Transformatorkern**

Amorphous transformer core

Noyau de transformateur amorphe

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.06.2012 Patentblatt 2012/24

(73) Patentinhaber: **ABB Schweiz AG**
5400 Baden (CH)

(72) Erfinder:
• **Carlen, Martin**
5443 Niederrohrdorf (CH)
• **Bockholt, Marcos**
33104 Paderborn (DE)
• **Weber, Benjamin**
59955 Winterberg (DE)

(74) Vertreter: **Marks, Frank et al**
ABB AG
GF-IP
Wallstadter Strasse 59
68526 Ladenburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 251 875 WO-A1-94/15346
WO-A1-2004/112064 JP-A- 60 182 116

- "CONDUCTION COOLED FERRITE CORE IN A HIGH POWER TRANSFORMER", IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORP. (THORNWOOD), US, Bd. 36, Nr. 9B, 1. September 1993 (1993-09-01), Seite 325/326, XP000397170, ISSN: 0018-8689

EP 2 463 871 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen amorphen Transformator-kern, umfassend wenigstens eine Transformator-kernscheibe mit einer Vielzahl an konzentrisch um wenigstens ein Wickelfenster angeordneten Lagen aus einem bandartigen amorphen Kernmaterial.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass Transformatoren für Energieübertragung, beispielsweise in einer Spannungsebene von 10kV bis 110kV und darüber, im laufenden Betrieb Kernverluste produzieren. Diese Verluste sind überwiegend auf die Ummagnetisierungsverluste oder auch Hystereseverluste des üblicherweise verwendeten geblechten Eisenkerns zurückzuführen und verursachen eine Erwärmung desselben. Um diese unerwünschten Verluste zu reduzieren werden seit kürzerem auch Transformatoren mit Kernen aus amorphem Material gebaut, welche sich durch reduzierte Kernverlustleistungen auszeichnen.

[0003] Allerdings erfordert die Verwendung von amorphen Werkstoffen neue Konstruktionen und Verarbeitungsweisen, da einerseits aufgrund der im Vergleich zu einem konventionellen Transformator-kern geringeren Flussdichte größere Kernquerschnitte notwendig sind, und andererseits ein amorphes Kernmaterial empfindlicher gegenüber höheren Temperaturen ist als ein kornorientiertes Kernblech.

[0004] Üblicherweise werden derartige Transformatorkerne aus einem dünnen amorphen Bandmaterial gefertigt, welches in einer Vielzahl von Lagen, beispielsweise einige tausend, konzentrisch um ein beziehungsweise auch um mehrere Wickelfenster angeordnet ist, wobei ein Blech üblicherweise eine Lage, also einen Umlaufwinkel von etwa 360°, abdeckt, wobei bedarfsweise auch eine geringfügige Überlappung realisiert ist. Hierbei ist zumeist eine Stützkonstruktion erforderlich, durch welche der Kernaufbau stabilisiert wird. Zudem ist das üblicherweise als Flachbandmaterial lieferbare amorphe Material mechanisch sehr empfindlich. Die lieferbaren Breiten des Bandmaterials sind begrenzt, beispielsweise auf 200mm. Auch die mechanisch realisierbaren Baugrößen eines Transformator-kerns sind somit beschränkt. Daher können zur Realisierung größerer amorpher Transformatorkerne mehrere kongruente Transformator-kernscheiben, deren Breite durch die Breite des verfügbaren Bandmaterials begrenzt ist, nebeneinander angeordnet und miteinander verbunden werden.

[0005] Nachteilig ist jedoch, dass bei amorphen Kernen die Kühlung des Kerns von größerer Bedeutung ist als bei Kernen aus kornorientiertem Kernblech, da die Sättigungsinduktion und somit die Nenninduktion von der Betriebstemperatur stark abhängt. Mit steigender Temperatur sinkt die mögliche Nenninduktion. Dies muss dann durch einen erhöhten Materialeinsatz kompensiert werden.

[0006] Amorphe Transformatorkerne mit einer Vielzahl an konzentrisch um wenigstens ein Wickelfenster angeordneten Lagen aus einem bandartigen amorphen

Material sind beispielsweise aus dem Dokument EP 2 251 875 bekannt. Aus dem Dokument "Conduction cooled ferrite core in a high power transformer", IBM technical disclosure Bulletin, Bd. 36, Nr. 9B, 1 September 1993, ISSN: 0018-8689 und aus dem Dokument WO 2004/112064 ist beispielsweise bekannt, mehrere Wärmeleitbleche zumindest abschnittsweise benachbart anzuordnen und in einen gemeinsamen Wärmeaustauschbereich zu führen.

[0007] Magnetische Kerne, die aus lagenweise geschichteten amorphen Material mit zwischen den Lagen angeordneten Wärmeleitblechen aufgebaut sind, sind beispielsweise aus den Dokumenten JP 60 182116 und WO 94/15346 bekannt. Das Dokument JP 60 182116 zeigt die Merkmale des Oberbegriffs von Anspruch 1.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, einen amorphen Transformator-kern mit verbesserter Kühlung beziehungsweise Wärmeableitfähigkeit bereitzustellen, um einen solchen erhöhten Materialeinsatz zu vermeiden.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen amorphen Transformator-kern der eingangs genannten Art. Dieser ist dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Wärmeleitblech zumindest abschnittsweise zwischen zwei benachbarten Lagen des bandartigem amorphen Kernmaterials angeordnet und an wenigstens einer Seitenfläche des amorphen Transformator-kerns aus diesem herausgeführt ist. Wobei wenigstens ein Wärmeableitblech in das Innere des amorphen Transformator-kerns hineinreicht und wobei dieses von dort in wenigstens einen Wärmetauschbereich außerhalb des amorphen Transformator-kerns geführt ist, so dass eine verbesserte Ableitung von innerhalb des amorphen Transformator-kerns anfallender Wärmeenergie ermöglicht ist.

[0010] Die Grundidee der Erfindung besteht darin, einen während des Betriebes eines amorphen Transformator-kerns in dessen Innerem entstehenden Wärmestau, welcher dort zu einer unerwünschten Temperaturerhöhung mit einer damit einhergehenden Verschlechterung der Materialeigenschaften führt, durch in das Innere des Kerns eingebrachte Wärmeableitbleche nach außen abzuleiten. Die Wärmeableitbleche sind aus einem Material mit hoher Wärmeleitfähigkeit, welche in jedem Fall höher ist als die des amorphen Bandmaterials. Je nach Anordnung und Verteilung der Wärmeableitbleche im Kerninneren werden damit eine bessere Kühlung und eine homogenere Temperaturverteilung im Kerninneren erreicht. Der Kernquerschnitt kann dadurch in vorteilhafter Weise geringer ausgeführt werden. Wärmeableitbleche sind aufgrund des Aufbaus eines amorphen Transformator-kerns aus einem viellagigen dünnen amorphen Bandmaterial mit einer limitierten Breite während dessen Fertigung besonders gut in das Innere des Transformator-kerns einzubringen, weil dieser nicht quasi-monolithisch aufgebaut ist wie ein geblechter Standardtransformator-kern.

[0011] Wenigstens ein Ende eines solchen Wärmeableitbleches ist zu einem, vorzugsweise kernnahen, Wär-

metauscherbereich geführt. Dieser ist idealerweise derart gestaltet, dass eine möglichst hohe Oberfläche zum Wärmetausch bereitgestellt ist, beispielsweise durch eine kühlrippenähnliche Ausgestaltung. Selbstverständlich ist es auch denkbar, die Wärmeableitbleche mit einem Kühlkörper zu verbinden.

[0012] Vorzugsweise erfolgt die Wärmeabgabe vom Wärmetauscherbereich an die Umgebung mittels natürlicher Konvektion. Selbstverständlich ist aber auch eine forcierte Kühlung denkbar.

[0013] Das wenigstens eine Wärmeableitblech ist zumindest abschnittsweise zwischen zwei benachbarten Lagen des bandartigen amorphen Kernmaterials angeordnet und aus wenigstens einer Seitenfläche des amorphen Transformator-kerns beziehungsweise der amorphen Transformator-kernscheibe herausgeführt. Eine amorphe Transformator-kernscheibe ist zumeist aus einer Vielzahl von Lagen amorphen bandartigen Kernmaterials vorkonfektioniert. Diese ist bei der Fertigung eines Transformators zu öffnen, um die Transformatorwicklungen über aus dem Bandmaterial gebildete Kernschenkel anzuordnen. Wie eingangs erwähnt umfasst ein amorphes Kernblech üblicherweise einen Umlauf von 360°. Die Stossstellen der jeweiligen Bleche sind zumeist in einem der gebildeten Joche vorgesehen, welches auch die jeweilige Öffnungsstelle darstellt. Beim Schließen des Transformator-kerns beziehungsweise der Transformator-kernscheibe werden Pakete von einigen 10 bis 100 und auch mehr Lagen wechselseitig zugeschichtet, so dass bei diesem Vorgang einfach Wärmeableitbleche zwischen die Lagenpakete eingefügt werden können.

[0014] Durch die flächige Kontaktierung der jeweiligen Wärmeableitbleche mit den angrenzenden Lagen des bandartigen amorphen Kernmaterials ist ein guter Wärmeübergang sichergestellt. Insofern ein Material für die Wärmeableitbleche verwendet wird, welches magnetische Eigenschaften aufweist, und derartige Wärmeleitbleche in den Stossbereich von jeweiligen Lagenpaketen angeordnet werden, werden dort eventuell vorhandene magnetische Schwachstellen des amorphen Kernes in vorteilhafter Weise kompensiert. Zur Verringerung eventueller Wirbelstromverluste in den Wärmeableitblechen ist es möglich, diese geschlitzt oder in Form von mehreren, elektrisch gegeneinander isolierten, aneinandergrenzenden Streifen aufzubauen. Deren Wärmeleitfähigkeit wird dadurch nicht signifikant beeinflusst. So ist auf einfache Weise ein amorpher Transformator-kern mit einer verbesserten Wärmeabfuhr aus dessen Innerem gefertigt.

[0015] Gemäß einer weiteren Erfindungsvariante ist das wenigstens eine Wärmeableitblech an wenigstens einer Seitenfläche der Transformator-kernscheibe abgewinkelt. Dies ermöglicht eine platzsparende Führung der Wärmeableitbleche zu einer ebenfalls platzsparend oberhalb des Transformators vorgesehenen Wärmetauschzone.

[0016] Einer besonders bevorzugten Variante des erfindungsgemäßen Transformator-kerns folgend umfasst

dieser wenigstens zwei parallel und zumindest annähernd kongruent benachbart zueinander angeordnete Transformator-kernscheiben, wobei wenigstens ein Wärmeableitblech zumindest abschnittsweise zwischen den benachbarten Transformator-kernscheiben angeordnet ist. Transformator-kerne für höhere Nennleistungen, beispielsweise im Bereich von 1 MVA und auch deutlich höher, sind aufgrund der begrenzten Breite des verfügbaren bandartigen amorphen Kernmaterials zumeist aus mehreren Kernscheiben zusammenzusetzen. Zudem sind hier die Kühlproblematik und insbesondere auch eine inhomogene Temperaturverteilung von besonderer Bedeutung.

[0017] Idealerweise sind Wärmeableitbleche zwischen zwei jeweiligen schenkelähnlich ausgeprägten Bereichen von benachbarten Transformator-kernscheiben angeordnet. Üblicherweise ist der Transformator im späteren Betrieb mit stehendem Kern angeordnet. In diesem Fall sind auch die Kernscheiben senkrecht angeordnet, so dass auch die dazwischen angeordneten Wärmeableitbleche senkrecht verlaufen und in eine oberhalb des Transformators vorgesehene Wärmetauschzone münden. Selbstverständlich ist ein Transformator aber auch mit liegendem amorphem Kern anordenbar. Unter Voraussetzung von ebenen Seitenflächen der Transformator-kernscheiben erfolgt ein flächiger Wärmeübergang über die Seitenflächen des bandartigen amorphen Bandmaterials auf das jeweils angrenzende Wärmeableitblech.

[0018] In einer weiteren Ausgestaltungsmöglichkeit des erfindungsgemäßen amorphen Transformator-kerns ist dieser durch das wenigstens eine zwischen den kongruent benachbarten Transformator-kernscheiben angeordnete Wärmeableitblech mechanisch stabilisiert. Hierzu ist es erforderlich, dass das Wärmeleitblech eine bestimmte Dicke, beispielsweise 1 mm bis 15mm aufweist, je nach Größe und Gewicht des amorphen Transformator-kerns. Übliche Wärmeableitbleche können auch durchaus im Bereich einer Dicke von 0,5mm und darunter liegen. So ist es beispielsweise möglich, ein senkrecht in einem Schenkelbereich angeordnetes Wärmeableitblech im unteren Bereich mit einem quer verlaufenden Trägerblech zu versehen, so dass sich eine T-Form ergibt. Dies würde beispielsweise ermöglichen, die jeweiligen angrenzenden Transformator-kernscheiben von unten auf den so gebildeten Querbalken abzustützen. Ebenso ist es aber ohne weiteres denkbar, ein derartiges Wärmeableitblech mit den angrenzenden Seitenflächen der Transformator-kernscheiben zu verkleben und diese so zu stabilisieren. Hierzu ist vorzugsweise ein Klebstoff mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit zu verwenden, beispielsweise mit einem Zusatz an Bornitrid, welches ein hervorragender Wärmeleiter ist. Entsprechend einer weiteren Erfindungsvariante ist es auch vorgesehen, im oberen Bereich des Wärmeableitbleches eine Haltevorrichtung vorzusehen, beispielsweise eine Öse, mittels welcher der Transformator durch einen Kran oder eine ähnliche Hebevorrichtung angehoben werden kann. Hier-

durch wird die Handhabung des Transformatorkerns vereinfacht.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante sind mehrere zumindest abschnittsweise benachbart angeordnete Wärmeableitbleche vorgesehen. Die Verwendung mehrerer Wärmeableitbleche ermöglicht einerseits deren möglichst homogene Verteilung innerhalb des amorphen Transformatorkerns, womit auch eine weiter homogenisierte Temperaturverteilung im Betrieb erreicht ist. Vorzugsweise sind diese Bleche aber zu einem gemeinsamen Wärmetauschbereich oberhalb des Transformatorkerns zu führen, wofür sich insbesondere bei Vorhandensein von mehreren Transformatorkernscheiben der Bereich zwischen den Kernscheiben anbietet, der senkrecht nach oben verläuft. Um einen möglichst kompakten Strang zu bilden, innerhalb dessen die Wärmeableitbleche nach oben geführt sind, sind diese demgemäß parallel zueinander zu führen.

[0020] Ein gemeinsamer Wärmetauschbereich ermöglicht nämlich gemäß einer weiteren Erfindungsvariante insbesondere eine einfache forcierte Kühlung, beispielsweise mittels eines Gebläses oder eines Wärmetauschers. In diesem Fall reicht ein einziges Gerät, um den einzigen Wärmetauschbereich forciert zu kühlen.

[0021] Zur weiteren Steigerung der Wärmeabfuhr aus dem Inneren des amorphen Transformatorkerns ist es vorgesehen, das wenigstens eine Wärmeableitblech überwiegend aus dem Metall Kupfer oder Aluminium zu fertigen, welche sich durch eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen und zudem noch eine genügend hohe mechanische Stabilität aufweisen.

[0022] Insbesondere für den Fall, dass zwischen einer Vielzahl einzelner Lagen des bandähnlichen amorphen Materials ein jeweiliges Wärmeableitblech vorgesehen ist, wird vorgeschlagen, dieses folienartig, also besonders dünn auszuführen, beispielsweise mit einer Dicke von 50 µm. Hierdurch wird eine besonders homogene Wärmeableitung aus dem Inneren des amorphen Transformatorkerns ermöglicht. Insoweit die folienartigen Wärmeableitbleche mit einer elektrischen Isolationsschicht versehen sind, werden hierdurch in vorteilhafter Weise eventuelle - wenn auch ohnehin bereits marginale - Wirbelstromverluste weiter reduziert.

[0023] Eine nochmalige Steigerung der Wärmeableitung wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass das wenigstens eine Wärmeableitblech in einem flächigen Kontaktflächenbereich mit dem bandartigen amorphen Kernmaterial mit einer Wärmeleitpaste versehen ist oder auch dadurch, dass wenigstens ein Wärmeableitblech in einem flächigen Kontaktflächenbereich mit dem bandartigem amorphen Kernmaterial mittels eines vorzugsweise gut wärmeleitfähigen Klebstoffes verbunden ist. In beiden Fällen wird der Wärmeübergang von der jeweiligen Transformatorkernscheibe zum Wärmeableitblech in vorteilhafter Weise verbessert.

[0024] Auch die Integration wenigstens eines vertikal den Transformatorkern durchlaufenden Kühlkanals, welcher vorzugsweise in einem schenkelähnlichen Bereich

zwischen benachbarten Transformatorkernscheiben integriert ist, sorgt durch den Durchfluss eines Kühlmediums, beispielsweise Luft, in Kombination mit den Wärmeableitblechen für eine besonders vorteilhafte Wärmeabfuhr.

[0025] Die zuvor genannten Vorteile der verbesserten Wärmeabfuhr aus dem Inneren des amorphen Transformatorkerns erschließen sich auch und insbesondere für einen Transformator, umfassend einen Transformatorkern nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wenigstens eine hohlzylindrisch ausgeformte elektrische Wicklung mit einer Unter- und einer Oberspannungsseite, wobei wenigstens ein schenkelähnlich ausgeprägter Bereich des amorphen Transformatorkerns die wenigstens eine Wicklung im hohlzylindrischen Innenraum durchgreift und diese zumindest teilweise in dem wenigstens einen Wickelfenster angeordnet ist. Durch den elektrischen Betrieb der Wicklungen, beispielsweise mit einer primären Nennspannung von 20kV, einer sekundären Nennspannung von 400V bei einer Netzfrequenz von 50Hz, erfolgt im amorphen Transformatorkern aufgrund von Hystereseverlusten ein Wärmeeintrag, welcher allerdings geringer ist bei einem vergleichbaren konventionellen Transformatorkern. Diese Wärme kann dann in besonders effektiver Weise mit den erfindungsgemäßen Wärmeableitblechen aus dem Inneren des Transformatorkerns geleitet werden, so dass sich eine niedrigere und homogenere Kerntemperatur einstellt, welche letztendlich zu verbesserten magnetischen Betriebseigenschaften des amorphen Kernmaterials führt.

[0026] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0027] Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung, weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile näher beschrieben werden.

[0028] Es zeigen:

- Fig. 1 eine exemplarische erste Transformatorkernscheibe in einer dreidimensionalen Ansicht,
- Fig. 2 einen Schnitt durch einen ersten exemplarischen amorphen Transformatorkern,
- Fig. 3 eine Seitenansicht auf einen zweiten exemplarischen Transformatorkern,
- Fig. 4 eine Draufsicht auf einen dritten exemplarischen Transformatorkern mit Wicklungen sowie
- Fig. 5 eine exemplarische zweite Kernscheibe.

[0029] Fig. 1 zeigt eine exemplarische erste Transformatorkernscheibe 10 in einer dreidimensionalen Ansicht. Eine Vielzahl an Lagen 12 aus einem bandartigem amorphen Kernmaterial sind konzentrisch um zwei Wickelfenster 14 und 16 angeordnet. Abweichend zur Fig. sind jedoch mehrere tausend solcher Lagen vorgesehen, welche jeweils eine Dicke im Bereich von beispielsweise 0,05mm bis 0,1mm aufweisen. Die Abmessungen des

Kerns können eine Breite im Bereich von 1,5m bis 4m und eine Höhe von 1 m bis 2,5m und darüber aufweisen, wobei dies selbstverständlich abhängig von der zu erzielenden Nennleistung eines entsprechenden Transformators abhängt, welche durchaus auch 10MVA und höher betragen kann. Die Breite 18 der Transformator-kernscheibe hängt in Wesentlichen von der Breite des zur Verfügung stehenden amorphen Bandmaterials ab und ist aufgrund der kommerziell erhältlichen Bandbreiten und deren hoher mechanischer Empfindlichkeit auf beispielsweise 20cm begrenzt. Die Kernscheibe 10 ist für einen dreiphasigen Transformator mit drei Wicklungen vorgesehen, weshalb in diesem Fall aufgrund der zwei Wickelfenster 14, 16 drei schenkelähnliche Bereiche ausgeprägt sind, welche zur Aufnahme der drei Wicklungen vorgesehen sind. Abweichend von der Zeichnungen sind die Kanten der Transformator-kernscheibe nicht scharfkantig, sie sind vielmehr als rund anzunehmen, beispielsweise mit einem inneren Biegeradius von 1 cm und einem äußeren Biegeradius, welche etwas höher als eine Schenkellebreite ist. Diese Kernbauform bedingt es, dass letztendlich drei ringähnliche Strukturen aus amorphen bandähnlichem Kernmaterial gebildet sind, nämlich je eine Ring um eines der beiden Wickelfenster 14, 16 und ein dritter äußerer Ring, welcher die beiden inneren Ringe umschließt. Die Stossstellen der jeweiligen Lagen sind im unteren Jochbereich angedeutet, wo die Transformator-kernscheibe 10 auch geöffnet werden kann, um beispielsweise darauf die Transformatorwicklungen darauf anzuordnen. Hierzu müsste die Kernscheibe entsprechend der Fig. hängend angeordnet sein, wobei aber auch durchaus mechanische Haltekonstruktionen denkbar sind, welche eine Öffnung der dann umgedrehten Transformator-kernscheibe im dann oberen Jochbereich ermöglichen.

[0030] Fig. 2 zeigt einen Schnitt 20 durch ersten exemplarischen amorphen Transformator-kern mit zwei kongruenten benachbart angeordneten Transformator-kernscheiben 32, 34. Diese sind identisch aufgebaut und entsprechen in etwa der in der Fig. 1 gezeigten Transformator-kernscheibe, es sind jedoch zwischen benachbarten Lagen 24 beziehungsweise zwischen mehrere Lagen umfassenden Lagenpaketen mehrere Wärmeleitbleche 26 angeordnet. Durch die jeweils planen Kontaktflächen ist ein guter Wärmeübergang von den Lagen 22, 24 des bandartigen amorphen Kernmaterials auf die Wärmeableitbleche 26 gewährleistet. Dieser ist jedoch bedarfsweise durch den Einsatz einer flächig verteilten Wärmeleitpaste steigerbar. Die gleichmäßige Verteilung der Wärmeableitbleche 26 innerhalb der Transformator-kernscheiben 32, 34 ermöglicht eine homogenere Temperaturverteilung innerhalb des Transformator-kerns, wenn dieser im Betrieb ist. Zwischen den Transformator-kernscheiben 32, 34 ist ein kanalartiger Bereich ausgebildet, in welchen die seitlich aus den Transformator-kernscheiben 32, 34 austretenden Wärmeableitbleche 26 münden und nach oben hin abgewinkelt sind. Am oberen Ende des kanalartigen Bereiches treten die Wärme-

ableitbleche aus dem Transformator-kern aus und münden in einen Wärmetauschbereich 28. Dieser ist dazu vorgesehen, die Wärmeenergie an die Umgebung abzugeben, beispielsweise mittels natürlicher Konvektion. Selbstverständlich ist dieser Bereich auch forciert kühlbar, beispielsweise durch Belüftung, auch mit ihrerseits bereits gekühlter Luft. Um diesen Effekt zu steigern, sind die Enden der Wärmeableitbleche 30 kühllrippenähnlich aufgebogen. Ein zusätzlicher Kühleffekt tritt durch den Kontakt der nach oben geführten Wärmeableitbleche mit den inneren Seitenflächen der Transformator-kernscheiben 32, 34 auf, welcher wiederum durch den Einsatz einer Wärmeleitpaste in eventuellen Hohlräumen verbessert werden kann. An den beiden Außenseiten des zwei Transformator-kernscheiben 32, 34 aufweisenden Transformator-kerns sind jeweils Seitenplatten 36, 38 vorgesehen. Diese dienen in diesem Beispiel primär der mechanischen Stabilisierung des Transformator-kerns und sind beispielsweise zumindest bereichsweise mit einer jeweiligen Seitenfläche einer Transformator-kernscheibe verklebt. Selbstverständlich ist es aber möglich, deren natürliche Wärmeableitfunktionalität dadurch zu verstärken, dass auch die Seitenplatten 36, 38 in einen außerhalb des eigentlichen Transformator-kerns liegenden Wärmetauschbereich verlängert sind.

[0031] Fig. 3 zeigt eine Seitenansicht 40 auf einen zweiten exemplarischen Transformator-kern. Auch hier umfasst der Transformator-kern zwei kongruent benachbarte Transformator-kernscheiben 42, 44, wobei zwischen beiden ein kanalähnlicher Bereich ausgebildet ist. Quer durch diesen Bereich und vorzugsweise zwischen zwei schenkelähnlich ausgeprägten Bereichen der Transformator-kernscheiben 42, 44 sind parallel zueinander mehrere Wärmeableitbleche 46 vorgesehen, welche den Kanal zumindest im schenkelähnlichen Bereich komplett ausfüllen, so dass ein guter Wärmeübergang von den betreffenden Bereichen der Seitenflächen der Transformator-kernscheiben auf die plan angrenzenden Wärmeableitbleche 46 gewährleistet ist. Dennoch ist es denkbar, den Wärmeübergang durch den Einsatz einer Wärmeleitpaste zu verbessern. Ebenso ist es aber auch möglich, die Wärmeleitbleche 46 mechanisch besonders stabil auszuführen, beispielsweise mit einer Dicke von 10mm, und diese bereichsweise mit den Transformator-kernscheiben 42, 44 zu verkleben. Dies erhöht einerseits die Stabilität der eigentlich materialbedingt labilen Transformator-kernscheiben 42, 44 und verbessert bei Einsatz eines Klebstoffes mit besonders hoher Wärmeleitfähigkeit auch die Wärmeableitung. Ein solcher Klebstoff könnte beispielsweise auf einem Epoxidharz basieren, welchem ein gut wärmeleitfähiger Füllstoff wie beispielsweise Bornitrid beigemischt wurde. Zeichnungstechnisch bedingt ist nur ein senkrecht verlaufendes Paket von Wärmeableitblechen 46 dargestellt, es ist jedoch davon auszugehen, dass für jeden schenkelähnlichen Bereich ein separates Paket von Wärmeableitblechen 46 vorgesehen ist. Die Wärmeableitbleche 46 münden im oberen und im unteren Transformator-kernbereich in ei-

nen jeweiligen Wärmetauschbereich 50.

[0032] Fig. 4 zeigt eine Draufsicht 60 auf dritten exemplarischen Transformator kern mit Wicklungen. Dieser entspricht - abgesehen von der geänderten Perspektive - im Wesentlichen dem in Fig. 3 gezeigten Transformator kern. Der Transformator kern umfasst zwei kongruent benachbarte Transformator kernscheiben 62, 64, zwischen welchen ein Spalt ausgebildet ist. In den Jochbereichen sind in diesem Spalt paketartig Wärmeableitbleche 66, 68 angeordnet, welche in einen jeweiligen Wärmetauschbereich 74 münden. Innerhalb der jeweiligen Schenkelbereiche sind jedoch zusätzliche Kühlkanäle 70 vorgesehen, welche wiederum für eine verbesserte Wärmeableitung sorgen. Gerade hier ist es vorteilhaft, wenn die Kühlkanäle forciert von einem Kühlmittel durchströmt werden. Die Konturen von auf den jeweiligen Kernschenkel befindlichen Wicklungen sind mit der Bezugsziffer 72 angedeutet. Selbstverständlich ist auch die Verwendung von drei, vier oder mehr kongruent benachbarten Transformator kernscheiben möglich.

[0033] Fig. 5 zeigt eine exemplarische zweite Transformator kernscheibe 80 mit vier Wickelfenstern 82, 84, 86, 88 und konzentrisch darum angeordneten Lagen 92 aus bandähnlichem amorphem Material. Es sind drei schenkelähnliche Bereiche 92 angedeutet, welche zur Aufnahme einer jeweiligen Wicklung vorgesehen sind. Die beiden äußeren schenkelähnlichen Bereiche sind für den magnetischen Rückschluss vorgesehen, so dass diese Form der Form eines Fünfschenkelkerns ähnelt.

Bezugszeichenliste

[0034]

10 exemplarische erste Transformator kernscheibe
12 erste Lagen aus bandartigem amorphen Kernmaterial
14 erstes Wickelfenster
16 zweites Wickelfenster
18 Breite der ersten Transformator kernscheibe
20 Schnitt durch ersten exemplarischen amorphen Transformator kern
22 zweite Lagen aus bandartigem amorphen Kernmaterial
24 benachbarte Lagen aus bandartigem amorphen Kernmaterial
26 erste Wärmeableitbleche
28 erster Wärmetauschbereich
30 Kühlrippenähnliche Enden von ersten Wärmeableitblechen
32 erste Transformator kernscheibe von erstem Transformator kern
34 zweite Transformator kernscheibe von erstem Transformator kern
36 erste Seitenplatte von erstem Transformator kern
38 zweite Seitenplatte von erstem Transformator kern
40 Seitenansicht auf zweiten exemplarischen Transformator kern

42 erste Transformator kernscheibe von zweitem Transformator kern
44 zweite Transformator kernscheibe von zweitem Transformator kern
5 46 zweite Wärmeableitbleche
48 zweiter Wärmetauschbereich
50 dritter Wärmetauschbereich
60 Draufsicht auf dritten exemplarischen Transformator kern mit Wicklungen
10 62 erste Transformator kernscheibe von drittem Transformator kern
64 zweite Transformator kernscheibe von drittem Transformator kern
66 abgewinkelte Enden von dritten Wärmeableitblechen
15 68 drittes Wärmeableitblech
70 Kühlkanäle
72 Wicklungen
74 vierter Wärmetauschbereich
20 80 exemplarische zweite Kernscheibe
82 drittes Wicklungsfenster
84 viertes Wicklungsfenster
86 fünftes Wicklungsfenster
88 sechstes Wicklungsfenster
25 90 dritte Lagen aus bandartigem amorphen Kernmaterial
92 schenkelähnlich ausgeprägter Bereich

30 Patentansprüche

1. Amorpher Transformator kern (20, 40, 60), umfassend wenigstens eine Transformator kernscheibe (10, 32, 34, 42, 44, 62, 64, 80) mit einer Vielzahl an konzentrisch um wenigstens ein Wickelfenster (14, 16, 82, 84, 86, 88) angeordneten Lagen aus einem bandartigen amorphen Kernmaterial (12, 22, 24, 90), wobei wenigstens ein Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) in das Innere des amorphen Transformator kerns (20, 40, 60) hineinreicht und wobei dieses zumindest abschnittsweise zwischen zwei benachbarten Lagen (24) des bandartigem amorphen Kernmaterials angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) an wenigstens einer Seitenfläche des amorphen Transformator kerns (20, 40, 60) aus diesem herausgeführt ist und von dort in wenigstens einen Wärmetauschbereich (28, 48, 50, 74) außerhalb des amorphen Transformator kerns (20, 40, 60) geführt ist, so dass eine verbesserte Ableitung von innerhalb des amorphen Transformator kerns (20, 40, 60) anfallender Wärmeenergie ermöglicht ist.
2. Amorpher Transformator kern nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) an der wenigstens einer Seitenfläche abgewinkelt ist.

3. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser wenigstens zwei parallel und zumindest annähernd kongruent benachbart zueinander angeordnete Transformatorkernscheiben (32, 34; 42, 44; 62, 64) umfasst und dass wenigstens ein Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) zumindest abschnittsweise zwischen den benachbarten Transformatorkernscheiben (32, 34; 42, 44; 62, 64) angeordnet ist.
4. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser durch das wenigstens eine zwischen den kongruent benachbarten Transformatorkernscheiben (32, 34; 42, 44; 62, 64) angeordnete Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) mechanisch stabilisiert ist.
5. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine zwischen den kongruent benachbarten Transformatorkernscheiben (32, 34; 42, 44; 62, 64) angeordnete Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) in einem Wärmetauschbereich (28, 48, 50, 74) eine Haltevorrichtung aufweist.
6. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere zumindest abschnittsweise benachbart angeordnete Wärmeableitbleche (26, 30, 46, 66, 68) vorgesehen sind.
7. Amorpher Transformatorkern nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Wärmeableitbleche (26, 30, 46, 66, 68) in einen gemeinsamen Wärmetauschbereich (28, 48, 50, 74) geführt sind.
8. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) überwiegend aus Kupfer oder Aluminium gefertigt ist.
9. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) folienartig ausgeführt ist.
10. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Wärmeableitblech (26, 30, 46, 66, 68) in einem flächigen Kontaktflächenbereich mit dem bandartigem amorphen Kernmaterial (12, 22, 24, 90) mit einer Wärmeleitpaste versehen ist.
11. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeableitblech (26, 30, 46,

66, 68) in einem flächigen Kontaktflächenbereich mit dem bandartigem amorphen Kernmaterial (12, 22, 24, 90) mittels eines Klebstoffes verbunden ist.

12. Amorpher Transformatorkern nach einem der Ansprüche 3 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen benachbarten Transformatorkernscheiben (32, 34; 42, 44; 62, 64) Kühlkanäle (70) ausgebildet sind.

10

13. Amorpher Transformatorkern nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kühlvorrichtung zur forcierten Kühlung wenigstens eines Wärmetauschbereiches (28, 48, 50, 74) vorgesehen ist.

15

14. Transformator, umfassend

20

- einen Transformatorkern (20, 40, 60) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
- wenigstens eine hohlzylindrisch ausgeformte elektrische Wicklung (70) mit einer Unter- und einer Oberspannungsseite, wobei wenigstens ein schenkelähnlich ausgeprägter Bereich (92) des amorphen Transformatorkerns (20, 40, 60) die wenigstens eine Wicklung (70) im hohlzylindrischen Innenraum durchgreift und diese zumindest teilweise in dem wenigstens einen Wickelfenster (14, 16, 82, 84, 86, 88) angeordnet ist.

25

30

Claims

35

1. Amorphous transformer core (20, 40, 60) comprising at least one transformer core disc (10, 32, 34, 42, 44, 62, 64, 80) with a multiplicity of layers of strip-like amorphous core material (12, 22, 24, 90) arranged concentrically around at least one winding window (14, 16, 82, 84, 86, 88), wherein at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) extends into the interior of the amorphous transformer core (20, 40, 60) and wherein this is arranged at least in sections between two adjacent layers (24) of the strip-like amorphous core material, **characterized in that** the at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is fed out of at least one side surface of the amorphous transformer core (20, 40, 60) and is fed from there into at least one heat exchange region (28, 48, 50, 74) outside the amorphous transformer core (20, 40, 60), thus enabling an improved dissipation of heat energy which is produced inside the amorphous transformer core (20, 40, 60).

40

45

50

2. Amorphous transformer core according to Claim 1, **characterized in that** the at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is bent on the at least one side surface.

3. Amorphous transformer core according to Claim 1 or 2, **characterized in that** this comprises at least two transformer core discs (32, 34; 42, 44; 62, 64) which are arranged parallel and at least approximately congruently adjacent to one another, and that at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is arranged at least in sections between the adjacent transformer core discs (32, 34; 42, 44; 62, 64). 5
4. Amorphous transformer core according to Claim 3, **characterized in that** said core is mechanically stabilised by the at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) arranged between the congruently adjacent transformer core discs (32, 34; 42, 44; 62, 64) . 10
5. Amorphous transformer core according to Claim 4, **characterized in that** the at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) arranged between the congruently adjacent transformer core discs (32, 34; 42, 44; 62, 64) has a holding device in a heat exchange region (28, 48, 50, 74). 15
6. Amorphous transformer core according to one of the preceding claims, **characterized in that** a plurality of heat dissipating plates (26, 30, 46, 66, 68), which are arranged adjacently at least in sections, is provided. 20
7. Amorphous transformer core according to Claim 6, **characterized in that** a plurality of heat dissipating plates (26, 30, 46, 66, 68) is fed into a common heat exchange region (28, 48, 50, 74). 25
8. Amorphous transformer core according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is made predominantly from copper or aluminium. 30
9. Amorphous transformer core according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is designed in the form of a foil. 35
10. Amorphous transformer core according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is provided with a heat-conducting paste in a planar contact surface region with the strip-like amorphous core material (12, 22, 24, 90). 40
11. Amorphous transformer core according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least one heat dissipating plate (26, 30, 46, 66, 68) is bonded to the strip-like amorphous core material (12, 22, 24, 90) in a planar contact surface region by means of an adhesive. 45

12. Amorphous transformer core according to one of Claims 3 to 11, **characterized in that** cooling channels (70) are formed between adjacent transformer core discs (32, 34; 42, 44; 62, 64). 5

13. Amorphous transformer core according to one of the preceding claims, **characterized in that** a cooling device is provided for the forced cooling of at least one heat exchange region (28, 48, 50, 74). 10

14. Transformer comprising

- a transformer core (20, 40, 60) according to one of Claims 1 to 13,
- at least one electrical winding (70) in the form of a hollow cylinder with a low-voltage and a high-voltage side, at least one limb-like region (92) of the amorphous transformer core (20, 40, 60) passing through the at least one winding (70) in the hollow-cylindrical interior, this being at least partially arranged in the at least one winding window (14, 16, 82, 84, 86, 88). 15

Revendications 25

1. Noyau de transformateur amorphe (20, 40, 60) comprenant au moins un disque de noyau de transformateur (10, 32, 34, 42, 44, 62, 64, 80) ayant une pluralité de couches disposées concentriquement autour d'au moins une fenêtre d'enroulement (14, 16, 82, 84, 86, 88), constituées d'un matériau de noyau (12, 22, 24, 90) amorphe en forme de bandes, dans lequel au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) pénètre à l'intérieur du noyau de transformateur amorphe (20, 40, 60) et dans lequel celle-ci est disposée au moins par sections entre deux couches (24) adjacentes du matériau de noyau amorphe en forme de bandes, **caractérisé en ce que** l'au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) sort du noyau de transformateur amorphe (20, 40, 60) sur au moins une surface latérale de celui-ci et est acheminée de là vers au moins une zone de dissipation thermique (28, 48, 50, 74) située à l'extérieur du noyau de transformateur amorphe (20, 40, 60), de manière à ce qu'une dissipation améliorée de l'énergie thermique dégagée à l'intérieur du noyau de transformateur amorphe (20, 40, 60) soit possible. 30
2. Noyau de transformateur amorphe selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) est coudee au niveau de l'au moins une surface latérale. 35
3. Noyau de transformateur amorphe selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins deux disques de noyau de transformateur (32, 40

- 34 ; 42, 44 ; 62, 64) disposés parallèlement et de manière adjacente au moins approximativement de façon congruente et **en ce qu'il** est prévu au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) au moins par sections entre les disques de noyau de transformateur (32, 34 ; 42, 44 ; 62, 64) adjacents.
4. Noyau de transformateur amorphe selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'il** stabilise mécaniquement l'au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) disposée entre les disques de noyau de transformateur (32, 34 ; 42, 44 ; 62, 64) adjacents de façon congruente.
5. Noyau de transformateur amorphe selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) disposée entre les disques de noyau de transformateur (32, 34 ; 42, 44 ; 62, 64) adjacents de façon congruente présente un dispositif de support dans une zone d'échange thermique (28, 48, 50, 74).
6. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu plusieurs tôles de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) disposées au moins par sections de manière adjacente.
7. Noyau de transformateur amorphe selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** plusieurs tôles de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) sont guidées dans une zone d'échange thermique (28, 48, 50, 74) commune.
8. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) est principalement réalisée à partir de cuivre ou d'aluminium.
9. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au** moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) est réalisée sous la forme d'une feuille.
10. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'au moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) est pourvue, dans une zone de surface de contact plane, du matériau de noyau amorphe en forme de bandes (12, 22, 24, 90) au moyen d'une pâte thermiquement conductrice.
11. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'au** moins une tôle de dissipation thermique (26, 30, 46, 66, 68) est reliée au moyen d'un adhésif au matériau de noyau amorphe en forme de bandes (12, 22, 24, 90) dans une zone de surface de contact plane.
12. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications 3 à 11, **caractérisé en ce que** des canaux de refroidissement (70) sont formés entre des disques de noyau de transformateur (32, 34 ; 42, 44 ; 62, 64) adjacents.
13. Noyau de transformateur amorphe selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est prévu un dispositif de refroidissement destiné au refroidissement forcé d'au moins une zone d'échange thermique (28, 48, 50, 74).
14. Transformateur, comprenant
- un noyau de transformateur (20, 40, 60) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13,
 - au moins un enroulement (70) électrique réalisé sous une forme symétrique creuse, comportant des côtés à basse tension et à haute tension, dans lequel au moins une zone (92) estampée sous forme de patte du noyau de transformateur amorphe (20, 40, 60) s'engage à travers l'au moins un enroulement (70) dans l'espace interne cylindrique creux et en ce que celle-ci est disposée au moins partiellement dans l'au moins une fenêtre d'enroulement (14, 16, 82, 84, 86, 88).

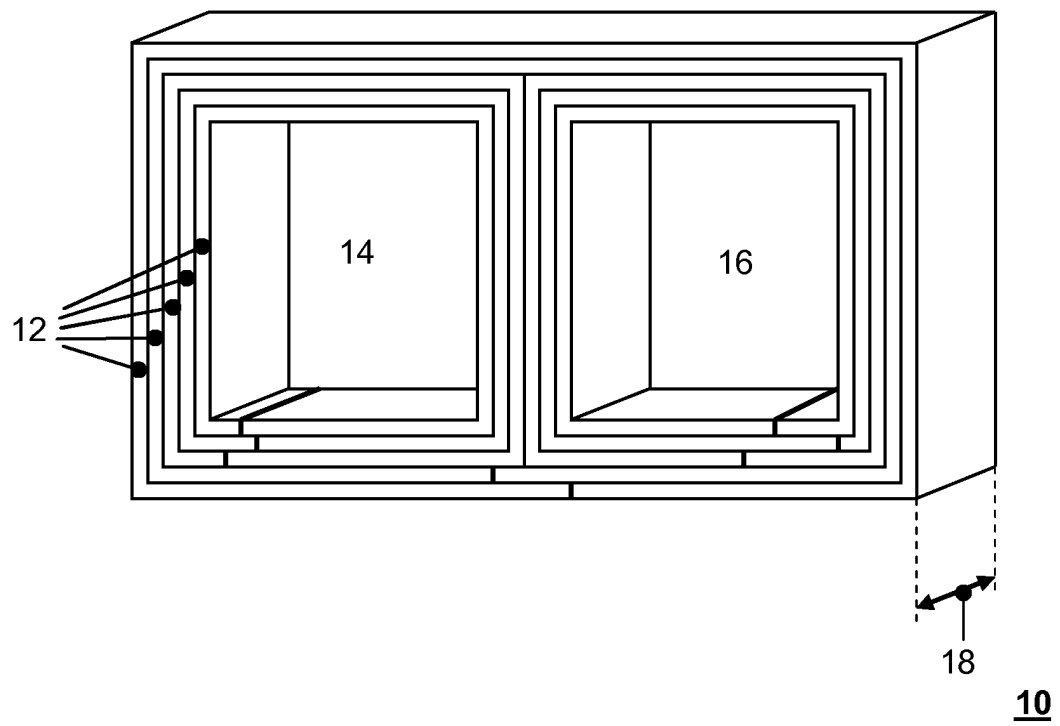


Fig. 1

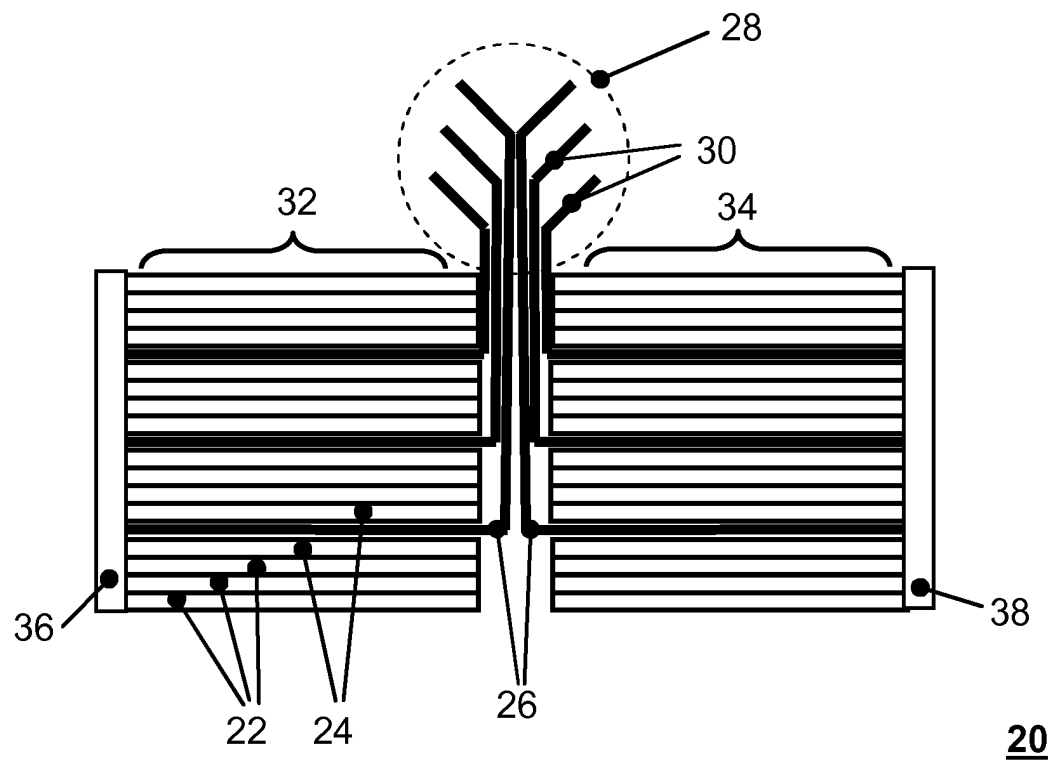


Fig. 2

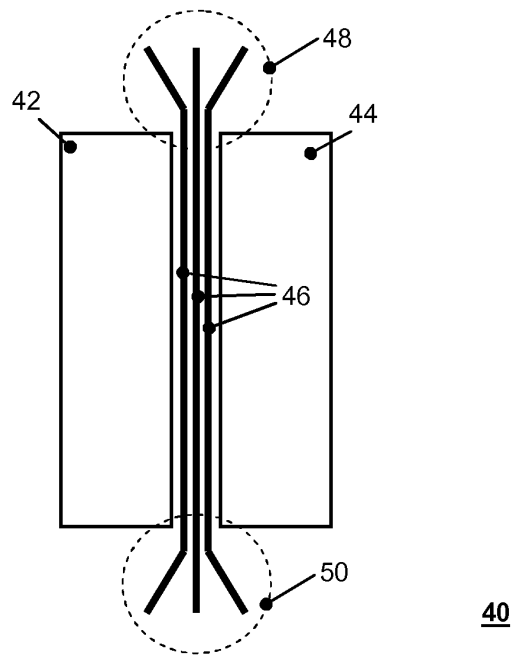


Fig. 3

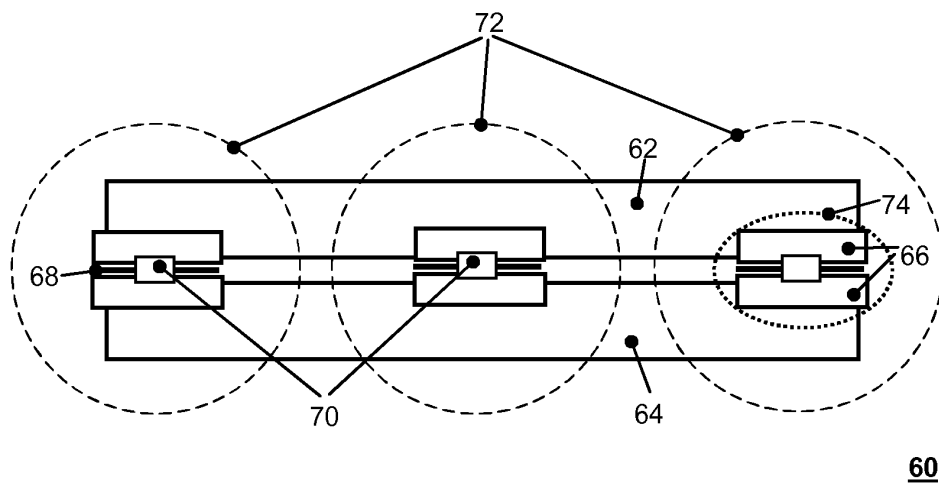


Fig. 4

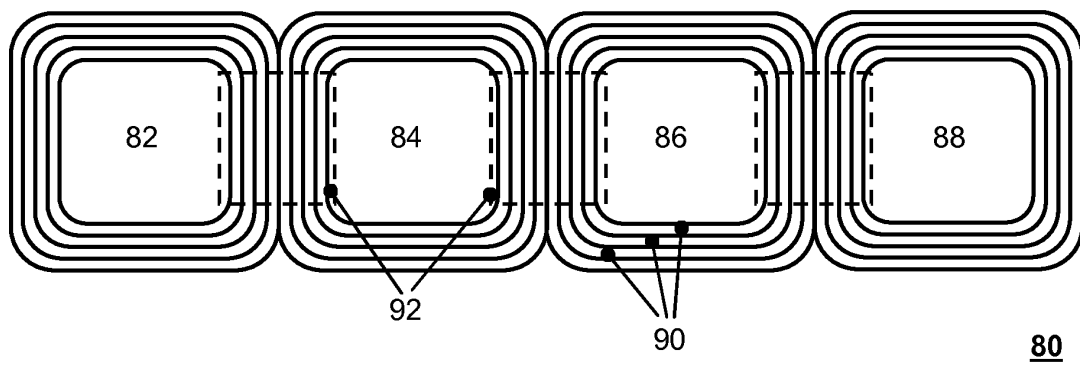


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2251875 A [0006]
- WO 2004112064 A [0006]
- JP 60182116 A [0007]
- WO 9415346 A [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Conduction cooled ferrite core in a high power transformer. *IBM technical disclosure Bulletin*, 01. September 1993, vol. 36 (9B [0006])