

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. Mai 2009 (14.05.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/059705 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01F 27/32 (2006.01) *H01F 41/06* (2006.01)
H01F 41/12 (2006.01) *H01B 3/47* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/009051

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Oktober 2008 (25.10.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 053 685.4
10. November 2007 (10.11.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ABB TECHNOLOGY AG** [CH/CH]; Affolternstr. 44, 8050 Zürich (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HOFFMANN, Roland** [DE/DE]; Bontkirchenerstr. 36, 59929 Brilon (DE).

GRÜTTNER, Christian [DE/DE]; Breslauer Str. 30a, 59602 Rütthen (DE). **ZILLMANN, Karl** [DE/DE]; An der Diemel 4, 34431 Marsberg (DE). **WEBER, Benjamin** [DE/DE]; Ennertstr 16, 59955 Winterberg (DE). **NELGES, Jörg** [DE/DE]; Im Mittel 20, 74821 Mosbach (DE).

(74) Anwälte: **PARTNER, Lothar** usw.; ABB AG, GF/IP, Postfach 1140, 68520 Ladenburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: PRODUCTION METHOD FOR A MULTI-LAYER TRANSFORMER WINDING HAVING INSULATING LAYER

(54) Bezeichnung: HERSTELLUNGSVERFAHREN FÜR EINE MEHRLAGIGE TRANSFORMATORWICKLUNG MIT ISOLATIONSSCHICHT

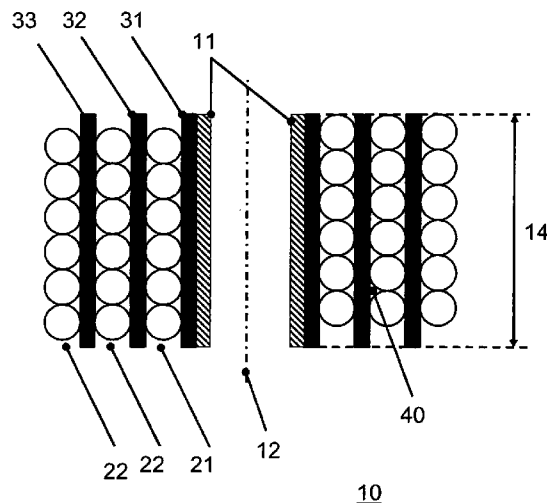


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a production method for a multi-layer transformer winding (10), wherein during or after the winding of a conductor layer (21, 22, 23) around a winding body (11), a layer (32, 33) of electrically insulating material is applied on the radially outer surface thereof. A dry fiber composite is used as the insulating material. Furthermore, said fiber composite is bonded into an insulating layer by heating the transformer winding (10) to a predetermined composite temperature. The invention further relates to a multi-layer transformer winding that can be produced with the production method according to the invention.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/059705 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für eine mehrlagige Transformatorwicklung (10), wobei während oder nach dem Wickeln einer Leiterlage (21, 22, 23) um einen Wickelkörper (11) jeweils eine Schicht (32, 33) elektrisches Isolationsmaterial auf deren radial äußerer Oberfläche aufgebracht wird. Als Isolationsmaterial wird ein trockener Faserverbundwerkstoff verwendet. Zudem wird dieser durch Erhitzen der Transformatorwicklung (10) auf eine vorbestimmte Verbundtemperatur zu einer Isolationsschicht verbunden. Außerdem betrifft die Erfindung eine mehrlagige Transformatorwicklung, die mit dem erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren herstellbar ist.

Herstellungsverfahren für eine mehrlagige Transformatorwicklung mit Isolations- schicht

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Herstellungsverfahren für eine mehrlagige Transformatorwicklung, wobei während oder nach dem Wickeln einer Leiterlage um einen Wickelkörper jeweils eine Schicht elektrisches Isolationsmaterial auf deren radial äußerer Oberfläche aufgebracht wird. Zudem betrifft die Erfindung eine mehrlagige Transformatorwicklung, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren herstellbar ist.

Es ist allgemein bekannt, dass bei der Herstellung von Wicklungen für Leistungstransformatoren, beispielsweise im Nennleistungsbereich von einigen kVA bis über 50MVA, mehrere Leiterlagen um einen Wickelkörper gewickelt werden und dass diese Leiterlagen zusätzlich zu der den Leiter umgebenden Isolationsschicht untereinander elektrisch zu isolieren sind. Diese Isolation sollte möglichst frei von Lufteinschlüssen sein, weil diese die elektrische Isolationsfähigkeit des Isolationsmaterials negativ beeinflussen.

Die Isolationsschicht wird beispielsweise gemäß DE4445423 B4 mittels eines bandförmigen Glasgewebes hergestellt, welches mehrfach wendelförmig um die zu isolierende Leiterlage gewickelt wird, wobei dieses sogenannte Glasroving unmittelbar vor dem Wickelvorgang mit flüssigem Harz imprägniert wird. Nach Abschluss des Wickelvorgangs der gesamten Transformatorwicklung wird diese zum Aushärten des Harzes erhitzt, beispielsweise auf 160°C, und danach wieder auf Umgebungstemperatur abgekühlt.

Bei dieser Vorgehensweise erfolgt der Wickelprozess der Isolationsschicht in nassem, nämlich harzgetränktem Zustand des Isolationsmaterials und demzufolge mit einem vergleichsweise hohen Zeitbedarf.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein möglichst schnelleres Herstellungsverfahren für eine Transformatorwicklung und die Transformatorwicklung dazu anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Herstellungsverfahren für eine mehrlagige Transformatorwicklung mit den in Anspruch 1 genannten Merkmalen.

Demgemäß kennzeichnet sich das Herstellungsverfahren der eingangs genannten Art für eine mehrlagige Transformatorwicklung dadurch, dass als Isolationsmaterial ein trockener Faserverbundwerkstoff verwendet wird und dass dieser durch Erhitzen der Transformatorwicklung auf eine vorbestimmte Verbundtemperatur zu einer Isolationsschicht verbunden wird.

Durch das Verwenden eines trockenen Isolationsmaterials ist es möglich, den Zeitbedarf für den Herstellungsprozess der Isolationsschicht deutlich zu senken, beispielsweise durch eine erhöhte Wickelgeschwindigkeit des Isolationsmaterials. Der Aufwand für die Produktion der Transformatorwicklung wird ebenfalls in vorteilhafter Weise reduziert, da eine Imprägnierung des Isolationsmaterials vor Ort entfällt. Diese erfolgt zum Beispiel bereits bei dem Hersteller des Isolationsmaterials oder in einem wicklungsprozessunabhängigen Verfahren. Es steht ein fertig imprägniertes und getrocknetes Isolationsmaterial als Halbprodukt für die Fertigung der Transformatorwicklung zur Verfügung.

Die Anlieferung kann beispielsweise in Form eines um einen Spulenkörper gewickelten bandförmigen Isolationsmaterials erfolgen, was insbesondere für dessen weitere Verarbeitung günstig ist. Dieses bandförmige Material ist mehrfach wendelförmig um die zu isolierende Leiterlage zu wickeln, so dass die gewünschte auslegungsbedingte minimale Isolationsdicke um den gesamten Umfang der Leiterlage erreicht wird. Beim Wickelvorgang ist darauf zu achten, dass die jeweiligen Bänder möglichst dicht und ohne Lufteinschlüsse gewickelt werden.

Als Trägermaterial für die Imprägnierung sind isolierende Stoffe geeignet, wie zum Beispiel gewebte Bänder aus Glas, Polyester oder einem anderen Isolationsmaterial

mit hinreichender Temperaturstabilität bezüglich des nachfolgenden Erhitzungsprozesses. Das Imprägniermaterial kann beispielsweise ein Harz sein.

Nach Beenden des Wickelvorgangs der mehrlagigen Transformatorwicklung mit Isolation ist diese auf eine bestimmte Verbundtemperatur zu erhitzen. Hierdurch wird die Imprägnierung des vorimprägnierten Isolationsmaterials verflüssigt und die nebeneinander liegenden Wendelungen des Faserverbundwerkstoffes verbinden sich zu einer Einheit. Eventuelle Hohlräume werden partiell gefüllt. Ein solcher Erhitzvorgang kann beispielsweise in einem Ofen geeigneter Größe erfolgen. Anschließend erfolgt ein Abkühlungsprozess auf Umgebungstemperatur, bei welchem die Imprägnierung aushärtet.

Es erweist sich als vorteilhaft, wenn der Imprägnierung des bandförmigen Isolationsmaterials beziehungsweise dem Isolationsmaterial ein Materialzusatz hinzugefügt wird, welcher bei erstmaligem Erreichen einer bestimmten Expansionstemperatur irreversibel expandieret.

Ein solcher Materialzusatz ist beispielsweise das Produkt ‚Expancel‘, das bei einer Expansionstemperatur von beispielsweise 160°C eine einmalige, irreversible Expansionsphase aufweist. Es ist für den Erhitzvorgang jeweils die höhere Temperatur aus Verbund- und Expansionstemperatur zu wählen.

Nach dem Wickelvorgang der Transformatorwicklung können nämlich Hohlräume zwischen den einzelnen Leitern einer Leiterlage vorhanden sein. Es können auch Hohlräume beim Wickeln der einzelnen Bahnen des trockenen Isolationsmaterials entstanden sein. Derartige Hohlräume beeinträchtigen die Isolationsfähigkeit des Isolationsmaterials und werden durch einen derartigen Materialzusatz in vorteilhafter Weise gefüllt. Somit kann die Isolationsfähigkeit der gesamten Isolationsschicht weiter gesteigert werden und das Isolationsvermögen einer konventionell, im nassen Zustand hergestellten, Isolationsschicht übersteigen.

Es ist bei der Bemessung des Anteils an expansivem Material zu berücksichtigen, dass die bei erstmaliger Erhitzung auf eine bestimmte Expansionstemperatur entste-

hende Volumenvergrößerung in etwa dem zu erwartenden Volumen an auszufüllenden Hohlräumen entspricht.

In einer weiteren erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Herstellungsverfahrens wird auf die radial äußere Oberfläche des Wickelkörpers vor dem Wickelvorgang der radial innersten Leiterlage zunächst eine Schicht elektrisches Isolationsmaterial aufgebracht.

Dadurch wird die Isolationsfähigkeit der fertig gestellten Transformatorwicklung weiter gesteigert.

In einer vorteilhaften Variante des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens wird vor Beginn des Wickelvorgangs wenigstens einer der Leiterlagen zunächst auf der radial äußeren Oberfläche der Wicklung wenigstens ein in axialer Richtung verlaufender Kühlkanal aufgebracht.

Leistungstransformatoren benötigen häufig Kühlkanäle, um die im Betrieb anfallende Verlustwärme abzutransportieren. Solche Kanäle erstrecken sich üblicherweise über die gesamte axiale Wicklungslänge. Ein solcher Kühlkanal kann beispielsweise aus zwei ineinander geschobenen Rohrelementen gebildet werden und verläuft zwischen zwei Leiterlagen um den gesamten Umfang der Wickelachse der Transformatorwicklung entlang deren gesamter axialer Länge.

In einer Weiterführung des Herstellungsverfahrens wird an der radial äußeren Fläche des Kühlkanals Isolationsmaterial aufgebracht wird, bevor die daran radial außen angrenzende Leiterlage gewickelt wird.

Dadurch kann die Isolationsfestigkeit der Transformatorwicklung weiter gesteigert werden.

Es entspricht auch dem Gedanken des erfindungsgemäßen Verfahrens, den Kühlkanal aus elektrischem Isolationsmaterial herzustellen.

Auf diese Weise übernimmt dieser die Isolationsfunktion zwischen den ihn umgebenden Leiterlagen und eine zusätzliche Isolationsschicht ist nicht notwendig.

Die Aufgabe der Erfindung wird auch gelöst durch eine mehrlagige Transformatorwicklung mit wenigstens einer Schicht Isolationsmaterial zwischen den Wicklungslagen, wobei das Isolationsmaterial ein trockener Faserverbundwerkstoff ist, welcher durch Erhitzen der Transformatorwicklung auf eine vorbestimmte Verbundtemperatur zu einer Isolationsschicht verbindbar ist.

Eine derartige Wicklung ist aufgrund des trockenen Isolationsmaterials besonders schnell herstellbar.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Transformatorwicklung enthält das Isolationsmaterial einen durch erstmaliges Erhitzen auf eine bestimmte Expansionstemperatur irreversibel expandierbaren Materialzusatz.

Auf diese Weise kann die Spannungsfestigkeit und die Lebensdauer der Isolationsschicht besonders gesteigert werden, weil eventuelle Hohlräume, welche vor dem Erhitzen der Wicklung auf Expansions- beziehungsweise Verbundtemperatur in dem Isolationsmaterial vorhanden sind, durch die Volumenexpansion bei Erreichen der Expansionstemperatur füllbar sind.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Transformatorwicklung weist diese mehrere jeweils axial nebeneinander liegende Teilbereiche mit jeweils mehreren radial übereinanderliegenden Leiterlagen auf, wobei in wenigstens einer Leiterlagenschicht wenigstens zwei der darin enthaltenen axial aneinandergrenzenden Leiterlagen der jeweiligen Teilbereiche im Grenzbereich galvanisch voneinander getrennt sind.

Aus isolationstechnischen Gründen ist es nämlich oft zweckmäßig, durch einen solchen Aufbau einer Transformatorwicklung die Spannungsbeanspruchung von benachbarten Leitern zu reduzieren oder auch zwei komplett galvanisch getrennte Wicklungsleiter in einer Wicklung anzuordnen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens und der daraus resultierenden Transformatorwicklung sind den weiteren Ansprüchen zu entnehmen.

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

Es zeigen:

Fig. 1 eine gefertigte erste Transformatorwicklung vor einer erstmaligen Erhitzung auf Verbundtemperatur

Fig. 2 eine gefertigte zweite Transformatorwicklung nach einer erstmaligen Erhitzung auf Expansionstemperatur

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäß gefertigte erste Transformatorwicklung 10 vor der Ersterhitzung auf Verbundtemperatur in schematischer Darstellung. Vor Fertigungsbeginn wird ein Wickelkörper 11, welcher einen lichten Innendurchmesser der zu fertigenden Transformatorwicklung bestimmt, auf eine geeignete und jedoch in der Fig. 1 nicht dargestellte Fertigungsplattform positioniert.

Anschließend wird ein bandförmiger, imprägnierter und trockener Faserverbundwerkstoff, welcher beispielsweise auf einer Rolle vom Lieferanten zur Verfügung gestellt wird, in mehreren wendelförmigen Lagen um den Wickelkörper 11 gewickelt, bis eine vorbestimmte Mindestschichtdicke der Isolation erreicht ist. Es ist aber durchaus möglich, dass zunächst ein fadenähnlicher Verbundwerkstoff für den Wickelvorgang einer Schicht gewählt wird, um so Unebenheiten auf der Oberfläche der Leiterlage auszugleichen und anschließend auf einen bandförmigen Verbundwerkstoff überzugehen. Ein Wickelvorgang erfolgt beispielsweise mit Hilfe einer in der Fig. 1 nicht gezeigten Wickelmaschine, wobei ein über der zu fertigenden Spule angeordneter Wickelarm an seinem einen Ende drehbar um die Rotationsachse 12 gelagert ist und an seinem anderen Ende eine Aufnahmemöglichkeit für die angelieferte Rolle des Faserverbundwerkstoffes hat. Auf diese Weise lässt sich durch eine Drehung des

Armes um die Rotationsachse 12 einfach ein Aufbringen des bandförmigen Faser-verbundwerkstoffes durchführen.

Nach Abschluss des Wicklungsvorganges der ersten Schicht Isolationsmaterial 31 der ersten Transformatorwicklung 10 ist diese über den gesamten Umfang des Wickelkörpers 11 und ihre gesamte axiale Länge 14 mit einer Mindestgesamtschichtdicke von dem trockenen Isolationsmaterial bedeckt, wobei die erste Wicklung 10 rotationssymmetrisch um die gedachte Rotationsachse 12 ist. Die Mindestschichtdicke variiert gemäß der zu erzielenden Spannungsfestigkeit der Isolationsschicht und kann im Bereich von beispielsweise ca. 1mm bis zu 20mm variieren. Beim Wickeln ist darauf zu achten, dass möglichst keine Luftporen in der gewickelten Isolationsschicht vorhanden sind.

Nachfolgend wird eine erste Leiterlage 21 aufgebracht, wobei ein von einer Isolationsschicht umgebener Leiter wendelförmig über die gesamte Wicklungslänge 14 aufgebracht wird.

Danach wird analog zur ersten Schicht Isolationsmaterial 31 auf die erste Leiterlage 21 eine zweite Schicht Isolationsmaterial 32 aufgebracht, auf die wiederum eine zweite Leiterlage 22 gewickelt wird. Es ist zu beachten, dass die erste Leiterlage 21 und die zweite Leiterlage 22 an einem der beiden Enden der Wicklung 10 elektrisch verbunden sind.

Es ist fernerhin zu beachten, dass Hohlräume 40 zwischen benachbarten Leitern und in den Schichten des Isolationsmaterials 31, 32, 33 entstehen können, welche die Isolationseigenschaften der Isolationsschichten reduzieren. Eine solche Reduktion der Isolationseigenschaften beeinträchtigt die grundsätzliche Funktionalität der Isolationsschichten bei einer entsprechenden Auslegung der Transformatorwicklung nicht.

Anschließend wird die gefertigte Transformatorwicklung 10 auf eine bestimmte Mindesttemperatur erhitzt, welche der Verbundtemperatur entspricht und für harzbasierte Isolationssysteme im Temperaturbereich von beispielsweise 120°C bis 160°C liegt. Ein solcher Erhitzungsvorgang wird vorzugsweise in einem Ofen geeigneter Größe durchgeführt, wobei die Zeit der Erhitzung so zu bemessen ist, dass die ge-

samte Transformatorwicklung auf Solltemperatur gebracht wird. Je nach Größe der Wicklung können sich Ofenzeiten im Bereich von 15min bis zu mehreren Stunden ergeben, was dem Fachmann jedoch allgemein bekannt ist.

Fig. 2 zeigt eine zweite gefertigte Transformatorwicklung 50 mit einem ähnlichen Wicklungsaufbau wie die erste Transformatorwicklung 10, im Unterschied zu dieser aber nach der erstmaligen Erhitzung auf eine Grenztemperatur. Dem Isolationsmaterial wurde zuvor ein bei erstmaligem Erreichen der Expansionstemperatur irreversibel expandierender Materialzusatz hinzugefügt. Die Grenztemperatur der Erhitzung entspricht in diesem Beispiel der höheren Temperatur aus Verbund- und Expansionstemperatur.

Ein Hinzufügen des Materialzusatzes erfolgt vorzugsweise dadurch, dass vor dem Aufbringen der ersten Schicht Isolationsmaterial auf den Wickelkörper 51 eine zusätzliche Schicht des Materialzusatzes aufgetragen wird und dass nach Aufbringen der ersten Schicht Isolationsmaterial eine weitere zusätzliche Schicht des Materialzusatzes aufgetragen wird. Bei jeder weiteren Schicht Isolationsmaterial ist entsprechend analog zu verfahren. Es ist aber auch ohne weiteres denkbar, dass beispielsweise der Imprägnierung eines bandförmigen Faserverbundwerkstoffes bereits bei dessen Herstellung ein solcher Materialzusatz beigefügt wurde.

Ein solcher bei erstmaligem Erreichen einer Expansionstemperatur irreversibel expandierender Materialzusatz ist beispielsweise das am Markt als ‚Expancel‘ bekannte Produkt. ‚Expancel‘ kennzeichnet sich dadurch, dass in einer gasdichten, nur wenige Mikrometer großen Kunststoffhülle eine exakt bemessene Menge eines Treibmittels eingeschlossen ist. Wenn diese Mikrosphäre erwärmt bzw. erhitzt wird, erweicht die Kunststoffhülle, das Treibmittel wird gasförmig und die Mikrosphäre expandiert irreversibel in definierter Weise. Es sind aber auch andere Materialzusätze mit ähnlichen Eigenschaften denkbar, auch solche, die nach anderen Wirkprinzipien arbeiten, beispielsweise Expansion aufgrund chemischer Vorgänge.

Fig. 2 zeigt weiterhin, dass durch die vorangegangene erstmalige Erwärmung auf die Grenztemperatur eine Volumenexpansion des Materialzusatzes erfolgt ist und die in Fig. 1 angedeuteten Hohlräume 40 und die Schichten Isolationsmaterial 31, 32, 33

zunehmende Teile des Isolationsbereiches 80 sind. Vorteilhafterweise sind keine Hohlräume in dem Isolationsbereich 80 vorhanden, welcher mehrere Isolationsschichten zwischen den Leiterlagen aufweist.

Es ist bei der Bemessung der Menge an Materialzusatz darauf zu achten, dass der Volumenzuwachs bei Expansion in etwa dem zu erwartenden Volumen an zu füllenden Hohlräumen entspricht.

Eine weitere Reduktion des Volumens an nicht gefüllten Hohlräumen bei einer gefertigten Wicklung kann darüber hinaus erreicht werden, dass der Erhitzungsvorgang im Ofen unter vakuumähnlichen Bedingungen erfolgt.

Bezugszeichenliste

- 10 Gefertigte erste Transformatorwicklung vor erstmaliger Erhitzung
 - 11 Wickelkörper von erster Transformatorwicklung
 - 12 Rotationsachse von erster Transformatorwicklung
 - 14 Länge der ersten Transformatorwicklung
 - 21 Erste Leiterlage von erster Transformatorwicklung
 - 22 Zweite Leiterlage von erster Transformatorwicklung
 - 31 Erste Schicht Isolationsmaterial von erster Transformatorwicklung
 - 32 Zweite Schicht Isolationsmaterial von erster Transformatorwicklung
 - 33 Dritte Schicht Isolationsmaterial von erster Transformatorwicklung
 - 40 Hohlraum von erster Transformatorwicklung
 - 50 Gefertigte zweite Transformatorwicklung nach erstmaliger Erhitzung
 - 51 Wickelkörper von zweiter Transformatorwicklung
 - 52 Rotationsachse von zweiter Transformatorwicklung
 - 80 Isolationsbereich zweiter Transformatorwicklung
- .

Patentansprüche

1. Herstellungsverfahren für eine mehrlagige Transformatorwicklung (10), wobei während oder nach dem Wickeln einer Leiterlage (21, 22, 23) um einen Wickelkörper (11) jeweils eine Schicht (32, 33) elektrisches Isolationsmaterial auf deren radial äußerer Oberfläche aufgebracht wird, dadurch gekennzeichnet, dass als Isolationsmaterial ein trockener Faserverbundwerkstoff verwendet wird und dass dieser durch Erhitzen der Transformatorwicklung (10) auf eine vorbestimmte Verbundtemperatur zu einer Isolationsschicht verbunden wird.
2. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem Isolationsmaterial ein bei erstmaligem Erreichen einer bestimmten Expansionstemperatur irreversibel expandierenden Materialzusatz zugefügt wird oder ist.
3. Herstellungsverfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Materialzusatz so dosiert wird, dass die Volumenzunahme aufgrund der Menge an Materialzusatz in etwa dem Summenvolumen der in der Transformatorwicklung (10) enthaltenen Hohlräume (40) entspricht.
4. Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf die radial äußere Oberfläche des Wickelkörpers (11) vor dem Wickelvorgang der radial innersten Leiterlage (21) zunächst eine Schicht (31) elektrisches Isolationsmaterial aufgebracht wird.
5. Herstellungsverfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor Beginn des Wickelns wenigstens einer der bestimmten Leiterlagen (21, 22, 23) zunächst auf der radial äußeren Oberfläche der teilweise gefertigten Wicklung wenigstens ein in axialer Richtung verlaufender Kühlkanal aufgebracht wird.

6. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass an der radial äußeren Fläche des Kühlkanals Isolationsmaterial aufgebracht wird, bevor die daran radial außen angrenzende Leiterlage (21, 22, 23) gewickelt wird.
7. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kühlkanal aus elektrischem Isolationsmaterial hergestellt wird.
8. Mehrlagige Transformatorwicklung (10) mit wenigstens einer Schicht (32, 33) Isolationsmaterial zwischen den Wicklungslagen (21, 22, 23), dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationsmaterial ein trockener Faserverbundwerkstoff ist und dass dieser durch Erhitzen der Transformatorwicklung (10) auf eine vorbestimmte Verbundtemperatur zu einer Isolationsschicht verbindbar ist.
9. Mehrlagige Transformatorwicklung (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationsmaterial einen durch erstmaliges Erhitzen auf eine bestimmten Expansionstemperatur irreversibel expandierbaren Materialzusatz enthält.
10. Mehrlagige Transformatorwicklung (10) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere jeweils axial nebeneinander liegende Teilbereiche mit jeweils mehreren radial übereinanderliegenden Leiterlagen (21, 22, 23) vorhanden sind und dass in wenigstens einer Leiterlagenschicht wenigstens zwei der darin enthaltenen axial aneinandergrenzenden Leiterlagen nicht direkt galvanisch miteinander verbunden sind.
11. Mehrlagige Transformatorwicklung (50) mit wenigstens einer Isolationsschicht zwischen den Wicklungslagen (21, 22, 23), dadurch gekennzeichnet, dass das Isolationsmaterial der wenigstens einen Isolationsschicht einen durch erstmaliges Erhitzen auf eine bestimmten Expansionstemperatur irreversibel expandierten Materialzusatz enthält.

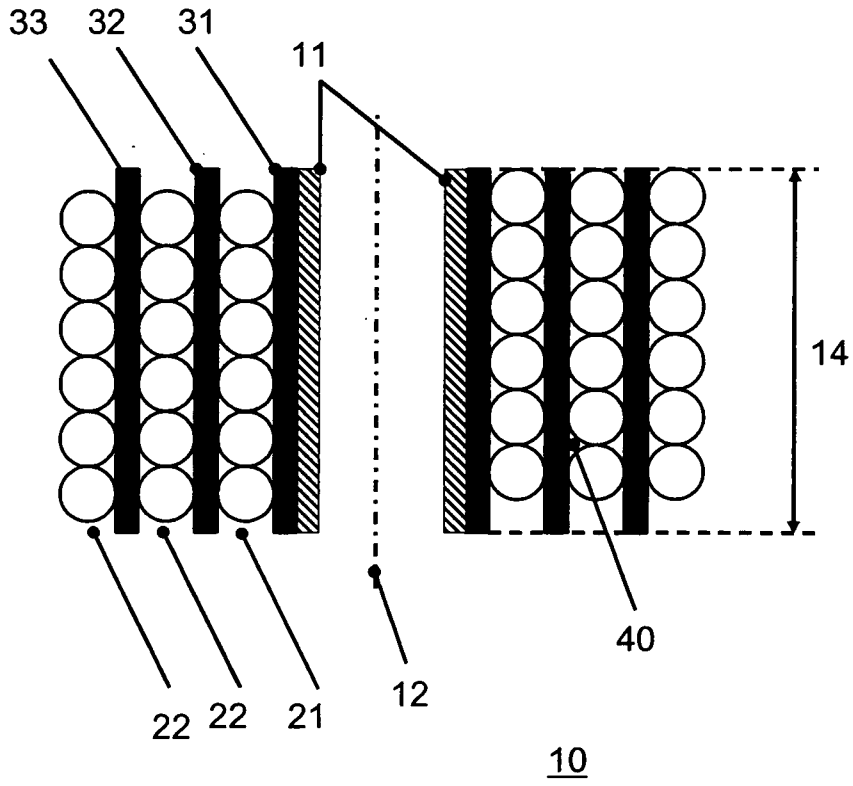


Fig. 1

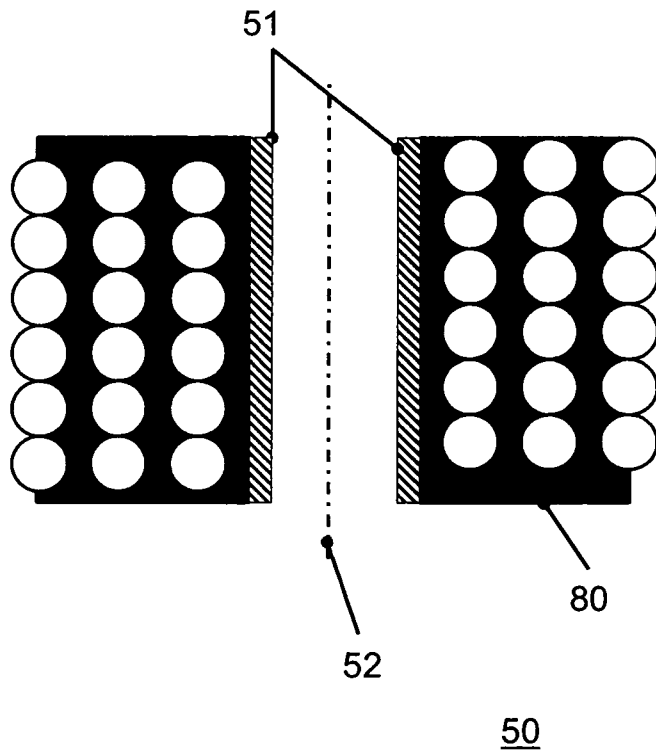


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/009051

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
INV. H01F27/32	H01F41/12 H01F41/06 H01B3/47	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01F H01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/261252 A1 (YOUNGER HAROLD R [US] ET AL) 30 December 2004 (2004-12-30) abstract paragraphs [0004], [0021] - [0028], [0034]; figures 2-4	1,4,8
X	US 2005/034296 A1 (YOUNGER HAROLD R [US] ET AL) 17 February 2005 (2005-02-17) paragraphs [0031], [0032]; figure 1 paragraphs [0036] - [0043]; figures 2,3 paragraph [0049]	1,4,8
X	US 3 662 461 A (LAKE GLEN W ET AL) 16 May 1972 (1972-05-16) abstract column 2, line 67 - column 3, line 6 column 4, line 54 - column 5, line 55; figure 4	1,4,8,10
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.	
* Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
E earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.	
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*Z* document member of the same patent family	
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
4 Februar 2009	13/02/2009	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Reder, Michael	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/009051

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	DE 44 45 423 A1 (ABB PATENT GMBH [DE]) 27 June 1996 (1996-06-27) cited in the application abstract -----	11
Y A	EP 0 222 399 A (KOLZER KLAUS KURT) 20 May 1987 (1987-05-20) abstract column 1, line 1 - column 4, line 27 column 9, line 7 - column 10, line 13; figures 1,2 -----	11
A	WO 03/107364 A (ABB T & D TECH LTD [CH]) 24 December 2003 (2003-12-24) abstract; figures 1-6 page 4, line 29 - page 5, line 21 -----	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2008/009051

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004261252	A1	30-12-2004	CA 2528582 A1 06-01-2005
			CN 1813321 A 02-08-2006
			EP 1639611 A2 29-03-2006
			JP 2007525009 T 30-08-2007
			KR 20060015657 A 17-02-2006
			WO 2005001854 A2 06-01-2005
US 2005034296	A1	17-02-2005	WO 2005017927 A2 24-02-2005
US 3662461	A	16-05-1972	NONE
DE 4445423	A1	27-06-1996	NONE
EP 0222399	A	20-05-1987	AU 588063 B2 07-09-1989
			AU 6530886 A 21-05-1987
			BR 8605634 A 18-08-1987
			CA 1279986 C 12-02-1991
			DE 3540537 A1 21-05-1987
			FI 864631 A 16-05-1987
			GR 3002321 T3 30-12-1992
			JP 1715870 C 27-11-1992
			JP 4003766 B 24-01-1992
			JP 62119233 A 30-05-1987
			NO 864546 A 18-05-1987
			US 4820575 A 11-04-1989
WO 03107364	A	24-12-2003	AT 319171 T 15-03-2006
			AU 2002368017 A1 31-12-2003
			BR 0215491 A 02-08-2005
			CA 2471507 A1 24-12-2003
			CN 1615530 A 11-05-2005
			DE 60209574 T2 24-08-2006
			EP 1461814 A1 29-09-2004
			ES 2256595 T3 16-07-2006
			US 7023312 B1 04-04-2006
			US 2006200971 A1 14-09-2006

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/009051

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	H01F27/32	H01F41/12
		H01F41/06
		H01B3/47
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01F H01B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2004/261252 A1 (YOUNGER HAROLD R [US] ET AL) 30. Dezember 2004 (2004-12-30) Zusammenfassung Absätze [0004], [0021] - [0028], [0034]; Abbildungen 2-4	1,4,8
X	US 2005/034296 A1 (YOUNGER HAROLD R [US] ET AL) 17. Februar 2005 (2005-02-17) Absätze [0031], [0032]; Abbildung 1 Absätze [0036] - [0043]; Abbildungen 2,3 Absatz [0049]	1,4,8
X	US 3 662 461 A (LAKE GLEN W ET AL) 16. Mai 1972 (1972-05-16) Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 67 - Spalte 3, Zeile 6 Spalte 4, Zeile 54 - Spalte 5, Zeile 55; Abbildung 4	1,4,8,10
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist 		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. Februar 2009		13/02/2009
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Reder, Michael

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y A	DE 44 45 423 A1 (ABB PATENT GMBH [DE]) 27. Juni 1996 (1996-06-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	11
Y A	EP 0 222 399 A (KOLZER KLAUS KURT) 20. Mai 1987 (1987-05-20) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 4, Zeile 27 Spalte 9, Zeile 7 - Spalte 10, Zeile 13; Abbildungen 1,2 -----	11
A	WO 03/107364 A (ABB T & D TECH LTD [CH]) 24. Dezember 2003 (2003-12-24) Zusammenfassung; Abbildungen 1-6 Seite 4, Zeile 29 - Seite 5, Zeile 21 -----	4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/009051

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung		
US 2004261252 A1	30-12-2004	CA 2528582 A1	06-01-2005		
		CN 1813321 A	02-08-2006		
		EP 1639611 A2	29-03-2006		
		JP 2007525009 T	30-08-2007		
		KR 20060015657 A	17-02-2006		
		WO 2005001854 A2	06-01-2005		
		US 2005034296 A1	17-02-2005	WO 2005017927 A2	24-02-2005
US 3662461 A	16-05-1972	KEINE			
DE 4445423 A1	27-06-1996	KEINE			
EP 0222399 A	20-05-1987	AU 588063 B2	07-09-1989		
		AU 6530886 A	21-05-1987		
		BR 8605634 A	18-08-1987		
		CA 1279986 C	12-02-1991		
		DE 3540537 A1	21-05-1987		
		FI 864631 A	16-05-1987		
		GR 3002321 T3	30-12-1992		
		JP 1715870 C	27-11-1992		
		JP 4003766 B	24-01-1992		
		JP 62119233 A	30-05-1987		
		NO 864546 A	18-05-1987		
		US 4820575 A	11-04-1989		
		WO 03107364 A	24-12-2003	AT 319171 T	15-03-2006
				AU 2002368017 A1	31-12-2003
BR 0215491 A	02-08-2005				
CA 2471507 A1	24-12-2003				
CN 1615530 A	11-05-2005				
DE 60209574 T2	24-08-2006				
EP 1461814 A1	29-09-2004				
ES 2256595 T3	16-07-2006				
US 7023312 B1	04-04-2006				
US 2006200971 A1	14-09-2006				