



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**11.07.2012 Patentblatt 2012/28**

(51) Int Cl.:  
**H01F 27/32<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **11000040.3**

(22) Anmeldetag: **05.01.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

- **Esenlik, Burak**  
33102 Paderbon (DE)
- **Cornelius, Frank**  
59936 Olsberg (DE)
- **Tepper, Jens**  
59929 Brilon (DE)
- **Zillmann, Karl-Heinz**  
34431 Marsberg (DE)
- **Bockholt, Marcos**  
33104 Paderborn (DE)

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

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

(72) Erfinder:  
• **Weber, Benjamin**  
59955 Winterberg (DE)  
• **Patel, Bhavesh**  
59929 Brilon (DE)

(54) **Transformatorwicklung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Transformatorwicklung (10, 50, 70) umfassend wenigstens zwei hohlzylindrisch um eine gemeinsame Wickelachse (16, 56, 80) angeordnete axial benachbarte Wicklungsmodule (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) mit einem lagenweise gewickelten elektrischen Leiter (18, 20) sowie eine gemeinsa-

me elektrische Isolationsschicht (22, 68, 82), durch welche die Wicklungsmodule (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) umhüllt sind. Die Isolationsschicht (22, 68, 82) weist an ihrer radialen Außenfläche (24, 90) wenigstens eine quer zur Wickelachse (16, 56, 80) ausgeprägte ringartige radiale Vertiefung (28, 30, 58, 60, 62, 64, 66, 84, 86, 88) oder ringartige radiale Erhebung (32) auf.

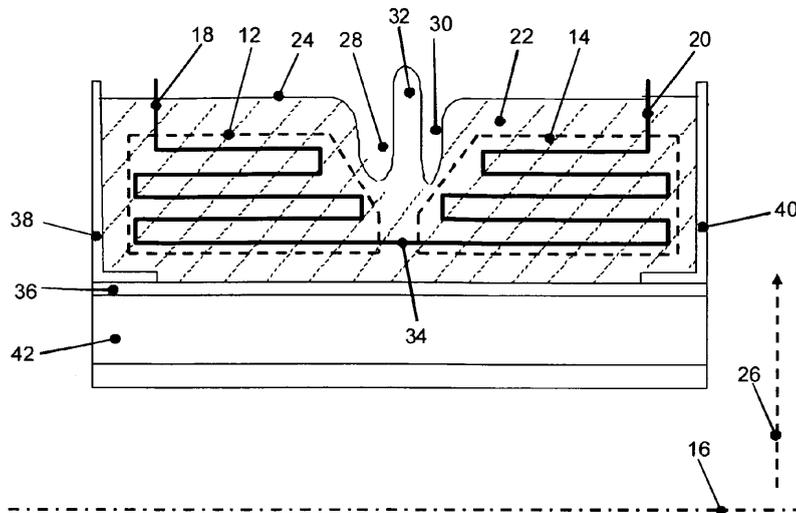


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Transformatorwicklung umfassend wenigstens zwei hohlzylindrisch um eine gemeinsame Wickelachse angeordnete axial benachbarte Wicklungsmodule mit einem lagenweise gewickelten elektrischen Leiter sowie eine gemeinsame elektrische Isolationsschicht, durch welche die Wicklungsmodule umhüllt sind.

**[0002]** Es ist allgemein bekannt, dass Leistungstransformatoren, beispielsweise mit einer Nennleistung von einigen MVA und in einem Spannungsbereich von beispielsweise 5kV bis 30kV oder 110kV, teilweise sogar bis 170kV, auch als Trockentransformatoren ausgeführt werden, wobei in dem zuletzt genannten Spannungsbereich durchaus auch Nennleistungen von 50MVA und darüber möglich sind. Die hochspannungsseitigen Wicklungen werden hierbei üblicherweise durch eine Mischung aus Glasroving und Epoxidharz isoliert, wobei die daraus gebildete Isolationsschicht die Wicklung zumeist umschließt.

**[0003]** Aus konstruktiven Gründen ist es auch üblich, eine derartige Wicklung aus mehreren Wicklungsmodulen aufzubauen, also aus mehreren axial aneinandergrenzenden hohlzylindrischen Wicklungssegmenten, welche vorzugsweise radial innen galvanisch miteinander verbunden und somit elektrisch in Reihe geschaltet sind. Hierdurch wird die Spannungsbeanspruchung zwischen radial aneinandergrenzenden Wickellagen reduziert und damit auch der entsprechend erforderliche Isolationaufwand.

**[0004]** Dies hat allerdings zur Folge, dass bei Betrieb der Wicklung zwischen axial aneinandergrenzenden Wicklungsmodulen an deren Stirnflächen eine erhöhte Spannungsdifferenz auftritt, welche zu einer erhöhten Beanspruchung der dazwischen befindlichen Isolationsschicht führt. Eine entsprechende Spannungsbeanspruchung tritt aber selbstverständlich auch auf, wenn galvanisch getrennte Wicklungen axial benachbart angeordnet sind. Das Isolationsmaterial als solches ist ohne weiteres derart dimensionierbar, dass es in seinem Inneren dieser Spannungsbeanspruchung standhält.

**[0005]** Unter einer hohlzylindrischen Wicklung ist erfindungsgemäß nicht nur eine Wicklung mit kreisrundem Querschnitt zu verstehen, vielmehr beinhaltet dieser Begriff auch einen annähernd rechteckförmigen Querschnitt mit abgerundeten Ecken. Auf diese Weise ist nämlich beim Einbau der Wicklung auf einen Transformator Kern mit rechteckigem Querschnitt das zur Verfügung stehende Wickelfenster in optimaler Weise ausgenutzt.

**[0006]** Nachteilig ist jedoch, dass sich entlang der Außenfläche der Isolationsschicht der Wicklung und insbesondere über dem Bereich der axial aneinandergrenzenden Wicklungssegmente ebenfalls eine Potentialdifferenz aufbaut. Diese kann längs der Außenfläche der gemeinsamen Isolationsschicht der Wicklung zu unerwünschten Entladungen beziehungsweise Teildurch-

schlägen führen, was durch eine eventuelle Verschmutzung der Außenfläche noch begünstigt wird.

**[0007]** Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Transformatorwicklung bereitzustellen, welche ein verbessertes Isolationsverhalten längs der Außenfläche der Isolationsschicht aufweist.

**[0008]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Transformatorwicklung der eingangs genannten Art. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationsschicht an ihrer radialen Außenfläche wenigstens eine quer zur Wickelachse ausgeprägte ringartige radiale Vertiefung oder Erhebung aufweist.

**[0009]** Eine derartige ringartige radiale Vertiefung oder Erhebung verlängert in vorteilhafter Weise den Kriechweg längs der axialen Erstreckung der Oberfläche, wobei die Spannungsbeanspruchung aufgrund der axial benachbarten Anordnung der Wicklungsmodule ebenfalls längs der axialen Oberfläche erfolgt. Somit wird — ähnlich wie bei Rippen eines Keramikisolators — eine Erhöhung der Spannungsbelastbarkeit erreicht, wobei eine Erhöhung der Baugröße — zumindest im Falle von Vertiefungen - in vorteilhafter Weise vermieden ist. Die Ausgestaltung einer Vertiefung oder einer Erhebung kann beispielsweise einen rechteckförmigen, halbkreisförmigen, parabelähnlichen, schirmähnlichen oder auch einen Gaußkurven-ähnlichen Querschnitt aufweisen. Wesentlich ist letztendlich eine Verlängerung des Kriechweges längs der Oberfläche und die Vermeidung der Ausbildung eines durchgehenden Feuchtigkeitsfilms auf der Oberfläche.

**[0010]** Entsprechend einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Transformatorwicklung umschließt die wenigstens eine ringartige radiale Vertiefung oder Erhebung die Transformatorwicklung komplett, also in einem Winkel von 360° um die Wickelachse. Somit erfolgt in vorteilhafter Weise eine Verlängerung des axialen Kriechweges gleichmäßig über den kompletten Wicklungsumfang. Zudem ist hierdurch die Fertigung der Isolationsschicht, welche zumeist ebenfalls gewickelt ist, entsprechend vereinfacht. Aber auch beispielsweise ein nachträgliches Einfräsen einer ringartigen radialen Vertiefung in eine existierende Isolationsschicht ist dadurch vereinfacht.

**[0011]** Gemäß einer ebenfalls bevorzugten Variante ist wenigstens eine ringartige radiale Vertiefung zwischen den wenigstens zwei axial benachbarten Wicklungsmodulen angeordnet. Dort ist wie eingangs erwähnt mit der höchsten Spannungsdifferenz beziehungsweise Feldstärke zu rechnen, weshalb sich dort eine Verlängerung des Kriechweges besonders vorteilhaft auf das Isolationsvermögen der Wicklung auswirkt. Zudem lässt sich eine derartige Vertiefung dort tiefer ausführen als direkt über einem Wicklungsmodul, weil die Vertiefung in den Zwischenraum zwischen den axial aneinandergrenzenden Wicklungsmodulen hineinragen kann. Auf diese Weise ist der Kriechweg in dem isolationstechnisch kritischsten Bereich in besonders wirksamer Weise ver-

längert.

**[0012]** Eine derartig angeordnete Vertiefung lässt sich erfindungsgemäß besonders wirkungsvoll realisieren, wenn eine radial außen liegende Wicklungslage eines Wicklungsmoduls gegenüber radial unter ihr liegenden Wicklungslagen axial verkürzt ist. Dann ist der zwischen den axial aneinandergrenzenden Wicklungsmodulen zur Verfügung stehende Zwischenraum im radial außen liegenden Bereich vergrößert, weshalb dort auch ein vergrößerter Raum für die Anordnung einer radialen ringartigen Vertiefung zur Verfügung gestellt ist. Die Isolationsfestigkeit ist bei entsprechender Ausgestaltung der Vertiefung damit in vorteilhafter Weise gesteigert.

**[0013]** Die Transformatorwicklung lässt sich erfindungsgemäß besonders einfach fertigen, wenn diese auf einem Spulenkörper angeordnet ist. Als ebenso fertigungstechnisch vorteilhaft erweist es sich, wenn die Wicklung an ihren beiden axialen Stirnflächen von jeweils einer Stirnplatte begrenzt ist. Dann ist nämlich eine Art seitlich begrenzter Spulenkörper gebildet, welcher sich besonders für einen Wickelvorgang eignet, wobei vorzugsweise sowohl der elektrische Leiter als auch die Isolationsschicht in einem gemeinsamen Fertigungsprozess gewickelt werden.

**[0014]** Entsprechend einer Ausgestaltungsvariante der erfindungsgemäßen Wicklung weist diese wenigstens zwei Wicklungsmodule auf, welche radial innen galvanisch miteinander verbunden sind. Durch die Aufteilung einer Hochspannungswicklung in mehrere Wicklungsmodule ist nämlich in vorteilhafter Weise die Spannungsbeanspruchung zwischen benachbarten Wickellagen reduziert, was den Isolationsaufwand zwischen den Lagen in vorteilhafter Weise verringert. Bei der Verwendung von vier in Reihe geschalteten Wicklungsmodulen wären dann vorzugsweise die beiden axial äußeren mit den beiden axial inneren Wicklungsmodulen galvanisch radial innen verbunden und die beiden inneren Wicklungsmodule radial außen. Es ist erfindungsgemäß aber auch vorgesehen, dass die Wicklung wenigstens zwei Gruppen von jeweils zwei radial innen galvanisch miteinander verbundenen Wicklungsmodulen umfasst, welche nicht zwangsläufig galvanisch miteinander verbunden sind.

**[0015]** Entsprechend einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Wicklung weist die gemeinsame elektrische Isolationsschicht ein gewickeltes Isolationsmaterial auf, beispielsweise einen Faseroving. Dieses kann fertigungstechnisch zusammen mit dem elektrischen Leiter gewickelt werden, wobei der Faseroving beispielsweise mit einem feuchten Epoxidharz getränkt ist. Nach einem derartigen Wicklungsvorgang ist die Wicklung dann zur Aushärtung des Harzes auf eine Polymerisationstemperatur, je nach verwendetem Harz beispielsweise 160°C, zu erhitzen, so dass das Harz dann vollständig aushärtet.

**[0016]** Als besonders vorteilhaft für das Wickeln von erfindungsgemäßen Vertiefungen oder Erhebungen erweist sich jedoch die Verwendung eines trockenen oder

zumindest klebrigen, bandartigen Isolationsmaterials, weil dieses beim Wickelvorgang deutlich formstabiler ist. So ist dadurch beispielsweise das Wickeln einer Erhebung mit rechteckförmigem Querschnitt besonders einfach möglich, indem entsprechend viele Wickellagen eines trockenen Isolationsbandes übereinander gewickelt werden.

**[0017]** Die Isolationsfähigkeit eines trocken gewickelten Isolationsbandes oder Faserovings ist jedoch zu meist aufgrund der zwischen den Lagen entstehenden infinitesimal kleinen Spalte reduziert, zumal auch eine entsprechend hohe mechanische Stabilität schwer zu gewährleisten ist, gegebenenfalls durch die Verwendung einer Klebeschicht an einer flächigen Seite des Isolationsbandes. Erfindungsgemäß ist es daher auch vorgesehen, dass das gewickelte Isolationsmaterial ein mit Harz im B-Zustand vorimprägnierter Faseroving oder auch Glasfaseroving ist, welcher nach dem Wickelvorgang auf eine Polymerisationstemperatur erhitzt wurde.

**[0018]** B-Zustand eines Harzes bedeutet, dass der Aushärtungsprozess des Harzes bereits begonnen aber anschließend gewollt unterbrochen wurde, so dass sich das Harz im Zustand der unvollständigen Polymerisation befindet. B-Zustand eines Harzes kann aber auch bedeuten, dass dieses durch entsprechende Erwärmung auf eine Aufschmelztemperatur von beispielsweise 80°C und anschließendes Abkühlen in einen festen Zustand übergegangen ist, ohne dass die eigentliche chemische Reaktion der Polymerisation bereits initiiert wurde. In einem solchen Zustand lässt sich das Harz bei einer entsprechenden Temperatur wieder aufschmelzen, wobei die eigentliche Polymerisation bei einer Temperatur oberhalb der Aufschmelztemperatur stattfindet, beispielsweise bei einer Backtemperatur im Bereich von 120°C bis 140°C.

**[0019]** Durch die Verwendung eines derartigen Harzes, insbesondere Epoxydharzes, ist sowohl ein formstabiler Wickelvorgang ermöglicht als auch durch den nachfolgenden Aufschmelz- und Polymerisationsprozess eine besonders hohe Isolationsfähigkeit und mechanische Stabilität.

**[0020]** Entsprechend einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Transformatorwicklung weist die gemeinsame elektrische Isolationsschicht eine zum Teil mittels des Isolationsmaterials eingewickelte quer zur Wickelachse angeordnete flexible Profilleiste auf, durch welche zumindest ein Teil der radialen ringartigen Vertiefungen oder Erhebungen gebildet ist. Die Profilleiste ist aus einem Isolationsmaterial gefertigt und ragt vorzugsweise mit einem ersten Teil aus der radialen Außenfläche der Isolationsschicht heraus und ist mit einem zweiten in der Isolationsschicht angeordnet und dadurch fixiert, dass vorzugsweise parallel zur Wickelachse verlaufende Profildbereiche mit gewickeltem Isolationsmaterial fixiert sind. Letztendlich ist die Profilleiste aber als Teil der Isolationsschicht selbst anzusehen, durch welche der Kriechweg in vorteilhafter Weise verlängert wird.

**[0021]** Gemäß einer weiteren Variante der Transfor-

matorwicklung weist die flexible Profilleiste einen T-förmigen Profilquerschnitt auf. Dieser ist besonders geeignet um in der Isolationsschicht verankert zu werden. Es sind aber auch weitere Profilformen wie ein mehrfach T Querschnitt, beispielsweise ein TTT-Querschnitt, denkbar, welcher dann bedarfsweise auch so tief in der Isolation anzuordnen wäre, dass er nicht herausragt sondern durch ihn eine Vertiefung gebildet ist.

**[0022]** Einer weiteren Erfindungsvariante folgend besteht die flexible Profilleiste zumindest überwiegend aus einem Silikongummi. Dieses lässt sich aufgrund der hohen Materialflexibilität nämlich besonders einfach an die Außenkonturform der einer erfindungsgemäßen Wicklung anpassen, wobei aber selbstverständlich auch vorgebogene und gegebenenfalls weniger flexible Profilleistenstücke verwendbar sind.

**[0023]** Die erfindungsgemäßen Vorteile einer verbesserten Isolationsfähigkeit einer Wicklung erschließen sich auch für einen Transformator, welcher einen Transformator Kern sowie eine, bevorzugter Weise drei erfindungsgemäße Wicklungen aufweist. Diese werden zur Realisation eines dreiphasigen Transformators benötigt, wie er in Energieverteilungsnetzen üblich ist.

**[0024]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

**[0025]** Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung, weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile näher beschrieben werden.

**[0026]** Es zeigen:

- Fig. 1 einen Schnitt durch Teil einer ersten exemplarischen Transformatorwicklung,
- Fig. 2 einen Schnitt durch zweite exemplarische Transformatorwicklung sowie
- Fig. 3 einen Schnitt durch Teil einer dritten exemplarischen Transformatorwicklung.

**[0027]** Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen Teil einer ersten exemplarischen Transformatorwicklung 10, welche rotationssymmetrisch um eine Wickelachse 16 angeordnet ist. Die Wicklung ist auf einem Spulenkörper 36 angeordnet, welcher an seinen axialen Enden von zwei Stirnplatten 38, 40 begrenzt ist. Es sind zwei axial aneinandergrenzende hohlzylindrische Wicklungsmodule 12, 14 vorgesehen, welche jeweils mehrere Wickellagen eines Einzelleiters 18, 20 umfassen. Eine Wickellage ist zeichnungstechnisch als waagerechter Strich dargestellt, welcher jedoch eine Vielzahl von axial nebeneinander liegenden Windungen eines Leiters 18, 20 symbolisiert, welcher seinerseits um die Wickelachse 16 angeordnet ist. Die beiden Wicklungsmodule 12, 14 sind mittels einer galvanischen Verbindung 34 elektrisch miteinander in Reihe geschaltet. Durch die Aufteilung der Wicklung in zwei Wicklungsmodule 12, 14 ist die Spannungsbeanspruchung zwischen den einzelnen Wickellagen in vorteilhafter Weise halbiert. Beide Wicklungs-

module 12, 14 sind von einer gemeinsamen Isolationsschicht 22 umgeben, in diesem Fall ein gewickeltes mit einem Epoxidharz im B-Zustand vorimprägniertes Isolationsmaterial, was abschließend auf eine Polymerisationstemperatur erhitzt wurde. Die Isolationsschicht 22 umgibt nicht nur die Außenflächen der Wicklung, vielmehr ist es auch zwischen diese auch zwischen den einzelnen Wickellagen vorgesehen und stellt somit die elektrische Isolation zwischen den gewickelten Leiterlagen sicher.

**[0028]** Im Betrieb der Wicklung 10 ergibt sich die höchste Spannungsbeanspruchung an der radialen Außenfläche 24 der Isolationsschicht genau zwischen den beiden Wicklungsmodulen 12, 14. Um eine Entladung oder einen Teildurchschlag längs der Außenfläche zu vermeiden sind zwei ringartige radiale 26 Vertiefungen 28, 30 und eine dazwischen liegende Erhebung 32 vorgesehen, welche insbesondere der Verlängerung des Kriechweges längs der axialen Erstreckung der Außenfläche 24 dienen.

**[0029]** Radial innen liegend vorgesehen ist eine weitere Wicklung 42, welche eine unterspannungsseitige Wicklung symbolisieren soll, wohingegen die erfindungsgemäße radial außen liegende Wicklung eine überspannungsseitige Wicklung mit einer Nennspannung von beispielsweise 60kV symbolisieren soll. Bei einer unterspannungsseitigen Wicklung ist eine erfindungsgemäße Verlängerung des Kriechweges aufgrund der mit einer niedrigeren Nennspannung von beispielsweise 6kV verbundenen geringeren Spannungsbelastung nicht von wesentlicher Bedeutung.

**[0030]** Fig. 2 zeigt einen kompletten Schnitt durch eine zweite exemplarische Transformatorwicklung 50, also mit einem Teilschnitt oberhalb der Wickelachse 50 und mit einem Teilschnitt unterhalb der Wickelachse 56. Um die Wickelachse 56 angeordnet sind zwei hohlzylindrische und axial benachbarte Wicklungsmodule 52, 54, welche jeweils mit fünf Wickellagen angedeutet sind. In dem oberen Schnitt sind die galvanischen Verbindungen der Lagen zueinander und die galvanische Verbindung zwischen den Wicklungsmodulen 52, 54 dargestellt, während im unteren Schnitt lediglich die Wickellagen dargestellt sind. Die beiden Wicklungsmodule sind umgeben von einer gemeinsamen Isolationsschicht 68. An der radialen Außenfläche der Isolationsschicht 68 angeordnet sind fünf ringartige radiale Vertiefungen 58, 60, 62, 64, 66, welche der Kriechwegverlängerung dienen. Je nach konstruktiven Randbedingungen erweisen sich Vertiefungen gegenüber Erhebungen als vorteilhafter, weil diese keinen zusätzlichen Raumbedarf aufweisen und zudem eine Materialersparnis ermöglichen. Die jeweiligen radial außen liegenden beiden Wickellagen sind in der axialen Mitte der Wicklung 50 axial zurückgesetzt, so dass die ringartige radiale Vertiefung 58 entsprechend tiefer und größer ausgeführt werden konnte als die weiteren Vertiefungen 60, 62, 64, 66. Dies erweist sich als besonders vorteilhaft, weil in dem axialen Zwischenraum zwischen den beiden Wicklungsmodulen längs der Au-

ßenfläche der Isolationsschicht betriebsmäßig auch mit der höchsten Spannungsbeanspruchung zu rechnen ist. Daher korreliert die Verlängerung des Kriechweges in vorteilhafter Weise mit der lokalen Spannungsbeanspruchung.

**[0031]** Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch einen Teil einer dritten exemplarischen Transformatorwicklung 70, welche um eine Wickelachse 80 angeordnet ist. Die Wicklung entspricht im Wesentlichen der in Fig. 1 gezeigten Wicklung 10, wobei im Unterschied hierzu jedoch vier axial benachbarte Wicklungsmodul 72, 74, 76, 78 vorgesehen sind, welche in jeweils zwei galvanisch miteinander verbundene Teilgruppen aus den Wicklungsmodulen 72 und 74 sowie 76 und 78 aufgeteilt sind, wobei die Gruppen ihrerseits galvanisch voneinander getrennt sind. Die Wicklungsmodul 72, 74, 76, 78 sind von einer gemeinsamen Isolationsschicht 82 umgeben beziehungsweise in diese eingeschlossen. Die höchsten Spannungsbeanspruchungen längs der radialen Außenfläche 90 tritt in axialer Richtung zwischen benachbarten Wicklungsmodulen 72, 74, 76, 78 auf. Dies sind auch genau die Bereiche, an welchen der Kriechweg in axialer Richtung durch entsprechende radiale ringähnliche Vertiefungen 84, 86, 88 verlängert wurde, so dass sich eine entsprechend erhöhte Spannungsfestigkeit ergibt.

**[0032]** Eine weitere Kriechwegverlängerung im Bereich der aneinander grenzenden Teilgruppen 72, 74 und 76, 78 ist durch aus dem Isolationsmaterial herausragenden flexiblen Profilleisten 90, 92, 94 realisiert, wobei die in der Vertiefung 86 angeordnete Profilleiste lediglich aus dem Boden der Vertiefung herausragt, nicht aber aus der Wicklungsfläche. Die Profilleisten sind aus einem elektrisch isolierenden Material wie beispielsweise einem Silikongummi gefertigt. In ihrem unteren, also radial innen liegenden Bereich, sind die T-förmigen Profilleisten durch mehrere, den quer verlaufenden T-Balken umschließenden, Lagen aus einem gewickelten Isolationsmaterial fixiert. Durch den aus der radialen Oberfläche der Isolationsschicht herausragenden Teil erfolgt dann die Kriechwegverlängerung.

#### Bezugszeichenliste

#### **[0033]**

10 Schnitt durch Teil einer ersten exemplarischen Transformatorwicklung

12 erstes Wicklungsmodul von erster Transformatorwicklung

14 zweites Wicklungsmodul von erster Transformatorwicklung

16 Wickelachse

18 Leiter von erstem Wicklungsmodul

20 Leiter von zweitem Wicklungsmodul

22 erste gemeinsame elektrische Isolationsschicht

5 24 radiale Außenfläche von erster Isolationsschicht

26 radiale Ausrichtung

28 erste quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

10 30 zweite quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

32 erste quer zur Wickelachse verlaufende Erhebung

15 34 galvanische Verbindung

36 Spulenkörper

20 38 erste Stirnplatte

40 zweite Stirnplatte

42 weitere Transformatorwicklung

25 50 Schnitt durch zweite exemplarische Transformatorwicklung

52 erstes Wicklungsmodul von zweiter Transformatorwicklung

30 54 zweites Wicklungsmodul von zweiter Transformatorwicklung

35 56 Wickelachse

58 erste quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

60 zweite quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

40 62 dritte quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

64 vierte quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

45 66 fünfte quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung

50 68 zweite gemeinsame elektrische Isolationsschicht

70 Schnitt durch Teil einer dritten exemplarischen Transformatorwicklung

55 72 erstes Wicklungsmodul von dritter Transformatorwicklung

74 zweites Wicklungsmodul von dritter Transformatorwicklung

- torwicklung
- 76 drittes Wicklungsmodul von dritter Transformatorwicklung
- 78 viertes Wicklungsmodul von dritter Transformatorwicklung
- 80 Wickelachse
- 82 dritte gemeinsame elektrische Isolationsschicht
- 84 erste quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung
- 86 zweite quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung
- 88 dritte quer zur Wickelachse verlaufende Vertiefung
- 90 radiale Außenfläche von dritter Isolationsschicht
- 92 erste flexible Profilleiste
- 94 zweite flexible Profilleiste
- 96 dritte flexible Profilleiste

### Patentansprüche

#### 1. Transformatorwicklung (10, 50, 70) umfassend

- wenigstens zwei hohlzylindrisch um eine gemeinsame Wickelachse (16, 56, 80) angeordnete axial benachbarte Wicklungsmodule (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) mit einem lagenweise gewickelten elektrischen Leiter (18, 20),
- eine gemeinsame elektrische Isolationsschicht (22, 68, 82), durch welche die Wicklungsmodule (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) umhüllt sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Isolationsschicht (22, 68, 82) an ihrer radialen Außenfläche (24, 90) wenigstens eine quer zur Wickelachse (16, 56, 80) ausgeprägte ringartige radiale Vertiefung (28, 30, 58, 60, 62, 64, 66, 84, 86, 88) oder ringartige radiale Erhebung (32) aufweist.

#### 2. Transformatorwicklung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine ringartige radiale Vertiefung (28, 30, 58, 60, 62, 64, 66, 84, 86, 88) oder Erhebung (32) die Transformatorwicklung komplett umschließt.

#### 3. Transformatorwicklung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine ringartige radiale Vertiefung (28, 30, 58, 60, 62, 64, 66, 84, 86, 88) zwischen den wenigstens

zwei axial benachbarten Wicklungsmodulen (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) angeordnet ist.

#### 4. Transformatorwicklung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine radial außen liegende Wicklungslage eines Wicklungsmoduls gegenüber radial unter ihr liegenden Wicklungslagen axial verkürzt ist und die Form der ringartigen radialen Vertiefung darauf angepasst ist.

#### 5. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese auf einem Spulenkörper (36) angeordnet ist.

#### 6. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese an ihren beiden axialen Stirnflächen von jeweils einer Stirnplatte (38, 40) begrenzt ist.

#### 7. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei Wicklungsmodule (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) radial innen galvanisch miteinander verbunden (34) sind.

#### 8. Transformatorwicklung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese wenigstens zwei Gruppen (72 + 74; 76 + 78) von jeweils zwei radial innen galvanisch miteinander verbundenen Wicklungsmodulen (12, 14, 52, 54, 72, 74, 76, 78) umfasst.

#### 9. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gemeinsame elektrische Isolationsschicht (22, 68, 82) ein gewickeltes Isolationsmaterial aufweist.

#### 10. Transformatorwicklung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gewickelte Isolationsmaterial ein trockenes Isolationsmaterial ist.

#### 11. Transformatorwicklung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gewickelte Isolationsmaterial ein mit Harz im B-Zustand vorimprägniertes Faseroving ist, welches nach dem Wickelvorgang auf eine Polymerisationstemperatur erhitzt wurde.

#### 12. Transformatorwicklung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gemeinsame elektrische Isolationsschicht (22, 68, 82) eine zum Teil mittels des Isolationsmaterials eingewickelte quer zur Wickelachse (16, 56, 80) angeordnete flexible Profilleiste (90, 92, 94) aufweist, durch welche zumindest ein Teil der radialen ringartigen Vertiefungen (28, 30, 58, 60, 62, 64, 66, 84, 86, 88) oder Erhebungen (32) gebildet ist.

13. Transformatorwicklung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die flexible Profilleiste (90, 92, 94) ein T-Profil aufweist.
14. Transformatorwicklung nach einem der Ansprüche 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die flexible Profilleiste (90, 92, 94) zumindest überwiegend aus einem Silikongummi besteht. 5
15. Transformator mit einem Transformator kern und wenigstens einer unterspannungsseitigen und einer überspannungsseitigen Transformatorwicklung, **dadurch gekennzeichnet, dass** die überspannungsseitige Transformatorwicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 14 ausgeführt ist. 10 15

20

25

30

35

40

45

50

55

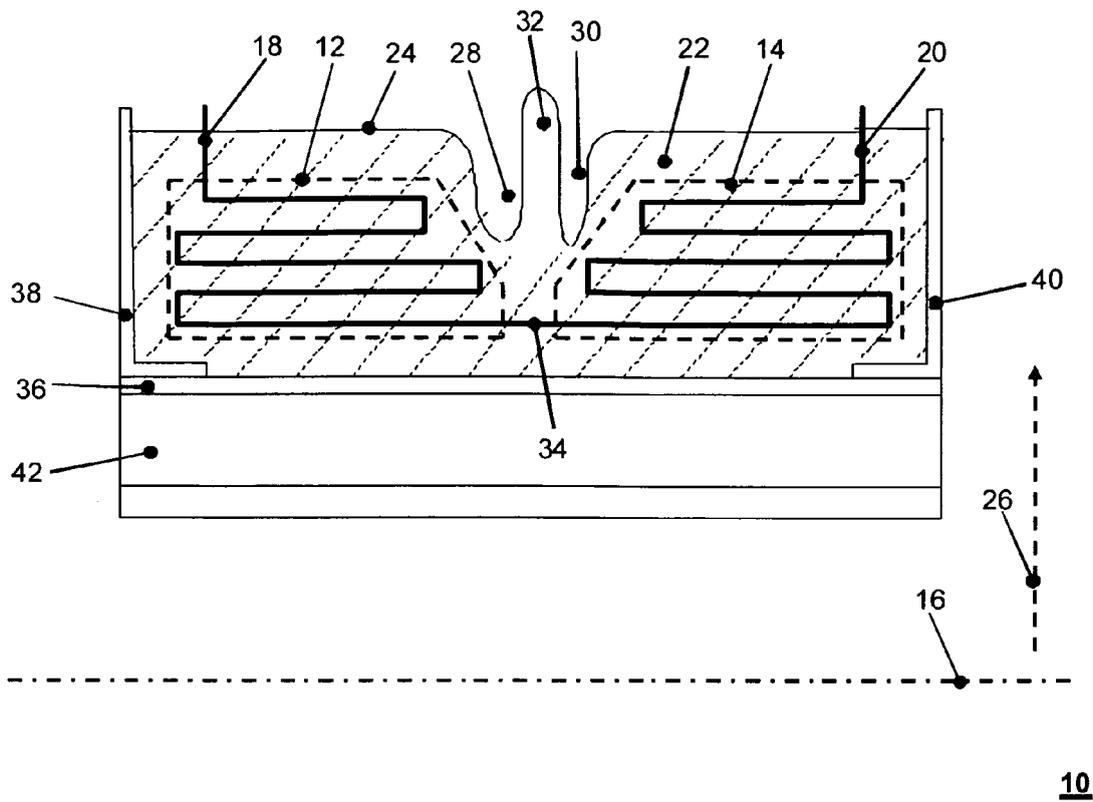
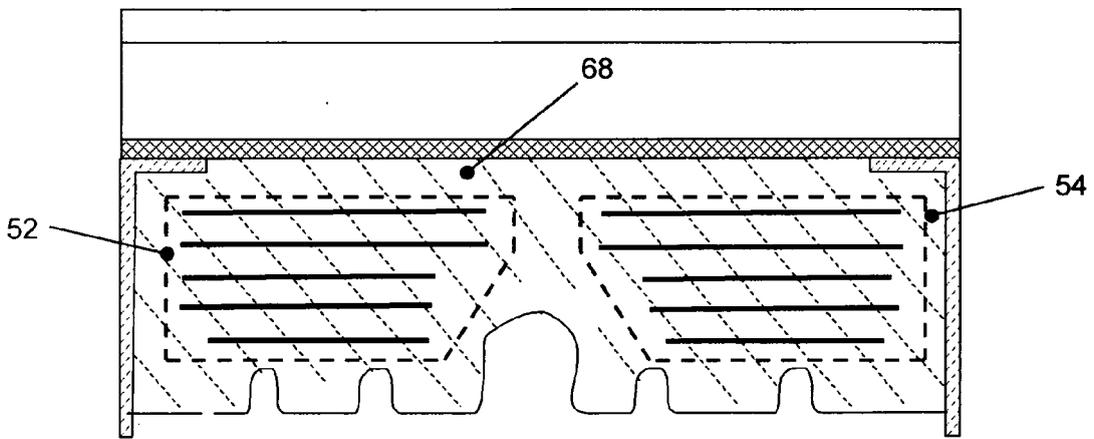
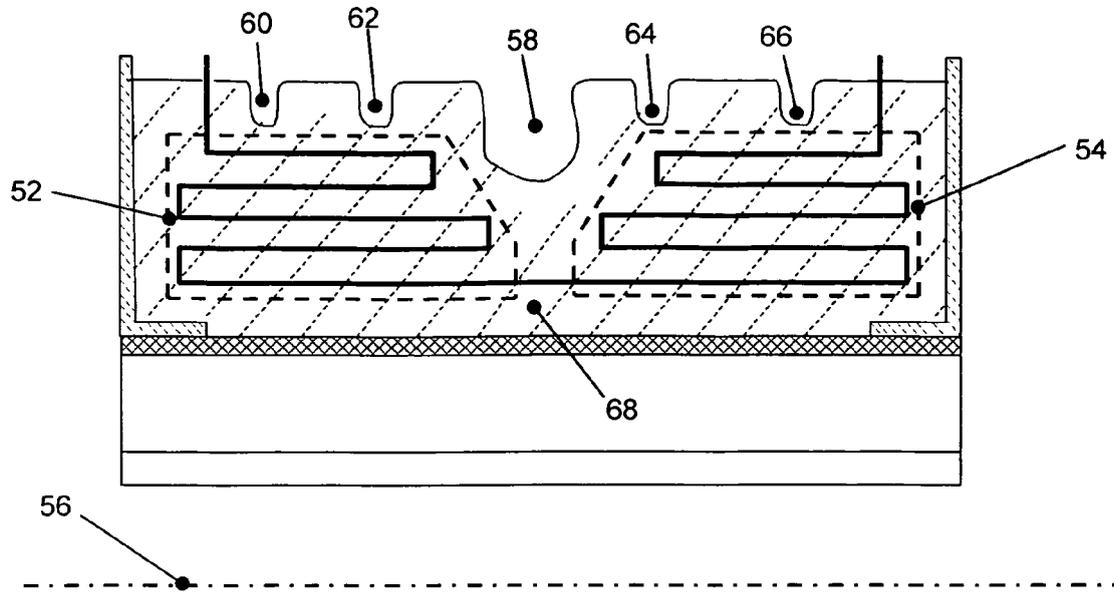


Fig. 1



50

Fig. 2

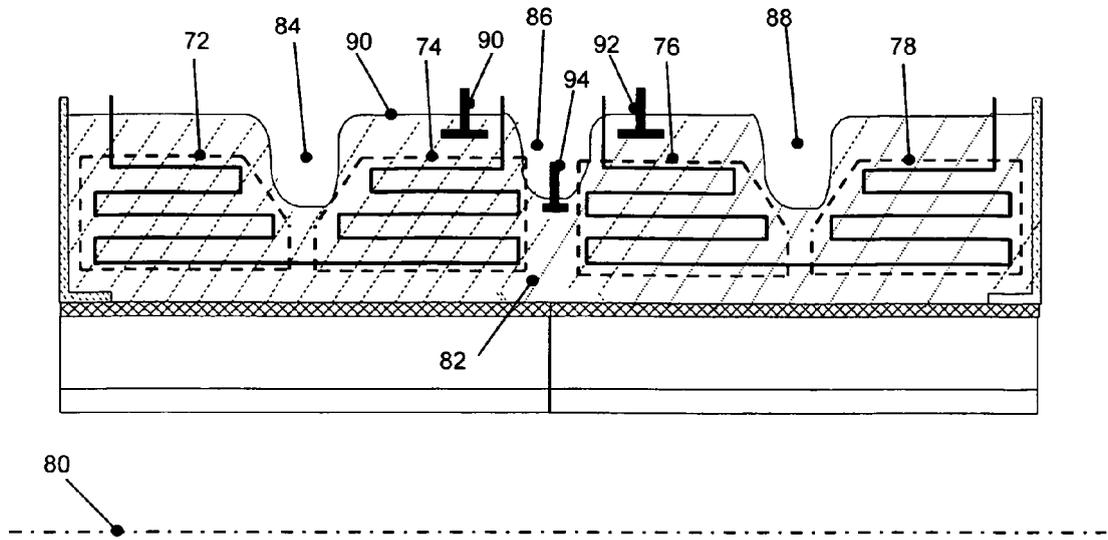


Fig. 3



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 11 00 0040

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CH 350 711 A (OERLIKON MASCHF [CH]) 15. Dezember 1960 (1960-12-15)	1-7,15	INV. H01F27/32
Y	* Seite 1, Zeile 50 - Seite 2, Zeile 9; Abbildungen 1-3 *	8-11	
X	CH 294 051 A (OERLIKON MASCHF [CH]) 31. Oktober 1953 (1953-10-31)	1-3,5,6, 15	
	* Seite 1, Zeilen 30-67; Abbildungen 1,2 *		
X	EP 0 654 803 A1 (SACHSENWERK AG [DE]) 24. Mai 1995 (1995-05-24)	1-3,5,6, 15	
	* Spalte 4, Zeile 57 - Spalte 5, Zeile 40 * Spalte 6, Zeilen 25-43 * * Abbildungen 1,2 *		
Y	DE 287 894 C (AKTIENGESELLSCHAFT BROWN, BOVERI & CIE) 9. Oktober 1915 (1915-10-09)	8,12-14	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
	* das ganze Dokument *		
Y	DE 10 2006 060567 A1 (ABB AG [DE]) 26. Juni 2008 (2008-06-26)	9,12-14	H01F
	* Zusammenfassung * * Seite 3, Absatz 24 - Seite 4, Absatz 30; Abbildungen 1,2,3,4 *		
Y	DE 10 2007 053685 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 14. Mai 2009 (2009-05-14)	9-11	
	* Zusammenfassung * * Seite 4, Absatz 35-42; Abbildungen 1,2 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 28. Juni 2011	Prüfer Kardinal, Ingrid
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

 2  
 EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 11 00 0040

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.

28-06-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CH 350711	A	15-12-1960	KEINE
CH 294051	A	31-10-1953	KEINE
EP 0654803	A1	24-05-1995	DE 4340020 A1 01-06-1995
DE 287894	C		KEINE
DE 102006060567	A1	26-06-2008	CN 101689422 A 31-03-2010 EP 2102876 A1 23-09-2009 WO 2008074409 A1 26-06-2008 KR 20090101180 A 24-09-2009 US 2009309685 A1 17-12-2009
DE 102007053685	A1	14-05-2009	CN 101855684 A 06-10-2010 EP 2206128 A1 14-07-2010 WO 2009059705 A1 14-05-2009 US 2010245017 A1 30-09-2010

EPO FORM P0461

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