



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
22.10.2014 Patentblatt 2014/43

(51) Int Cl.:
H01F 27/28 ^(2006.01) **H01F 27/32** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13002006.8**

(22) Anmeldetag: **17.04.2013**

(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**
Balikesir (TR)
- **Bhaves, Patel**
59929 Brilon (DE)
- **Tepper, Jens**
59929 Brilon (DE)
- **Weber, Benjamin**
59955 Winterberg (DE)

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

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

(72) Erfinder:
• **Bockholt, Marcos**
33104 Paderborn (DE)
• **Cornelius, Frank**
59939 Olsberg (DE)

(54) **Trockentransformerspule und Trockentransformator**

(57) Die Erfindung betrifft eine Trockentransformerspule (10), umfassend wenigstens zwei hohlzylindrische, ineinander verschachtelte und radial beabstandete Wicklungen (12, 14, 42, 44, 72, 74), wobei in dem durch die Beabstandung gebildeten hohlzylindrischen Zwischenraum (16) mittels entsprechender Wandungselemente (18, 20, 22) axial (38, 64) verlaufende Kühlkanäle (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) gebildet sind, welche in wenigstens drei radial benachbarten Kühlkanalebenen (24, 26, 28) nebeneinander angeordnet sind. In wenigstens einem der in einer weder radial innen (24) noch radial außen (28) liegenden Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanäle ist ein Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) zur Verengung des Kühlkanalquerschnitts angeordnet. Die Erfindung betrifft auch einen Trockentransformator mit einer erfindungsgemäßen Trockentransformerspule.

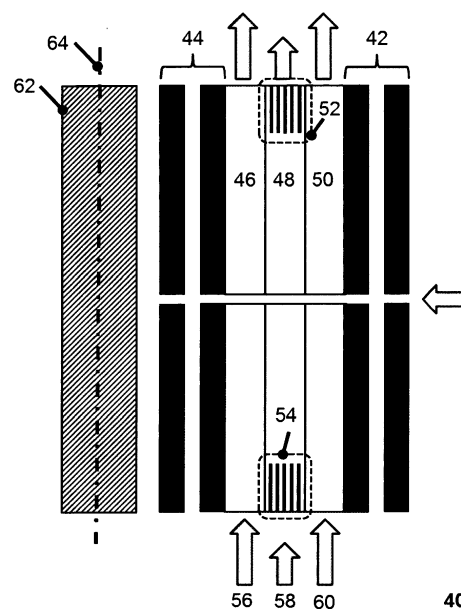


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Trockentransformatorspule, umfassend wenigstens zwei hohlzylindrische, ineinander verschachtelte und radial beabstandete Wicklungen, wobei in dem durch die Beabstandung gebildeten hohlzylindrischen Zwischenraum mittels entsprechender Wandungselemente axial verlaufende Kühlkanäle gebildet sind, welche in wenigstens drei radial benachbarten Kühlkanalebenen nebeneinander angeordnet sind. Die Erfindung betrifft auch einen Trockentransformator mit einer erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass Trockentransformatoren in Energieverteilungsnetzen zur Anpassung an jeweilige Spannungsebenen verwendet werden, beispielsweise zwischen 6kV / 10kV / 30kV oder 60kV Ebenen. Hierbei sind Nennleistungen von einigen 100kVA bis über 10MVA üblich. Während bei Höchstspannungstransformatoren beispielsweise in der Spannungsebene 380kV die Verwendung von Öl als Kühl- und Isolationsmittel unumgänglich ist, wird bei Trockentransformatoren aufgrund der geringeren Isolationsanforderungen in den entsprechen darunter liegenden Spannungsebenen bewusst auf eine ein flüssiges Kühl- beziehungsweise Isolationsmittel verzichtet. Dies bietet den Vorteil eines vereinfachten Aufbaus. Die Isolation beziehungsweise Kühlung erfolgt dann typischerweise über Umgebungsluft.

[0003] Aufgrund der im Vergleich zu Öl geringeren Wärmekapazität erweist sich die Kühlung eines Trockentransformators beziehungsweise der jeweiligen Trockentransformatorspulen mit Luft als schwierig und aufwändig. Es ist neben einer Vielzahl von die Trockentransformatorspule axial durchquerenden Kühlkanälen je nach Leistungsklasse üblicherweise auch eine forcierte Kühlung vorzusehen. Je nach Leistungsklasse erfordert eine forcierte Kühlung einen erheblichen Aufwand aufgrund der Notwendigkeit einer entsprechenden Förderung des Kühlmittels Luft durch die Kühlkanäle. Es gibt aber auch durchaus Trockentransformatorvarianten mit natürlicher Kühlung. Durch forcierte Kühlung kann eine Leistungssteigerung gegenüber natürlicher Kühlung erreicht werden.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Trockentransformatorspule anzugeben, welche ein verbessertes Kühlverhalten aufweist beziehungsweise ein vorhandenes Strömungsvolumen an Kühlmittel möglichst effektiv nutzt. Es ist ebenfalls Aufgabe der Erfindung, einen Trockentransformator mit verbessertem Kühlverhalten anzugeben.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch eine Trockentransformatorspule der eingangs genannten Art. Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass in wenigstens einem der in einer weder radial innen noch radial außen liegenden Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanäle ein Verengungselement zur Verengung des Kühlkanalquerschnitts angeordnet ist.

[0006] Die Grundidee der Erfindung besteht darin, Kühlluft verstärkt durch solche Kühlkanäle strömen zu lassen, welche an eine der Verlustwärme abgebenden Wicklungen angrenzen. Zwischen Ober- und Unterspannungswicklung einer Transformatorspule ist konstruktiv ein Streukanal vorzusehen, der üblicherweise zudem zur Anordnung von Kühlkanälen genutzt wird. Zur Gewährleistung der erforderlichen mechanischen Stabilität zwischen ineinander verschachtelter Ober- und Unterspannungswicklung werden üblicherweise sowohl radiale Abstützungen aus isolierenden Leisten als auch quer dazu verlaufende hohlzylindrische Stützebenen aus einem flächigen Isolationsmaterial zu einer wabenähnlichen hohlzylindrischen Stützstruktur verbaut, durch deren längliche Hohlräume die Kühlkanäle gebildet sind. Je nach geometrischen Anforderungen sind auch mehrere hohlzylindrische Stützebenen vorgesehen, so dass entsprechend drei oder mehr Kühlkanalebenen gebildet sind.

[0007] Einen über alle Kühlkanäle vergleichbaren Kühlkanalquerschnitt vorausgesetzt, ist mit einer ebenfalls vergleichbaren Durchströmung der Kühlkanäle mit Kühlmittel, typischerweise Luft, zu rechnen. Es werden also die Kühlkanäle, welche an eine Verlustwärme abgebende Wicklung angrenzen, genauso durchströmt wie thermisch davon entferntere Kühlkanäle.

[0008] Während die radial innere und äußere Kühlkanalebene direkt an die Verlustwärme abgebende Ober- beziehungsweise Unterspannungswicklung angrenzen, sind die dazwischen befindlichen Kühlkanalebenen thermisch von den Wärmequellen entfernt, wenn auch aufgrund beispielsweise entsprechender indirekter Wärmestrahlung nicht thermisch isoliert. In jedem Fall ist davon auszugehen, dass - eine gleiche Durchströmung der Kühlkanäle mit Kühlmittel vorausgesetzt - mittels der in der radial inneren beziehungsweise äußeren Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanäle eine höhere Wärmeabfuhr aus der Trockentransformatorspule erfolgt als mittels der dazwischen befindlichen Kühlkanäle.

[0009] Deshalb ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die thermisch entfernteren Kühlkanäle mittels eines Verengungselementes in ihrem Querschnitt zu reduzieren, wodurch entsprechend dem Prinzip des geringsten Strömungswiderstandes diese Kühlkanäle weniger durchströmt werden und die radial innen beziehungsweise außen liegenden Kühlkanäle verstärkt durchströmt werden. Somit ist in vorteilhafter Weise eine Durchströmung der Kühlkanäle gewährleistet, welche dem jeweiligen Wärmeeintrag in diese entspricht. Das verfügbare strömende Kühlmittel wird dadurch in verbesserter Weise zur Wärmeabfuhr aus der Trockentransformatorspule genutzt.

[0010] Das erfindungsgemäße Prinzip ist selbstverständlich auch auf Wicklungssegmente übertragbar, beispielsweise wenn eine Wicklung in zwei jeweils hohlzylindrische und galvanisch miteinander verbundene Wicklungssegmente geteilt ist, welche ineinander verschachtelt und gegeneinander beabstandet sind. In diesem Fall sind dann zwischen den Wicklungssegmenten ebenfalls Kühlkanäle vorgesehen, in welchen bedarfsweise ein erfindungsgemäßes Verengungselement angeordnet werden kann.

[0011] Entsprechend einer weiteren Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule ist ein Verengungselement derart ausgestaltet und angeordnet, dass der Kriechweg in radialer Richtung zumindest nicht verkürzt wird. Die die Kühlkanäle beinhaltende Stützstruktur zwischen den ineinander verschachtelten Wicklungen muss zudem den Anforderungen an die elektrische Isolation Genüge leisten. Hierbei hat der Kriechweg einen erheblichen Einfluss. Ausgehend von der Annahme, dass eine Kühlkanäle beinhaltende Stützstruktur den Isolationsanforderungen genügt, gilt dies demgemäß auch für eine Stützstruktur mit eingesetzten Verengungselementen.

[0012] Eine geeignete Ausführungsform eines nicht Kriechweg verlängernden Verengungselementes ist beispielsweise rippen-, wellen- oder mäanderförmig ausgeprägt. Vorzugsweise ist ein solches Verengungselement derart in einem Kühlkanal anzuordnen, dass sich die längliche Erstreckung der Rippen-, Wellen- oder Mäanderform radial erstreckt, der Kriechweg längs des Verengungselementes dadurch also in vorteilhafter Weise verlängert ist. Es ist aber auch eine korkenzieherähnliche, spiralförmige Ausprägung eines Verengungselementes denkbar.

[0013] In vorteilhafter Weise ist ein Verengungselement ebenso wie die die Kühlkanäle umfassende Stützstruktur aus einem Isolationsmaterial gefertigt.

[0014] Verengungselemente sind in einer bevorzugten Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule an wenigstens einem der beiden axialen Enden des wenigstens einen Kühlkanals angeordnet, in besonders bevorzugter Form jedoch an beiden axialen Enden. Somit ist auch für den Fall, dass der Kühlkanal in seiner Mitte beispielsweise eine konstruktionsbedingte axiale Teilung aufweist, durch welche seitlich Kühlluft in diesen eintreten kann, sichergestellt dass der Querschnitt des Kühlkanals beiderseits entsprechend reduziert ist.

[0015] Entsprechend einer weiteren Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule sind über den gesamten Umfang wenigstens einer Kühlkanalebene Verengungselemente in den jeweiligen Kühlkanälen vorgesehen. Somit ist die mit einem entsprechenden Verengungselement erreichte verbesserte Kühlwirkung über den gesamten Umfang der Trockentransformatorspule erreicht. Hierbei ist es sowohl möglich, jeden Kühlkanal einer jeweiligen Kühlkanalebene zu verengen aber auch beispielsweise nur jeden zweiten. In diesem Zusammenhang sei auch die Variante erwähnt, dass anstelle jeden Kühlkanal um 50% in seinem Querschnitt zu reduzieren auch die Möglichkeit besteht, jeden zweiten komplett zu verschließen. Auch weitere Varianten sind denkbar, beispielsweise bei fünf Kühlkanälen die dritte Ebene komplett zu verschließen und die angrenzende zweite und vierte Ebene zu je 50%.

[0016] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule ist wenigstens ein Verengungselement aus mehreren Modulen mit unterschiedlichem Temperatúrausdehnungskoeffizient gefertigt. Somit kann in vorteilhafter Weise eine temperaturabhängige Verengung des Querschnittes eines Kühlkanals erreicht werden. In einer besonders bevorzugten Variante ist daher das wenigstens eine Verengungselement derart ausgestaltet und angeordnet, dass bei steigender Temperatur der Strömungswiderstand durch den jeweiligen Kühlkanal reduziert wird. Somit hat eine lokal erhöhte Temperatur automatisch eine lokal verbesserte Kühlwirkung zur Folge. Eine entsprechende Ausführungsform umfasst beispielsweise ein zungenähnliches Verengungselement, welches in den Kühlkanal hineinragt und ähnlich dem Verhalten eines Bimetallstreifens ein temperaturabhängiges Biegeverhalten aufweist. Bei einer erhöhten Temperatur wird die Biegung reduziert und ein erhöhter Querschnitt des Kühlkanals freigegeben.

[0017] Gerade die zuletzt genannte Ausführungsform ist erfindungsgemäß auch geeignet, in einem Kühlkanal der radial inneren oder äußeren Kühlkanalebene zum Einsatz zu kommen. Eine Variante einer erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule ist daher dadurch gekennzeichnet, dass auch in wenigstens einem in einer radial innen oder radial außen liegenden Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanal ein Verengungselement angeordnet ist, welches den der jeweiligen Außenfläche des hohlzylindrischen Zwischenraumes abgewandten Querschnittsbereich des jeweiligen Kühlkanals verengt. Durch eine Wärmestrahlung von der der jeweiligen Wicklung zugewandten Seite des Kühlkanals erfolgt ein Wärmeeintrag in das zungenähnliche Verengungselement, so dass eine temperaturabhängige Durchströmung auch in Kühlkanälen dieser Ebenen ermöglicht ist.

[0018] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch gelöst durch einen Trockentransformator, umfassend einen Transformator Kern und wenigstens eine erfindungsgemäße Trockentransformatorspule. Die entsprechenden Vorteile insbesondere bezüglich einer verbesserten Ausnutzung eines Kühlmittelstromes wurden bereits zuvor erläutert. Gemäß einer erfindungsgemäßen Variante des Trockentransformators ist dieser forciert gekühlt, weist also beispielsweise ein Fördermittel für Kühlluft auf, beispielsweise ein Gebläse. Dieses kann nämlich bei Verwendung einer erfindungsgemäßen Trockentransformatorspule aufgrund der effektiveren Ausnutzung des Kühlmittelstromes entsprechend geringer ausgelegt werden.

[0019] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0020] Anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele sollen die Erfindung, weitere Ausführungsformen und weitere Vorteile näher beschrieben werden.

[0021] Es zeigen:

Fig. 1 eine exemplarische Trockentransformatorspule,

Fig. 2 eine Teilschnittansicht durch einen Trockentransformator mit Trockentransformatorspule sowie

Fig. 3 eine Teilschnittansicht durch eine Trockentransformatorspule.

[0022] Figur 1 zeigt eine exemplarische Trockentransformatorspule 10 in einer Draufsicht. Um eine fiktive Wickelachse 38 herum sind radialsymmetrisch zwei ineinander verschachtelte und radial beabstandete hohlzylindrische Wicklungen 12 und 14 angeordnet. Durch die radiale Beabstandung ist ein hohlzylindrischer Zwischenraum 16 gebildet, in welchem mittels radial verlaufender Abstütz- beziehungsweise Wandungselemente 22 und quer dazu angeordneter Wandungselemente 18, 20 eine Stützstruktur gebildet ist. Diese Stützstruktur beinhaltet drei radial benachbarte Kühlkanalebenen 24, 26, 28, in welchen jeweils eine Vielzahl von Kühlkanälen 30, 32, 34 gebildet ist.

[0023] Die radial innere Kühlkanalebene 24 grenzt an die Außenfläche der zweiten, radial innen befindlichen Wicklung 14 und die radial äußere Kühlkanalebene 28 grenzt an die Innenfläche der ersten, radial außen befindlichen Wicklung 12. Somit ist ein guter Wärmeeintrag von der jeweiligen Wicklung in die in der jeweiligen Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanäle 30 beziehungsweise 34 gewährleistet. Die in der mittleren Kühlkanalebene 26 befindlichen Kühlkanäle 32 sind thermisch entfernt und werden lediglich durch indirekte Wärmestrahlung von den angrenzenden Wandungselementen 18, 20 erwärmt.

[0024] Um diesem geringeren Wärmeeintrag in die Kühlkanäle 32 der mittleren Kühlkanalebene 26 Rechnung zu tragen sind in allen Kühlkanälen 32 dieser Ebene Verengungselemente 36 vorgesehen, welche den jeweiligen Kühlkanalquerschnitt beispielsweise auf 30% des ursprünglichen Querschnittes verringern.

[0025] Figur 2 zeigt eine Teilschnittansicht durch einen Trockentransformator mit Trockentransformatorspule. Um einen Schenkel eines Transformator-kerns 62 sind um eine fiktive Wickelachse 64 herum zwei ineinander verschachtelte und zueinander radial beabstandete hohlzylindrische Wicklungen 42, 44 angeordnet. Konstruktiv bedingt ist die Trockentransformatorspule axial geteilt, so dass axial mittig ein Lufteintritt in die Kühlkanäle möglich ist, wie mit einem seitlichen Pfeil angedeutet ist. Die Wicklungen 42, 44 sind radial zueinander beabstandet, wobei in dem dadurch gebildeten Zwischenraum mehrere radial benachbarte Kühlkanäle 46, 48, 50 angeordnet sind. Im mittleren Kühlkanal 48 sind an seinen beiden axialen Enden je ein Verengungselement 52 beziehungsweise 54 angeordnet, welche den Querschnitt des Kühlkanals 48 beziehungsweise seiner beiden Hälften an seinen Enden beispielsweise auf 40% seines ursprünglichen Querschnittes verringern. Hierdurch wird - eine homogene Bestromung der unteren Stirnseite der Trockentransformatorspule mit Kühlmittel vorausgesetzt - der mittlere Kühlkanal 48 im Vergleich zu den angrenzenden Kühlkanälen 46 und 50 von einem geringeren Luftstrom durchströmt, wie mit den Pfeilen 56, 58 und 60 angedeutet ist. Die Ausnutzung eines vorhandenen Luftstromes ist dadurch in vorteilhafter Weise erhöht.

[0026] Figur 3 zeigt eine Teilschnittansicht 70 durch eine Trockentransformatorspule im Bereich von deren oberen axialen Ende. Zwischen zwei ineinander verschachtelten hohlzylindrischen Wicklungen 72, 74 sind drei durch Wandungselemente gebildete Kühlkanäle 88, 90, 92 angeordnet. Im ersten als radial innen anzunehmenden Kühlkanal 88 ist ein Verengungselement 76 angeordnet, welches den Querschnitt dieses Kühlkanals unwesentlich reduziert. Eine derartige geringfügige Verengung eines Querschnittes eines Kühlkanals, welcher an eine Verlustwärme abgebende Wicklung angrenzt, kann beispielsweise dann sinnvoll sein, wenn auch innerhalb der Wicklung 72 selbst zwischen einzelnen Windungen Kühlkanäle vorgesehen sind und der vorhandene Kühlmittelstrom auch verstärkt durch diese Kühlkanäle geleitet werden soll. Dies gilt insbesondere unter der Annahme einer homogenen Bestromung der unteren Stirnseite der Trockentransformatorspule.

[0027] Im mittleren Kühlkanal 90, welcher thermisch etwas weiter von den Verlustwärme abgebenden Wicklungen 72, 74 entfernt angeordnet ist, ist ein Verengungselement 78 angeordnet, welches dessen Querschnitt auf etwa 50% reduziert und somit für eine an den jeweiligen Wärmeeintrag angepasste Durchströmung mit Kühlluft sorgt, wie mit einem Pfeil mit der Bezugsziffer 96 angedeutet, welcher gegenüber den Luftströmen 94, 98 durch die benachbarten Kühlkanäle 88, 92 reduziert ist.

[0028] Als besondere Ausführungsform eines Verengungselementes weist das Verengungselement 80, welches im radial äußeren Kühlkanal 92 angeordnet ist, ein temperaturabhängiges Biegeverhalten auf, ähnlich einem Bimetallstreifen, wobei das Verengungselement 80 selbstverständlich aus elektrisch isolierenden Materialien gefertigt ist, vorzugsweise aus solchen mit unterschiedlichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten. Das Verengungselement 80 wird durch eine von der Wicklung 74 abgegebene Wärmestrahlung 86 je nach Betriebszustand mehr oder weniger erwärmt, wobei sich eine temperaturabhängige Biegung ergibt, wie mit dem Pfeil mit der Bezugsziffer 84 angedeutet. Bei einer niedrigeren Wärmestrahlung 86 ergibt sich eine den Kühlkanalquerschnitt verengende Biegung 82.

Bezugszeichenliste

10	exemplarische Trockentransformatorspule
12	erste Wicklung von Trockentransformatorspule
14	zweite Wicklung von Trockentransformatorspule
16	hohlzylindrischer Zwischenraum
18	erstes hohlzylindrisches Wandungselement
20	zweites hohlzylindrisches Wandungselement
22	radiales Wandungselement

(fortgesetzt)

5	24	radial innen liegende Kühlkanalebene
	26	radial mittig liegende Kühlkanalebene
	28	radial außen liegende Kühlkanalebene
	30	in radial innen liegender Kühlkanalebene befindlicher Kühlkanal
	32	in radial mittig liegender Kühlkanalebene befindlicher Kühlkanal
	34	in radial außen liegender Kühlkanalebene befindlicher Kühlkanal
10	36	exemplarisches Verengungselement
	38	Wickelachse
	40	Teilschnittansicht durch Trockentransformator mit Trockentransformatorspule
	42	erste Wicklung von Trockentransformatorspule
	44	zweite Wicklung von Trockentransformatorspule
15	46	erster Kühlkanal
	48	zweiter Kühlkanal
	50	dritter Kühlkanal
	52	an erstem axialen Ende von Kühlkanal angeordnetes Verengungselement
20	54	an zweitem axialen Ende von Kühlkanal angeordnetes Verengungselement
	56	Luftstrom durch ersten Kühlkanal
	58	Luftstrom durch zweiten Kühlkanal
	60	Luftstrom durch dritten Kühlkanal
	62	Schenkel von Transformator kern
25	64	Wickelachse
	70	Teilschnittansicht durch Trockentransformatorspule
	72	erste Wicklung von Trockentransformatorspule
	74	zweite Wicklung von Trockentransformatorspule
	76	erstes Verengungselement
30	78	zweites Verengungselement
	80	drittes Verengungselement
	82	verschiedene Biegezustände von drittem Verengungselement
	84	Biegerichtung von drittem Verengungselement
35	86	Wärmestrahlung von zweiter Wicklung
	88	erster Kühlkanal
	90	zweiter Kühlkanal
	92	dritter Kühlkanal
	94	Luftstrom durch ersten Kühlkanal
40	96	Luftstrom durch zweiten Kühlkanal
	98	Luftstrom durch dritten Kühlkanal

Patentansprüche

- 45
1. Trockentransformatorspule (10), umfassend wenigstens zwei hohlzylindrische, ineinander verschachtelte und radial beabstandete Wicklungen (12, 14, 42, 44, 72, 74), wobei in dem durch die Beabstandung gebildeten hohlzylindrischen Zwischenraum (16) mittels entsprechender Wandungselemente (18, 20, 22) axial (38, 64) verlaufende Kühlkanäle (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) gebildet sind, welche in wenigstens drei radial benachbarten Kühlkanalebenen (24, 26, 28) nebeneinander angeordnet sind,
- 50
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass** in wenigstens einem der in einer weder radial innen (24) noch radial außen (28) liegenden Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanäle ein Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) zur Verengung des Kühlkanalquerschnitts angeordnet ist.
- 55
2. Trockentransformatorspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass der Kriechweg in radialer Richtung zumindest nicht

verkürzt wird.

3. Trockentransformaterspule nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) rippen-, wellen- oder mäanderförmig ausgeprägt ist.
4. Trockentransformaterspule nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) aus einem Isolationsmaterial gefertigt ist.
5. Trockentransformaterspule nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** an wenigstens einem der beiden axialen Enden des wenigsten einen Kühlkanals (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) ein Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) angeordnet ist.
6. Trockentransformaterspule nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** über den gesamten Umfang wenigstens einer Kühlkanalebene (24, 26, 28) Verengungselemente (36, 52, 54, 76, 78, 80) in den jeweiligen Kühlkanälen (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) vorgesehen sind.
7. Trockentransformaterspule nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) aus mehreren Modulen mit unterschiedlichem Temperatúrausdehnungskoeffizient gefertigt ist.
8. Trockentransformaterspule nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) derart ausgestaltet und angeordnet ist, dass bei steigender Temperatur der Strömungswiderstand durch den jeweiligen Kühlkanal (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) reduziert wird.
9. Trockentransformaterspule nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auch in wenigstens einem in einer radial innen (24) oder radial außen (28) liegenden Kühlkanalebene befindlichen Kühlkanal (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) ein Verengungselement (36, 52, 54, 76, 78, 80) angeordnet ist, welches den der jeweiligen Außenfläche des hohlzylindrischen Zwischenraumes (16) abgewandten Querschnittsbereich des jeweiligen Kühlkanals (30, 32, 34, 46, 48, 50, 88, 90, 92) verengt.
10. Trockentransformator, umfassend einen Transformator Kern (62) und wenigstens eine Trockentransformaterspule nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Trockentransformator nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieser ein Fördermittel für Kühlluft aufweist.

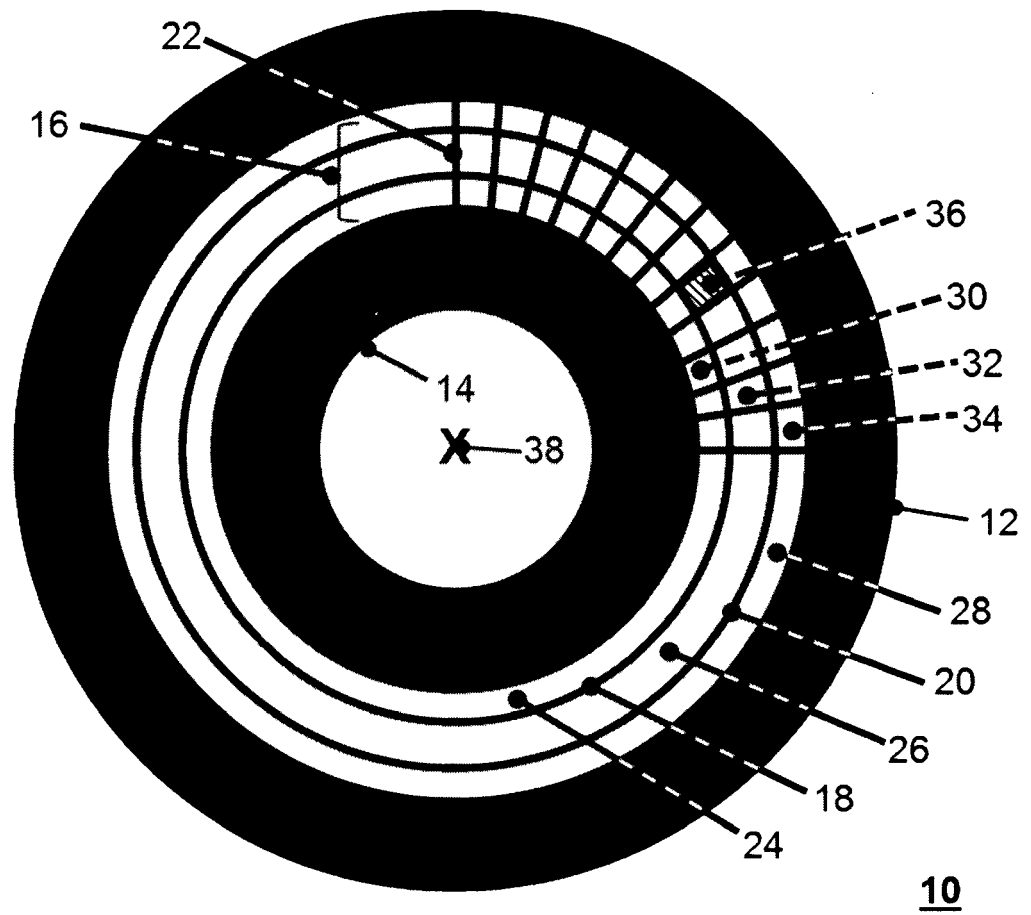


Fig. 1

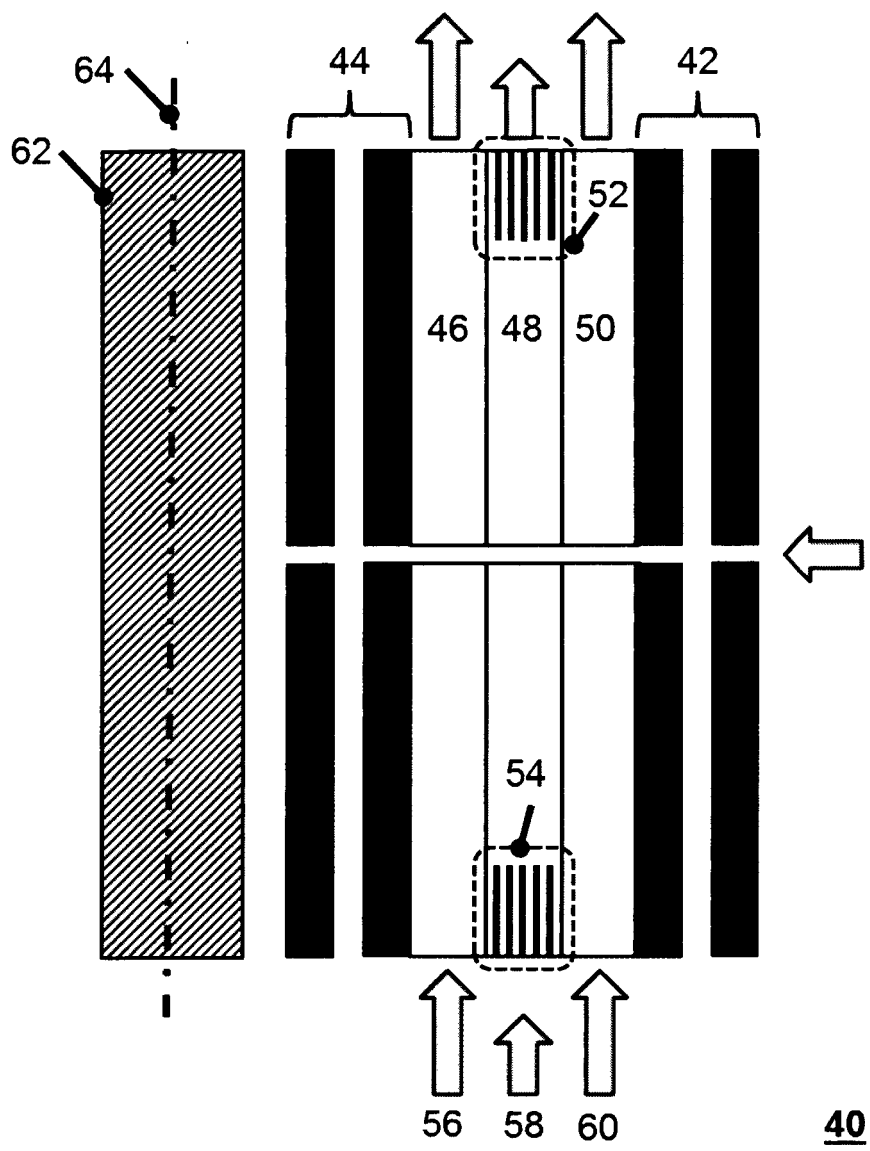


Fig. 2

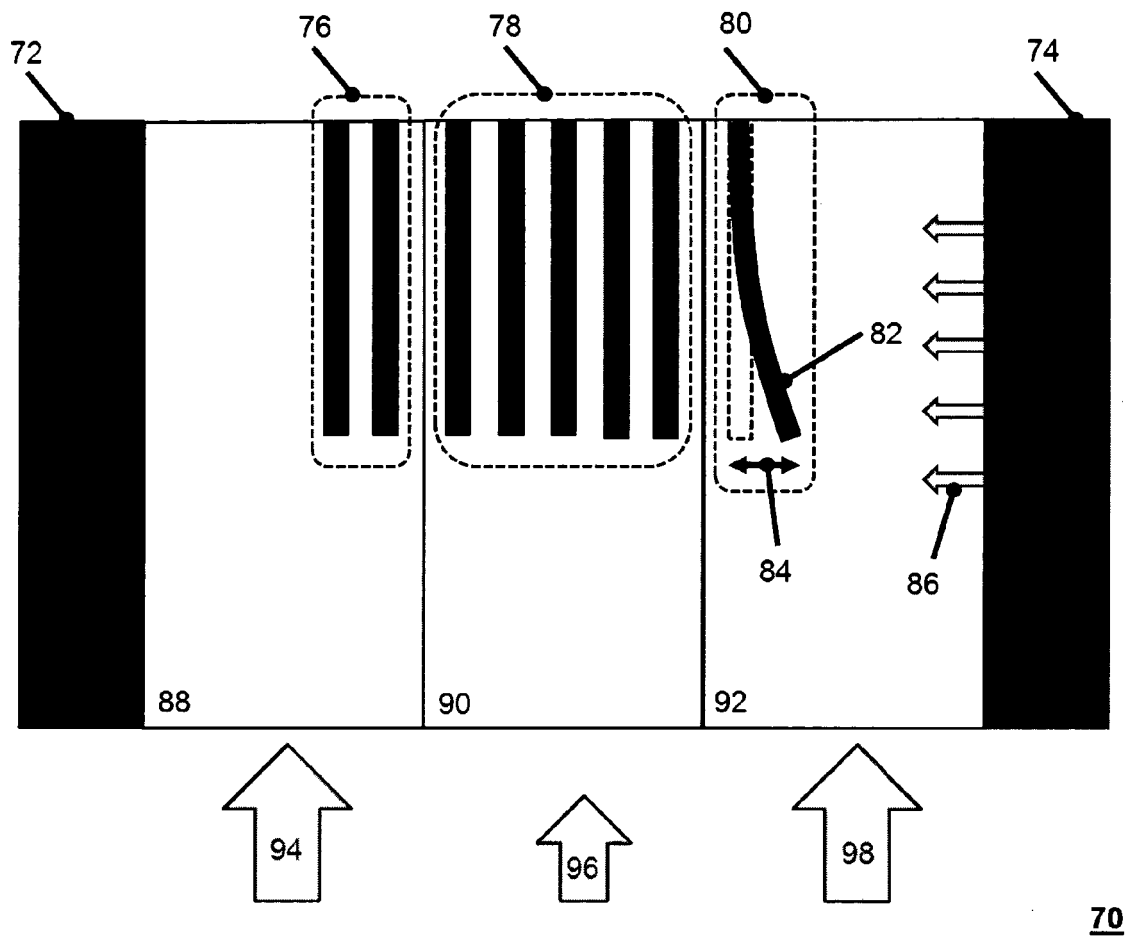


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 13 00 2006

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 439 755 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 11. April 2012 (2012-04-11)	1-6,9-11	INV.
A	* Absätze [0018] - [0045]; Abbildungen 1-7 *	7,8	H01F27/28 H01F27/32

X	CN 102 360 833 A (YUNNAN TONGBIAN ELECTRIC APPARATUS CO LTD) 22. Februar 2012 (2012-02-22)	1-6,9-11	
A	* Abbildung 1 * * corresponding description *	7,8	

A	CN 202 405 081 U (GUANGDONG HUIWANG ELECTRIC CO LTD) 29. August 2012 (2012-08-29) * das ganze Dokument *	1-11	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		4. Juni 2013	Weisser, Wolfgang
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 13 00 2006

5

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.

04-06-2013

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2439755	A1	11-04-2012	KEINE	
CN 102360833	A	22-02-2012	KEINE	
CN 202405081	U	29-08-2012	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

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