



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
02.03.2011 Patentblatt 2011/09

(51) Int Cl.:
H01F 27/02 (2006.01) H01F 27/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09011194.9**

(22) Anmeldetag: **01.09.2009**

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

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

(72) Erfinder:
• **Weber, Benjamin**
59955 Winterberg (DE)

• **Bockholt, Marcos**
33104 Paderborn (DE)
• **Cornelius, Frank**
59936 Olsberg (DE)
• **Esenlik, Burak**
33102 Paderborn (DE)
• **Tepper, Jens, Dipl.-Ing.**
59929 Brilon (DE)

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

(54) **Trockentransformator**

(57) Die Erfindung betrifft einen Trockentransformator (10, 60, 70) mit wenigstens einem Transformator Kern (12, 82) und wenigstens einer darauf angeordneten, um eine Wickelachse (14, 80) verlaufenden elektrischen Wicklung (16, 76), mit rohrähnlichen Kühlkanälen (18, 74), welche sich durch die Wicklung (16, 76) längs deren Wickelachse (14, 80) und zwischen deren beiden axialen Stirnseiten (20, 22) erstrecken und mit einem geschlossenen Behälter (24, 66, 84), innerhalb dessen der Transformator Kern (12, 80) und die Wicklung (16, 76) angeordnet sind. Wenigstens ein erstes von einem Wärmeträgermedium durchströmbares Wärmeübertragerrohr (26, 62) ist durch eine Wandung (28, 30, 32, 69) des Behälters (24, 66, 84) zu wenigstens einem der Kühlkanäle (18, 74) geführt und mit diesem an der ersten Stirnseite (20) der Wicklung (16, 76) strömungstechnisch verbunden. Der wenigstens eine an der zweiten, gegenüberliegenden Stirnseite (22) austretende Kühlkanal (18, 74) mündet im Behälter (24, 66, 84) und in einer Wandung (28, 30, 32, 69) des Behälters (24, 66, 84) ist wenigstens eine Austrittsöffnung (34, 86) für das Wärmeträgermedium vorgesehen.

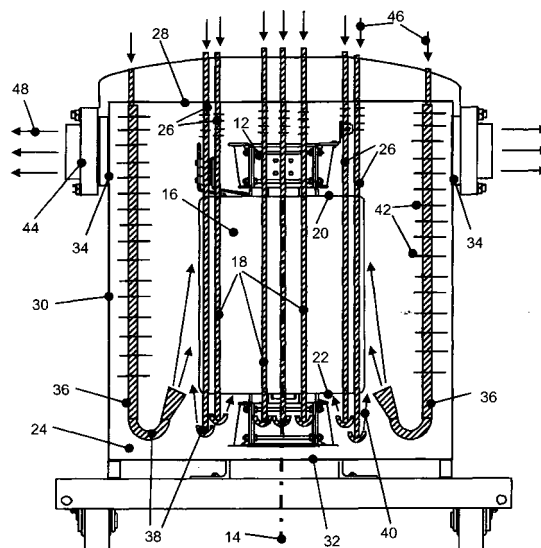


Fig. 1

Beschreibung

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Trockentransformator mit wenigstens einem Transformator Kern und wenigstens einer darauf angeordneten, um eine Wickelachse verlaufenden elektrischen Wicklung, mit rohrähnlichen Kühlkanälen, welche sich durch die Wicklung längs deren Wickelachse und zwischen deren beiden axialen Stirnseiten erstrecken und mit einem geschlossenen Behälter, innerhalb dessen der Transformator Kern und die Wicklung angeordnet sind.

[0002] Es ist allgemein bekannt, dass in elektrischen Energieverteilungsnetzen in mittleren Spannungsebenen, beispielsweise 400V bis 10kV aber auch bis 110kV, Trockentransformatoren eingesetzt werden. Diese vermeiden insbesondere eine im Höchstspannungsbereich, beispielsweise 380kV, übliche Anordnung des Transformators in einem mit Öl gefüllten Transformator Kessel, wobei das Öl auch dem Zweck dient, anfallende Verlustwärme aus dem Transformator Kessel zu transportieren.

[0003] Von daher ist bei Trockentransformatoren, welche eben nicht von einem flüssigen Kühlmedium umgeben sind, insbesondere auch auf eine Abfuhr entstehender Verlustwärme mittels geeigneter - vorzugsweise umgebungsluftbasierter - Kühlsysteme zu sorgen, beispielsweise durch Integration von Kühlkanälen in die elektrischen Wicklungen.

[0004] In einer Vielzahl von Anwendungsfällen ist jedoch auch eine Kapselung eines Trockentransformators in einem Gehäuse notwendig, beispielsweise auch zum Schutz des Transformators vor schädlichen Umgebungsbedingungen wie explosiven Gasen, welche von dem Transformator fernzuhalten sind. Ebenso ist durch eine derartige Kapselung aber auch ein Schutz der Umgebung vor einem schadhafte Transformator gegeben.

[0005] Eine Kapselung eines Trockentransformators in einem Gehäuse wirkt sich negativ auf dessen Kühlung aus. Bei Anordnung eines Trockentransformators in geschlossenen Gehäusen, die keinen Luftaustausch mit der Umgebung zulassen, wird der Wärmetransport entweder über in das Gehäuse integrierte Kühleinrichtungen oder durch einen externen Wärmetauscher, z. B. Luft-Luft oder Luft-Wasser, sichergestellt.

[0006] Bei offenen Gehäusen erfolgt die Zufuhr eines Kühlmediums zumeist im unteren Bereich des Transformatorgehäuses, wobei durch die Erwärmung eine Bewegung des Kühlmediums nach oben erfolgt, wo es dann in erwärmter Form abgeführt wird. Es ist üblich, eine Luftleitplatte horizontal in das Transformatorgehäuse einzubringen, die den oberen vom unteren Teil trennt, um die aufsteigende Luft so durch die Kühlkanäle der Wicklung zu zwingen.

[0007] In beiden Ausführungsvarianten ist die Konsequenz eine gegenüber einem Transformator ohne Kapselung deutlich verschlechterte Kühlwirkung, zudem können innerhalb des Gehäuses Bereiche mit Unter-

druck entstehen. Dies kann dazu führen, dass nicht erwünschte, wie beispielsweise explosive und aggressive Gase in das Gehäuse eindringen.

[0008] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, einen gekapselten Trockentransformator mit verbesserter Kühlung und verbesserter Kapselung anzugeben

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Trockentransformator der eingangs genannten Art. Dieser ist **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein erstes von einem Wärmeträgermedium durchströmbares Wärmeübertragerrohr durch eine Wandung des Behälters zu wenigstens einem der Kühlkanäle geführt und mit diesem an der ersten Stirnseite der Wicklung strömungstechnisch verbunden ist, dass der wenigstens eine an der zweiten, gegenüberliegenden Stirnseite der Wicklung austretende Kühlkanal im Behälter mündet und dass in einer Wandung des Behälters wenigstens eine Austrittsöffnung für das Wärmeträgermedium vorgesehen ist.

[0010] Die Erfindung bietet den Vorteil, dass ein externes, zunächst noch kaltes Wärmeträgermedium direkt durch die Kühlkanäle der Wicklung strömt, und damit direkt an der Quelle der Wärmegeneration einen Kühleffekt bewirkt. Das am anderen Ende der Kühlkanäle in den Behälter eintretende und teilweise erwärmte Wärmeträgermedium durchströmt den Behälter vorzugsweise in gegenläufiger Richtung und bewirkt so einen zusätzlichen Kühleffekt an den Außenflächen der Wicklung beziehungsweise eine Kühlung auch des Transformator Kerns. Ein weiterer vorteilhafter Kühleffekt wird dadurch erreicht, dass das erste Wärmeübertragerrohr ebenfalls durch den im normalen Betrieb erwärmten Behälter geführt ist. Auch hier wirkt das von dem noch kalten Wärmeträgermedium durchströmte Wärmeübertragerrohr kühlend auf den Innenraum des Behälters und damit auch kühlend auf den Transformator.

[0011] Somit erfolgt eine besonders effektive Kühlwirkung mit dem noch kalten (beispielsweise 20°C) Wärmeträgermedium direkt an der Wärmequelle, wobei nachfolgend das zunehmend erwärmte Medium durch die vorzugsweise gegenläufige Strömung durch den Behälter weitere, von der Wärmequelle entfernte Bereiche des Transformators kühlt. Somit ist in vorteilhafter Weise ein besonders effektiver Wärmeaustausch sichergestellt.

[0012] Entsprechend einer bevorzugten Ausgestaltung des Trockentransformators ist wenigstens ein zweites von einem Wärmeträgermedium durchströmbares Wärmeübertragerrohr durch eine Wandung des Behälters in diesen eingeführt, verläuft innerhalb des Behälters, aber weder durch die Wicklung noch durch den Transformator Kern und mündet im Behälter im Bereich der zweiten Stirnseite der Wicklung.

[0013] Dies bietet einerseits den Vorteil, dass auch Kühlkanäle der Wicklungen, welche beispielsweise durch ein Joch des Transformator Kerns verdeckt sind, und in die daher von der ersten Stirnseite der Wicklung keine ersten Wärmeübertragerrohre münden können,

von der zweiten Stirnseite ausgehend von einem Kühlmedium durchströmt werden. Die Durchströmung erfolgt in diesem Fall gegenläufig zu der Durchströmung der Kühlkanäle, welche direkt mit einem ersten Wärmeübertragerrohr verbunden sind. Das aus dem zweiten Wärmeübertragerrohr strömende Wärmeträgermedium fließt allerdings nicht forciert nur in die betreffenden Kühlkanäle ein, vielmehr bewegt sich das Wärmeträgermedium nach seinem Austritt aus dem zweiten Wärmeübertragerrohr innerhalb des Behälterinnenraums in Richtung der Austrittsöffnung und bewirkt dabei ebenfalls eine Kühlung der Außenflächen der Wicklung und des Transformatorkerns.

[0014] Wie auch in dem zuvor genannten Beispiel bewirkt auch das zweite durch den Behälterinnenraum verlaufende Wärmeübertragerrohr einen weiteren zusätzlichen Kühleffekt, so dass hier eine sehr effiziente zusätzliche Kühlmöglichkeit verwirklicht ist.

[0015] Einer weiteren Gestaltungsvariante folgend verläuft das zweite Wärmeübertragerrohr wenigstens längs einer axialen Wicklungslänge durch den geschlossenen Behälter. Hierdurch ist durch eine entsprechend vergrößerte Kontaktfläche der Außenwandung des zweiten Wärmeübertragerrohrs mit dem erwärmten Innenraum des geschlossenen Behälters ein verbesserter Wärmeaustausch ermöglicht.

[0016] Eine weitere Verbesserung des Wärmeaustauschs zwischen Wärmeübertragerrohren und dem erwärmten Innenraum des Behälters ist gegeben, wenn erfindungsgemäß wenigstens ein Wärmeübertragerrohr zumindest abschnittsweise mäander- und/oder spiralähnlich durch den geschlossenen Behälter verläuft.

[0017] Entsprechend einer besonders bevorzugten Ausgestaltungsform des erfindungsgemäßen Trockentransformators ist die wenigstens eine Austrittsöffnung im oberen Bereich des geschlossenen Behälters angeordnet. Entsprechend der thermisch bedingten Volumenausdehnung des Wärmeträgermediums bei Erhitzung wird dieses im oberen Innenbereich des Behälters in der Regel am wärmsten sein, so dass mit einer entsprechend im oberen Bereich angeordneten Austrittsöffnung eine möglichst effektive Wärmeabfuhr durch ausströmendes, erhitztes Wärmeträgermedium gegeben ist. Dieser thermische Effekt wird erfindungsgemäß noch besser genutzt, wenn entsprechend einer weiteren Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Trockentransformators die erste Stirnseite der Wicklung im oberen Bereich und die zweite Stirnseite im unteren Bereich des geschlossenen Behälters angeordnet sind.

[0018] Erfindungsgemäß strömt das durch die ersten Wärmeübertragerrohre fließende Wärmeträgermedium direkt in die Kühlrohre der Wicklungen ein und tritt an der zweiten Stirnseite der Wicklung aus. Ebenso mündet das zweite Wärmeübertragerrohr im Bereich der zweiten Stirnseite der Wicklung. Bei einer Anordnung der zweiten Stirnseite der Wicklung im unteren Bereich des Behälters strömt das teilweise erwärmte Wärmeträgermedium somit im unteren Behälterbereich aus den jeweiligen Roh-

ren in den Innenbereich des Behälters und strömt sodann von dort - unter Ausnutzung des besagten thermischen Effektes - in den oberen Bereich, wo dann die Austrittsöffnung vorgesehen ist.

[0019] In einer weiteren Variante des erfindungsgemäßen Trockentransformators ist wenigstens ein an der zweiten Stirnseite der Wicklung austretender Kühlkanal und/oder wenigstens ein im Bereich der zweiten Stirnseite mündendes zweites Wärmeübertragerrohr mit jeweils einem gebogenen Anschlusselement versehen, welches dafür vorgesehen ist, einen jeweils austretenden Wärmeträgermediumsstrom zumindest teilweise in Richtung der zweiten Stirnseite der Wicklung umzulenken.

[0020] Ein derartiges gebogenes Anschlusselement ist im einfachsten Fall ein um etwa 180° gebogenes U-förmiges Rohrstück, welches den beispielsweise innerhalb eines Rohres senkrecht nach unten verlaufenden Wärmeträgermediumsstrom beim Austritt aus diesem nach oben umlenkt, so dass die Austrittsrichtung des Wärmeträgermediums aus dem Rohr der bevorzugten Flussrichtung innerhalb des Behälters, nämlich von unten nach oben, entspricht. Auf diese Weise wird eine verbesserte Kühlung erreicht.

[0021] Zudem können bedarfsweise auch zusätzlich Diffusoren vorgesehen sein, welche den Wärmeträgermediumsstrom auf besonders wichtige Bereiche umlenken, z.B. die Mündungen von Kühlkanälen an der zweiten Stirnseite der Wicklung, welche an ihrer gegenüberliegenden Seite offen und nicht mit einem ersten Wärmeübertragerrohr verbunden sind. Somit ist auch ein Durchströmen dieser Kühlkanäle gewährleistet. Entsprechend weiterer Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Trockentransformators ist wenigstens ein Wärmeübertragerrohr aus einem elektrisch isolierenden Material und/oder aus einem flexiblen Material gefertigt. Dies vereinfacht die Fertigung eines derartigen Transformators.

[0022] Gemäß weiteren Ausführungsvarianten ist wenigstens ein Wärmeübertragerrohr mit einer Strahlungsabsorption begünstigenden Farbschicht - beispielsweise schwarz - und/oder mit Kühlrippen versehen. All diese Maßnahmen begünstigen einen Wärmeaustausch zwischen der Außenoberfläche des Wärmeübertragerrohres und dem erwärmten Innenraum des Behälters, durch welchen es geführt ist. Auf diese Weise ist der Kühleffekt weiter verbessert.

[0023] Vorzugsweise ist als Wärmeträgermedium Luft vorgesehen, welches vor Einleitung in die jeweiligen Wärmeübertragerrohre idealerweise noch gefiltert wird.

[0024] Die Einleitung des noch kalten Wärmeträgermediums in die wandungsseitigen Mündungen Wärmeübertragerrohre erfolgt entsprechend einer erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Trockentransformators mittels einer Pumpvorrichtung, beispielsweise einem Kompressor oder einem Ventilator. Bevorzugter Weise weist die Pumpvorrichtung Ventilmittel auf, so dass auch bei nicht laufender Pumpvorrichtung kein Wärmeträgermedium durch die Einlassöffnungen aus dem Behälter

entweichen kann.

[0025] Wenn nämlich entsprechend einer weiteren erfindungsgemäßen Variante zudem alle Austrittsöffnungen mit einem Überdruckventil versehen sind, ist nämlich in vorteilhafter Weise eine Überdruckkapselung des Trockentransformators realisiert. Die Überdruckventile an den Austrittsöffnungen können beispielsweise derart ausgestaltet sein, dass ein Austritt von erwärmtem Wärmeträgermedium aus dem Behälter erst ab einem Überdruck von 50 Pa ermöglicht ist. Dieser Druck wird kontinuierlich von der Pumpvorrichtung aufgebaut. Durch den so im gesamten Innenbereich des Behälters herrschenden Mindestdruck ist eine Überdruckkapselung erreicht, welche ein Eindringen von ungewünschten Gasen in den Behälter vermeidet und deren Anforderungen beispielsweise in der IEC 60079-2 genauer beschrieben sind. Bei einem Ausfall der Pumpvorrichtung ist durch das vorgesehene Ventilmittel in vorteilhafter Weise ein Druckabfall innerhalb des Behälters vermieden.

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

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

[0028] Es zeigen:

- Fig. 1 einen ersten exemplarischen Trockentransformator,
- Fig. 2 einen zweiten exemplarischen Trockentransformator sowie
- Fig. 3 einen dritten exemplarischen Trockentransformator.

[0029] Fig. 1 zeigt einen ersten exemplarischen Trockentransformator in einer seitlichen Schnittansicht 10. Ein Transformator Kern 12, in dieser Darstellung sichtbar durch einen Querschnittsansicht seines oberen und unteren Jochs, ist in einem geschlossenen Behälter 24, beispielsweise einer Transformatorkapselung aus Metall, angeordnet. Der Transformator Kern 12 weist drei in dieser Darstellung nicht sichtbare Schenkel auf, welche jeweils von einer hohlzylindrischen Wicklung umschlossen sind, wobei in dieser Darstellung lediglich nur eine Wicklung 16 sichtbar ist. Die elektrische Verschaltung der drei Wicklungen ist im Rahmen der Erfindung nicht von Relevanz, es ist jedoch davon auszugehen, dass eine Stern- Dreieckverschaltung von ober- und unterspannungsseitigen Wicklungen gegeben ist.

[0030] Der Behälter beziehungsweise das Transformatorgehäuse ist im Wesentlichen aus einer oberen Wandung 28, aus vier Seitenwandungen 30 sowie einer unteren Wandung 32 gebildet und auf einem mit keiner Bezugsnummer versehenen Rollwagen montiert. Im Betrieb des Transformators erfolgt aufgrund von elektrischen Verlusten in Primär- und Sekundärwicklung der insgesamt drei Wicklungen 16 aber auch aufgrund von

Magnetisierungsverlusten im Transformator Kern 12 eine jeweilige Erwärmung, beispielsweise auf 120°C bis 150°C, welche in der Wicklung 16 selbst am höchsten ist. Aufgrund der Anordnung in dem geschlossenen Behälter 24 ist eine Wärmeabfuhr an die Umgebung zunächst erschwert.

[0031] Um dennoch eine gute Wärmeabfuhr aus der Wicklung 16, dem Kern 12 sowie dem Innenraum des Behälters 24 zu ermöglichen, sind durch die obere Wandung 28 des Behälters 24 mehrere erste Wärmeübertragerrohre 26 in dessen Inneres eingeführt, linear bis zu mehreren Kühlkanälen 18 verlängert und mit diesen an der oberen, ersten axialen Stirnseite 20 der Wicklung 16 strömungstechnisch verbunden. Die Kühlkanäle 18 sind vereinfacht dargestellt und sind als kreisförmig um die und längs der Wickelachse 14 der Wicklung 16 angeordnet anzusehen, beispielsweise zwischen Primär- und Sekundärwicklungsteil. An der unteren, zweiten axialen Stirnseite 22 der Wicklung 16 treten die Kühlkanäle 18 wieder aus dieser aus. An der jeweiligen Austrittsstelle sind die Kühlkanäle 18 mit verschiedenen gebogenen Anschlusselementen 38 verlängert. Nicht jeder Kühlkanal 18 ist direkt von einem jeweiligen ersten Wärmeübertragerrohr 26 mit einem kontinuierlichen Wärmeträgermediumsfluss versorgt, insbesondere jene Kühlkanäle 18, welche durch das obere Joch des Transformator Kerns 12 verdeckt sind, bleiben zunächst offen.

[0032] Im normalen Betrieb wird durch einen nicht gezeigten Kompressor kontinuierlich ein Wärmeträgermedium, in diesem Fall mit Raumtemperatur einströmende Luft 46, durch die ersten Wärmeübertragerrohre 26 eingeleitet. Auf der Strecke zwischen oberer Wandung 28 und erster axialer Stirnseite 20 der Wicklung 16 erfolgt bereits ein erster Kühleffekt des erwärmten Innenraumes des Behälters 24, indem eine Wärmeabgabe an die Außenfläche der ersten Wärmeübertragerrohre 26 erfolgt. Dieser Effekt wird noch durch Kühlrippen 42, welche scheibenähnlich um die ersten Wärmeübertragerrohre 26 angeordnet sind, verstärkt.

[0033] Die nunmehr leicht erwärmte Luft geht in die sich linear anschließenden Kühlkanäle 18 über, kühlt dort die Wicklung 16 von innen und tritt mit der Bezugsnummer 22 am unteren Ende der Wicklung über sich an die Kühlkanäle anschließende gebogene Anschlusselemente 38 in den Innenraum des Behälters 24 ein. Durch den Umlenkeffekt der Anschlusselemente 38 ist die Strömungsrichtung des Wärmeträgermediums Luft gedreht und nunmehr von unten auf die Wicklung 16 und den Transformator Kern 12 gerichtet, womit der Kühleffekt gesteigert ist.

[0034] Durch die weitere Erwärmung der Luft und durch die durch den Kompressor erzeugte Strömung steigt die Luft innerhalb des Behälters 24 nach oben und durchströmt dabei zumindest teilweise auch Kühlkanäle 18, welche nicht an ein Wärmeübertragerrohr 26 angeschlossen sind. Im oberen Bereich des Behälters angelangt tritt die erwärmte beziehungsweise erhitzte Luft 48 über Austrittsöffnungen 34 in die Umgebung aus.

[0035] Um einen Überdruck innerhalb des geschlossenen Behälters 24 zu gewährleisten, durch welchen ein Eindringen von schädlichen Gasen verhindert werden soll, ist an den Austrittsöffnungen 34 ein jeweils ein Ventilmittel 44 vorgesehen, welches erst ab einem vorgegebenen inneren Überdruck öffnet. Für den Fall, dass der Kompressor einmal ausfallen sollte, ist auch an den jeweiligen Zuführöffnungen ein Rückschlagventil vorzusehen.

[0036] Zur Verstärkung des Kühleffektes sind zudem mehrere zweite Wärmeübertragerrohre 36 vorgesehen, welche ebenfalls durch die obere Wandung 28 des Behälters eingeführt und durch welche der Innenraum des Behälters ebenfalls in vorteilhafter Weise gekühlt ist, wobei auch hier scheibenähnliche Kühlrippen 42 vorgesehen sind, die selbstverständlich auch längs der Wärmeübertragerrohre als längliche Rippen vorgesehen sein können. Im unteren Bereich des Behälters sind ebenfalls Anschlusselemente 38 vorgesehen, durch welche der aus diesen austretende Luftstrom auf die Unterseite der Wicklung 16 gerichtet ist.

[0037] Fig. 2 zeigt einen zweiten exemplarischen Trockentransformator in einer Draufsicht 60. Es ist ein zweiter geschlossener Behälter 66 beziehungsweise in der Draufsichtdarstellung eine obere Dachwandung 69 des Behälters 66 sichtbar. Diese ist durchstoßen von mehreren Mündungen von ersten Wärmeübertragerrohren 62, welche segmentweise kreisförmig um drei - nicht dargestellte - innerhalb des Transformators befindliche Wicklungen angeordnet sind. Es sind lediglich diejenigen Kühlkanäle in einer Verlängerung mit einem jeweiligen ersten Wärmeübertragerrohr 62 an die Dachwandung 69 herausgeführt, welche nicht durch ein Joch des Transformator-kerns verdeckt sind, wie aber in der nächsten Fig. genauer beschrieben ist.

[0038] Weiterhin nach außen geführt sind die Mündungen von mehreren zweiten Wärmeübertragerrohren 64, welche beidseitig äquidistant zueinander angeordnet sind. An zwei Seitenwänden des Behälters 66 sind an jeweiligen Austrittsöffnungen jeweils Ventilmittel 68 angeordnet, welche insbesondere im laufenden Betrieb einen minimalen Druck innerhalb des Behälters gewährleisten, wobei ein zum Aufbau dieses Drucks benötigter Ventilator oder Kompressor nicht gezeigt ist.

[0039] Fig. 3 zeigt einen dritten exemplarischen Trockentransformator in einer geöffneten Draufsicht 70. In dieser Darstellung ist ein Transformator-kern 82 mit seinem oberen Joch sichtbar sowie drei Wicklungen 76, welche jeweils hohlzylinderähnlich um einen jeweiligen Schenkel des Transformators und um eine jeweilige Wickelachse 80 angeordnet sind. In der Draufsicht auf die Wicklungen 76 sind auch die diese axial durchquerenden Kühlkanäle 74 sichtbar, zumindest diejenigen, welche nicht von dem Joch des Transformator-kerns 82 verdeckt sind.

[0040] Fernerhin sind im Behälterinneren geführte zweite Wärmeübertragerrohre 72 sowie deren jeweilige gekrümmte Anschlusselemente 78 sichtbar, durch wel-

che ein jeweiliges Wärmeausübertragerrohr 72 durchströmendes Wärmeträgermedium beim Austritt auf die Wicklungen 76 gerichtet ist, um so einen verbesserten Kühleffekt herbeizuführen. Das erhitze Kühlmedium entweicht dem Behälter 84 durch mehrere Austrittsöffnungen 86.

Bezugszeichenliste

10 **[0041]**

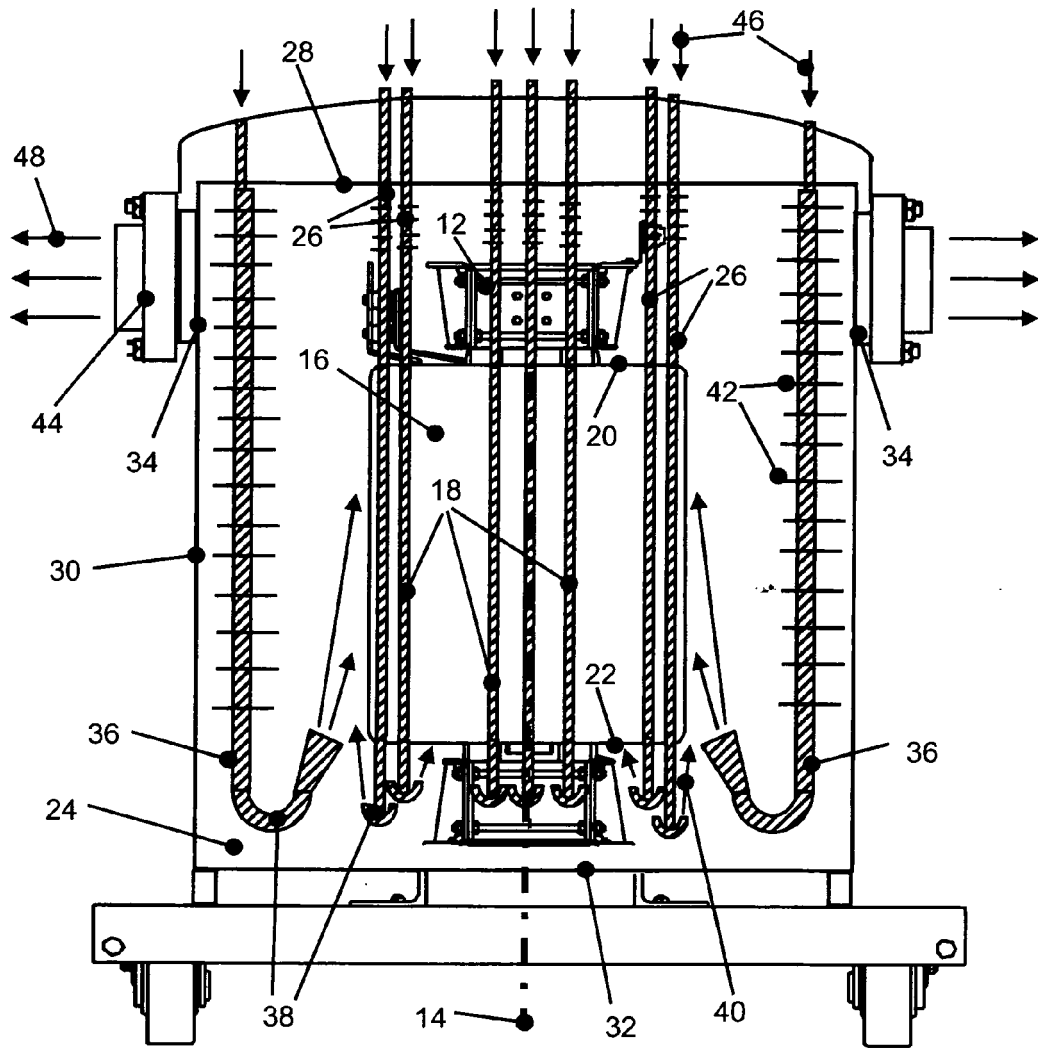
- | | |
|-------|---|
| 10 | erster exemplarischer Trockentransformator |
| 12 | Transformator-kern |
| 14 | Wickelachse |
| 15 16 | Wicklung des ersten Trockentransformators |
| 18 | rohrähnliche Kühlkanäle |
| 20 | erste axiale Stirnseite |
| 22 | zweite axiale Stirnseite |
| 24 | erster geschlossener Behälter |
| 20 26 | erste Wärmeübertragerrohre des ersten Trockentransformators |
| 28 | obere Wandung des geschlossenen Behälters |
| 30 | Seitenwandung des geschlossenen Behälters |
| 32 | untere Wandung des geschlossenen Behälters |
| 25 34 | Austrittsöffnung |
| 36 | zweite Wärmeübertragerrohre des ersten Trockentransformators |
| 38 | gebogene Anschlusselemente |
| 40 | umgelenkter Wärmeträgermediumsstrom |
| 30 42 | Kühlrippen |
| 44 | Ventilmittel des ersten Trockentransformators |
| 46 | einströmendes Wärmeträgermedium |
| 48 | ausströmendes Wärmeträgermedium |
| 60 | zweiter exemplarischer Trockentransformator |
| 35 62 | erste Wärmeübertragerrohre des zweiten Trockentransformators |
| 64 | zweite Wärmeübertragerrohre des zweiten Trockentransformators |
| 66 | zweiter geschlossener Behälter |
| 40 68 | Ventilmittel des zweiten Trockentransformators |
| 69 | Dachwandung des zweiten geschlossenen Behälters |
| 70 | dritter exemplarischer Trockentransformator |
| 72 | zweite Wärmeübertragerrohre des dritten Trockentransformators |
| 45 74 | rohrähnliche Kühlkanäle des dritten Trockentransformators |
| 76 | Wicklung des dritten Trockentransformators |
| 78 | gebogene Anschlusselemente |
| 50 80 | Wickelachse |
| 82 | Transformator-kern |
| 84 | dritter geschlossener Behälter |
| 86 | Austrittsöffnung |

55

Patentansprüche

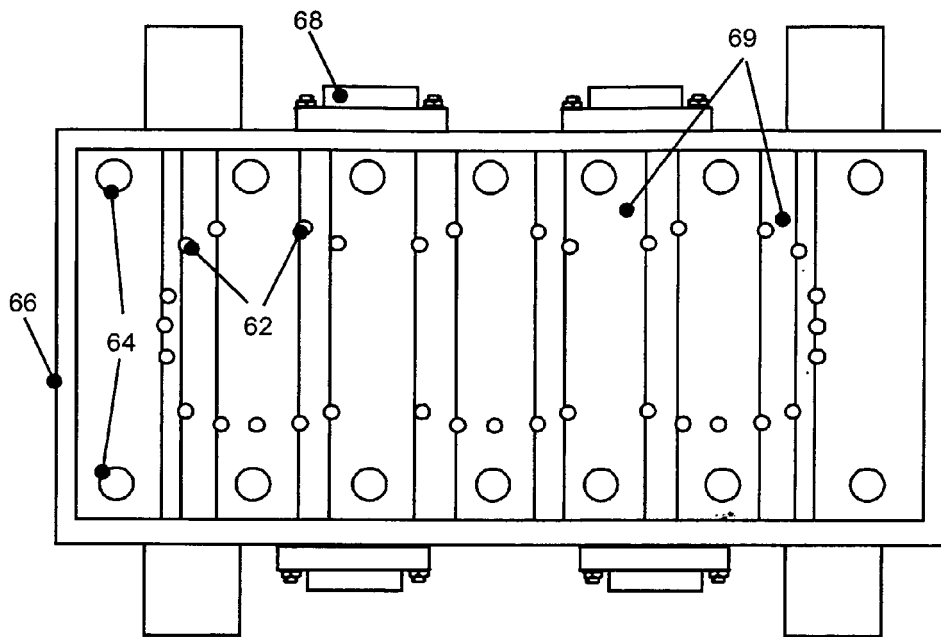
1. Trockentransformator (10, 60, 70) mit wenigstens ei-

- nem Transformatorkern (12, 82) und wenigstens einer darauf angeordneten, um eine Wickelachse (14, 80) verlaufenden elektrischen Wicklung (16, 76), mit rohrähnlichen Kühlkanälen (18, 74), welche sich durch die Wicklung (16, 76) zwischen deren beiden axialen Stirnseiten (20, 22) erstrecken, mit einem geschlossenen Behälter (24, 66, 84), innerhalb dessen der Transformatorkern (12, 80) und die Wicklung (16, 76) angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein erstes von einem Wärmeträgermedium durchströmbares Wärmeübertragerrohr (26, 62) durch eine Wandung (28, 30, 32, 69) des Behälters (24, 66, 84) zu wenigstens einem der Kühlkanäle (18, 74) geführt und mit diesem an der ersten Stirnseite (20) der Wicklung (16, 76) strömungstechnisch verbunden ist, dass der wenigstens eine an der zweiten, gegenüberliegenden Stirnseite (22) austretende Kühlkanal (18, 74) im Behälter (24, 66, 84) mündet und dass in einer Wandung (28, 30, 32, 69) des Behälters (24, 66, 84) wenigstens eine Austrittsöffnung (34, 86) für das Wärmeträgermedium vorgesehen ist.
2. Trockentransformator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein zweites von einem Wärmeträgermedium durchströmbares Wärmeübertragerrohr (36, 64, 72) durch eine Wandung (28, 30, 32, 69) des Behälters (24, 66, 84) in diesen eingeführt ist, innerhalb des Behälters (24, 66, 84) weder durch die Wicklung (16, 76) noch durch den Transformatorkern (12, 80) verläuft und im Behälter (24, 66, 84) im Bereich der zweiten Stirnseite (22) der Wicklung (16, 76) mündet.
 3. Trockentransformator nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Wärmeübertragerrohr (26, 36, 62, 64, 72) wenigstens längs einer axialen Wicklungslänge durch den geschlossenen Behälter (24, 66, 84) verläuft.
 4. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeübertragerrohr (26, 36, 62, 64, 72) zumindest abschnittsweise mäander- und/oder spiralähnlich durch den geschlossenen Behälter (24, 66, 84) verläuft..
 5. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Austrittsöffnung (34, 86) im oberen Bereich des geschlossenen Behälters (24, 66, 84) angeordnet ist.
 6. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Stirnseite (20) der Wicklung (16, 76) im oberen Bereich und die zweite Stirnseite (22) im unteren Bereich des geschlossenen Behälters (24, 66, 84) an-
- geordnet sind.
7. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein an der zweiten Stirnseite (22) der Wicklung (16, 76) austretender Kühlkanal (18, 74) und/oder wenigstens ein im Bereich der zweiten Stirnseite (22) mündendes zweites Wärmeübertragerrohr (36, 64, 72) mit jeweils einem gebogenen Anschlusselement (38, 78) versehen ist, welches dafür vorgesehen ist, einen jeweils austretenden Wärmeträgermediumsstrom zumindest teilweise in Richtung der zweiten Stirnseite (22) der Wicklung (16, 76) umzulenken (40).
 8. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeübertragerrohr (26, 36, 62, 64, 72) aus einem elektrisch isolierenden Material gefertigt ist.
 9. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeübertragerrohr (26, 36, 62, 64, 72) aus einem flexiblen Material gefertigt ist.
 10. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeübertragerrohr (26, 36, 62, 64, 72) mit einer eine Strahlungsabsorption begünstigenden Farbschicht versehen ist.
 11. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wärmeübertragerrohr (26, 36, 62, 64, 72) mit Kühlrippen (42) versehen ist.
 12. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Wärmeträgermedium Luft vorgesehen ist.
 13. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Pumpvorrichtung zum kontinuierlichen Einführen eines Wärmeträgermediums (46) in die wandungsseitigen Mündungen der Wärmeübertragerrohre (26, 36, 62, 64, 72) vorgesehen ist.
 14. Trockentransformator nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Austrittsöffnungen (34, 86) für das Wärmeträgermedium mit einem Ventilmittel (44) versehen sind.



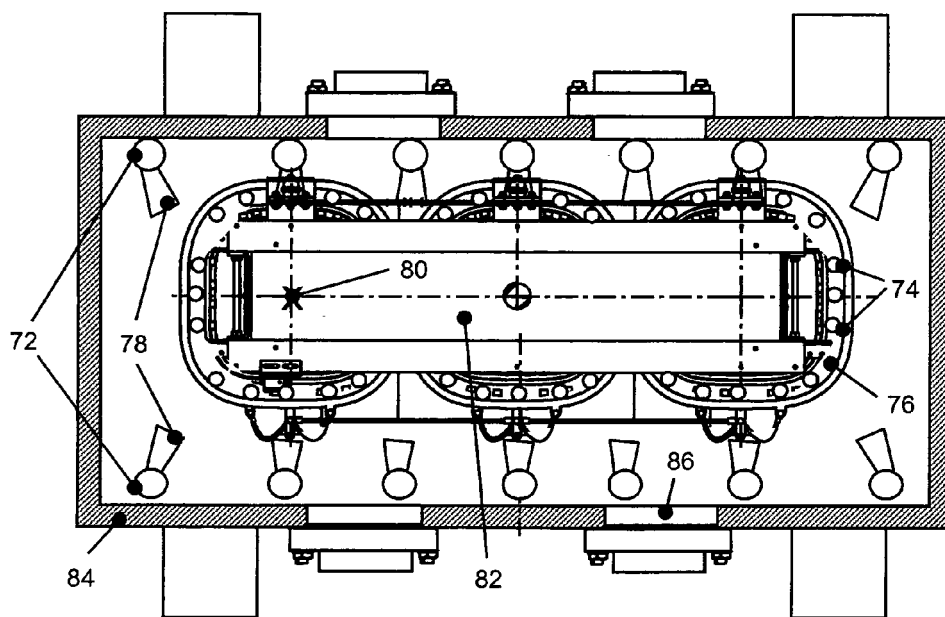
10

Fig. 1



60

Fig. 2



70

Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 09 01 1194

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 485 367 A (HASHIZUME KENICHI [JP]) 27. November 1984 (1984-11-27) * Ansprüche * * Abbildungen 1,3 *	1-3,8, 11-14	INV. H01F27/02 H01F27/28
X	US 4 472 700 A (VON GENTZKOW WOLFGANG [DE] ET AL) 18. September 1984 (1984-09-18) * Ansprüche 1,7,15 * * Spalte 3, Zeile 53 - Zeile 60 * * Abbildung 2 *	1,4-6,8, 9,11-14	
X A	US 2004/070475 A1 (NICK WOLFGANG [DE] ET AL) 15. April 2004 (2004-04-15) * Anspruch 1 * * Absätze [0003], [0004], [0017] * * Abbildungen *	1,6 12	
A	US 2007/247266 A1 (YARGOLE ARUN D [IN] ET AL) YARGOLE ARUN DATTATRAYA [IN] ET AL 25. Oktober 2007 (2007-10-25) * Ansprüche 1,4,6 * * Abbildungen 3,6,7,9 *	1,6,11	
A	US 3 201 728 A (MCWHIRTER JAMES H) 17. August 1965 (1965-08-17) * Ansprüche 4,6 * * Abbildung 1 *	1-3,5,6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		3. Februar 2010	Stichauer, Libor
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			

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 09 01 1194

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.

03-02-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4485367	A	27-11-1984	DE	3269240 D1	27-03-1986
			EP	0083154 A1	06-07-1983
			JP	1392437 C	23-07-1987
			JP	58111307 A	02-07-1983
			JP	61059521 B	17-12-1986

US 4472700	A	18-09-1984	BR	8207360 A	18-10-1983
			DE	3201298 A1	30-06-1983
			EP	0083736 A1	20-07-1983

US 2004070475	A1	15-04-2004	AT	312402 T	15-12-2005
			WO	02082478 A1	17-10-2002
			DE	10117847 C1	06-02-2003
			EP	1374261 A1	02-01-2004
			JP	2004521504 T	15-07-2004

US 2007247266	A1	25-10-2007	CN	101015026 A	08-08-2007
			EP	1787304 A1	23-05-2007
			WO	2006016377 A1	16-02-2006
			JP	2008510297 T	03-04-2008

US 3201728	A	17-08-1965	CH	409131 A	15-03-1966
			GB	991656 A	12-05-1965

EPO FORM P0461

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