

(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
29. November 2012 (29.11.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/159691 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H01F 29/02 (2006.01) *H01H 9/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/001506
- (22) Internationales Anmeldedatum:
5. April 2012 (05.04.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
11004288.4 25. Mai 2011 (25.05.2011) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **ABB TECHNOLOGY AG** [CH/CH]; Affolternstr. 44, CH-8050 Zürich (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEBER, Benjamin** [DE/DE]; Ennertstr. 16, 59955 Winterberg (DE). **PATEL, Bhavesh** [IN/DE]; Gernandstr. 21, 59929 Brilon (DE). **TEPPER, Jens** [DE/DE]; Springstr. 22, 59929 Brilon (DE). **CHUDOBBA, Udo** [DE/DE]; Am Ratmerstein 40, 59929 Brilon (DE).
- (74) Anwälte: **PARTNER, Lothar** et al.; ABB AG, GF-IP, Wallstadter Str. 59, 68526 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, CL, 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, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: SUPPLEMENTARY TRANSFORMER WINDING

(54) Bezeichnung : TRANSFORMATORZUSATZWICKLUNG

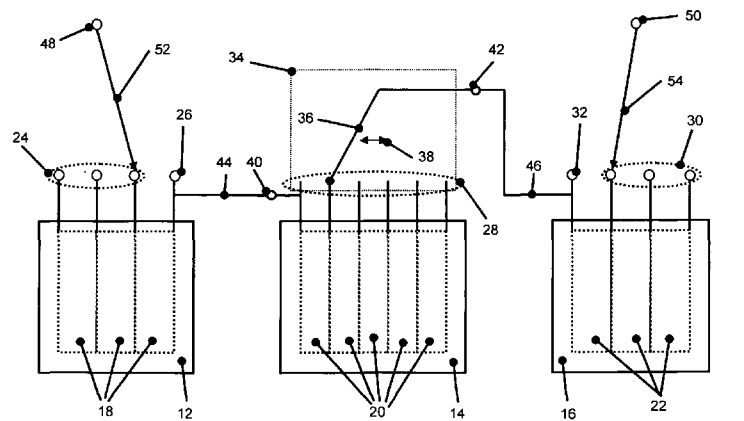


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a supplementary transformer winding (10, 60), comprising a first (12, 72), second (14, 74) and third (16, 64) winding module, each having at least one winding segment (18, 20, 22) that has at least one first (18), second (20) or third (22) respective tapping (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78). A tap changer (34) is provided which is associated with the tappings (28, 76) of the second winding module (14, 78), wherein the terminals (40, 42) of the second winding module (14, 78) are formed by an external tapping and the output of the tap changer (34). The second winding module (14, 78) is connected at the two terminals (40, 42) thereof to at least one winding segment (18, 22) of the first (12, 72) and third (16, 64) winding module and is electrically connected in series (44, 46).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft eine Transformatorzusatzwicklung (10, 60), umfassend ein erstes (12, 72), zweites (14, 74) und drittes (16, 64) Wicklungsmodul mit jeweils wenigstens einem ersten (18), zweiten (20) beziehungsweise dritten (22) jeweilige Anzapfungen (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78) aufweisenden Wicklungssegment (18, 20, 22). Es ist ein mit den Anzapfungen (28, 76) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 78) verbundener Stufenschalter (34) vorgesehen, wobei die Anschlüsse (40, 42) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 78) durch eine außen liegende Anzapfung und den Ausgang des Stufenschalters (34) gebildet sind. Das zweite Wicklungsmodul (14, 78) ist an seinen beiden Anschlüssen (40, 42) mit wenigstens einem Wicklungssegment (18, 22) des ersten (12, 72) beziehungsweise dritten (16, 64) Wicklungsmoduls verbunden und elektrisch in Reihe geschaltet (44, 46).

Transformatorzusatzwicklung

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Transformatorzusatzwicklung, umfassend ein erstes, zweites und drittes, Wicklungsmodul mit jeweils wenigstens einem ersten, zweiten beziehungsweise dritten jeweilige Anzapfungen aufweisenden Wicklungssegment, einen mit den Anzapfungen des zweiten Wicklungsmoduls verbundenen Stufenschalter, wobei die Anschlüsse des zweiten Wicklungsmoduls durch eine außen liegende Anzapfung und den Ausgang des Stufenschalters gebildet sind.

Es ist allgemein bekannt, dass Leistungstransformatoren, insbesondere Öltransformatoren zur Erhöhung ihrer Flexibilität im elektrischen Energieversorgungsnetz mit sogenannten Stufenschaltern versehen sein können, wodurch letztendlich das Übersetzungsverhältnis des Transformators in gewissen Grenzen anpassbar ist, beispielsweise in einem Bereich von 85% bis 115% der Nennspannung. Dies sind zu meist unter Last schaltbare Wahlschalter, welche je nach gegebenen Randbedingungen eine von beispielsweise 24 Anzapfungen einer Zusatzwicklung abgreifen, welche üblicherweise elektrisch in Reihe zu einer jeweiligen Transformatorhauptwicklung geschaltet ist. Es ist auch durchaus üblich, nur eine einzige Wicklung zu vorzusehen, welche dann in ihrem hinteren Bereich, beispielsweise in den letzten 20% ihrer Wicklung, entsprechende Anzapfungen aufweist. Der Ausgang des Stufenschalters dient dann als Ausgang der in Reihe geschalteten Haupt- und Zusatzwicklung. Derartige Stufenschalter sind insbesondere aufgrund deren Anforderung unter Laststrom schalten zu können und den hohen Anforderungen an deren Isolation sehr aufwändig und komplex. Beim Einsatz in Öltransformatoren ist aufgrund dessen Anordnung innerhalb des Ölkessels und des Flutens auch des Stufenschalters mit Öl zumindest bezüglich des Isolationsaufwandes eine gewisse Erleichterung gegeben.

Eine derartige Regelfähigkeit wird zunehmend auch bei sogenannten Trockentransformatoren gefordert. Trockentransformatoren weisen beispielsweise bei Nennspan-

nungen zwischen 6kV und 110kV eine Nennleistung im Bereich von einigen 100kVA bis hin zu mehreren 10MVA auf. Die Nennleistung von Trockentransformatoren liegt somit typischerweise unterhalb der Nennleistung von Öltransformatoren. Trockentransformatoren sind aufgrund des nicht vorhandenen Öls beziehungsweise Ölkessels im Vergleich zu Öltransformatoren wartungsärmer, es ist jedoch ein erhöhter Aufwand bezüglich deren Isolation zu betreiben. Dies gilt entsprechend auch für Stufenschalter, mit welchen Trockentransformatoren ausgerüstet werden können.

Als nachteilig erweist es sich daher, dass die aus dem Öltransformatorbereich bekannten Stufenschalteranordnungen nicht oder nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand auf Trockentransformatoren übertragbar sind.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Regelmöglichkeit für Transformatorwicklungen, insbesondere von Trockentransformatoren anzugeben, welche die genannten Nachteile vermeidet. Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Transformatorzusatzwicklung der eingangs genannten Art.

Diese ist dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Wicklungsmodul an seinen beiden Anschlüssen mit wenigstens einem Wicklungssegment des ersten beziehungsweise dritten Wicklungsmoduls verbunden und elektrisch in Reihe geschaltet ist.

Durch eine Dreiteilung der Zusatzwicklung in ein erstes, zweites und drittes Wicklungsmodul, wobei ein Stufenschalter lediglich für das mittlere, nämlich das zweite Wicklungsmodul vorgesehen ist, ist der mögliche Spannungshub, welcher vom Stufenschalter zu beherrschen ist, in vorteilhafter Weise reduziert. So könnten beispielsweise bei einer typischen Anzahl von 24 Anzapfungen jeweils 8 auf jedes der drei Wicklungsmodule entfallen. Sowohl der konstruktive Aufwand als auch der Isolationsaufwand für den Stufenschalter, der typischerweise gerade nicht mit Öl gefüllt ist und somit besonders aufwändig ist, ist dadurch vorteilhaft reduziert.

Gerade im Einsatzgebiet von Trockentransformatoren ist im Netzbetrieb zu Regelungszwecken typischerweise eher nur ein geringerer Spannungshub erforderlich, welcher von einem Stufenschalter abzudecken ist. Dies liegt an den typischerweise bei den geringeren Spannungsebenen von Trockentransformatoren geringeren pro-

zentualen betriebsmäßigen Spannungsschwankungen, welche durch eine Regelvorrichtung wie einen Stufenschalter auszugleichen wären. Ein größerer von Öltransformatoren bekannter Regelbereich, welcher beispielsweise einen Bereich von 80% bis 120% der Nennspannung des Trockentransformators abdeckt, ist allerdings dann notwendig, wenn langfristige und netzinfrastrukturbedingte Spannungsänderungen auszugleichen sind, beispielsweise wenn geplant ist, die Spannung in einem bestimmten Netzteil generell um einige Prozent anzuheben. In diesem Fall würde der Stufenschalter nach der Spannungsanhebung betriebsmäßig im oberen Bereich der wählbaren Stufen operieren, wohingegen der untere dann Bereich ungenutzt bliebe.

Die Erfindung basiert daher auf der Grundidee, einen Stufenschalter bereitzustellen, welcher das betriebsmäßig auftretende Spannungsschwankungsband regelungstechnisch abdeckt und langfristige Spannungsschwankungen mittels der Anzahl der in Reihe geschalteten Wicklungssegmente der ersten und dritten Wicklungsmodule festzulegen. Für den Fall, dass eine geringe Anzahl an ersten und dritten Wicklungssegmenten in Reihe geschaltet ist, würde die regelbare Ausgangsspannung entsprechend in einem unteren Spannungsbereich liegen, bei entsprechend hoher Anzahl an in Reihe geschalteten ersten und dritten Wicklungssegmenten demgemäß in einem oberen Bereich. Langfristige Schwankungen des Spannungsbandes sind damit in vorteilhafter Weise über die ersten und dritten Wicklungssegmente ausgleichbar.

Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, eine derartige Anpassung der Zusatzwicklung auf langfristige Spannungsänderungen im stromlosen Zustand und gegebenenfalls auch manuell durchzuführen, weil dann die Verschaltung der Wicklungssegmente des ersten und dritten Wicklungsmoduls entsprechend mit geringerem Aufwand durchzuführen ist, im einfachsten Fall mit einer Verschraubung oder sonstigen Befestigung eines Verbindungskabels oder dergleichen zwischen den entsprechenden Anzapfungen. Diese sind für diesen Fall dann mit entsprechenden Befestigungsmitteln zu versehen.

Der an sich symmetrische Aufbau mit drei Wicklungsmodulen, von denen das mittlere mit einem Stufenschalter versehen ist, bewirkt, dass sich die Verkürzung des Hubes des Stufenschalters nicht negativ auf das Kurzschlussverhalten des Transformators beziehungsweise der Transformatorzusatzwicklung auswirkt, was in diesem Fall

dann ebenfalls unsymmetrisch würde. Im Gegensatz zu der naheliegenden Variante mit nur zwei in Reihe geschalteten Wicklungsmodulen, nämlich einem ersten ohne Stufenschalter und einem zweiten mit Stufenschalter, ist damit also ein verbessertes Betriebsverhalten bewirkt. Außerdem ergibt sich bei der Anordnung mit drei Wicklungsmodulen eine gleichmäßigere Änderung der Kurzschlußimpedanz des Transformators in den verschiedenen Anzapfungsstellungen.

Entsprechend einer bevorzugten Ausgestaltungsform der Transformatorzusatzwicklung weist das zweite Wicklungsmodul eine Mehrzahl an elektrisch in Reihe geschalteten Wicklungssegmenten auf. Die Anzahl an Wicklungssegmenten und deren jeweilige Windungsanzahl bestimmen das Reglungsband der Spannung, welches mittels des Stufenschalters realisierbar ist. Je nach Anforderungen im elektrischen Netz können beispielsweise maximal acht, aber auch in Einzelfällen sogar zwei oder drei Wicklungssegmente für ein zweites Wicklungsmodul ausreichend sein, die gewünschte Regelcharakteristik zu realisieren. Der Spannungshub, welcher mit einem jeweiligen Wicklungssegment idealerweise erreichbar ist, liegt beispielsweise im Bereich von 1% - 2% der Nennspannung, so dass sich für alle Wicklungssegmente summarisch beispielsweise ein Hub von insgesamt $\pm 5\%$ ergibt, wobei dies sehr abhängig von den jeweiligen Randbedingungen ist. Der Begriff Nennspannung bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Nennspannung einer Transformatorhauptwicklung in Reihenschaltung mit der Zusatzwicklung und beträgt beispielsweise 10kV oder 110kV.

Entsprechend einer weiterhin bevorzugten Ausgestaltungsform der erfindungsgemäßen Transformatorzusatzwicklung weist das erste und das dritte Wicklungsmodul eine Mehrzahl an elektrisch in Reihe geschalteten ersten und dritten Wicklungssegmenten auf. Die Anzahl an Wicklungssegmenten des ersten und dritten Wicklungsmoduls bestimmt zusammen mit deren jeweiliger Windungszahl den maximalen Spannungshub, mit welchem das regelbare Spannungsband des zweiten Wicklungsmoduls mit Stufenschalter für langfristige Spannungsänderungen verschiebbar ist. Da es sich letztendlich um eine Offset-Einstellung handelt her ist es durchaus sinnvoll, die Anzahl auf weniger Wicklungssegmente mit entsprechend höherer Windungszahl zu begrenzen, so dass sich beispielsweise jeweils vier Wicklungssegmen-

te je Wicklungsmodul ergeben, welche beispielsweise einen Hub von je 2,5% der Nennspannung aufweisen.

Gemäß einer weiteren Erfindungsvariante ist die für eine Reihenschaltung des ersten und/oder des dritten Wicklungsmoduls notwendige Kontaktierung der jeweiligen Anzapfungen mittels einer mechanisch lösbaren Leiter- und/oder Kabelverbindung realisiert. Eine Änderung der Verschaltung des ersten und dritten Wicklungsmoduls ist typischerweise nur bei langfristigen Änderungen der Netzverhältnisse, beispielsweise bei einer geringfügigen Anhebung der Nennspannung, notwendig. Dies lässt sich besonders einfach während eines turnusmäßigen Wartungszyklus realisieren, beispielsweise indem manuell entsprechende Kabel oder sonstige elektrische Verbindungen mit den jeweils gewünschten Anzapfungen verbunden werden. Hierzu sind beispielsweise Klemm- oder Schraubverbindungen denkbar.

Entsprechend einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Transformatorzusatzwicklung ist zumindest ein Teil der Anzapfungen des ersten und / oder dritten Wicklungsmoduls mit den Eingängen eines jeweiligen Wahlschalters verbunden, so dass die Anzahl der elektrisch mit dem zweiten Wicklungsmodul in Reihe geschalteten ersten beziehungsweise dritten Wicklungssegmente damit festlegbar ist. Diese Variante ist insbesondere dann von Vorteil, wenn auch kurz- oder mittelfristige Änderungen der Netzspannung auftreten können, so dass der Offset des zweiten Wicklungsmoduls entsprechend häufig anzupassen ist. Ein derartiger Wahlschalter ist typischerweise stromlos zu schalten und kann manuell oder auch mit einem Antrieb geschaltet werden. Durch eine Schaltung nur im stromlosen Zustand kann der Wahlschalter entsprechend einfach und auch kompakt ausgestaltet werden. In diesem Fall sind die Anzapfungen des ersten beziehungsweise dritten Wicklungsmoduls beispielsweise mit entsprechenden Schleifkontakten auszurüsten, über welche ein beweglicher Abnehmer führbar ist.

In besonders bevorzugter Weise sind die Anzahl der in Reihe geschalteten Wicklungssegmente des ersten Wicklungsmoduls und die Anzahl der in Reihe geschalteten Wicklungssegmente des dritten Wicklungsmoduls in etwa gleich, idealer Weise identisch. Indem beidseitig des zweiten Wicklungsmoduls eine ähnliche Anzahl von Wicklungssegmenten geschaltet ist, ist die Symmetrie der gesamten Zusatzwicklung

entsprechend begünstigt und das Betriebsverhalten verbessert. Letztendlich ist allerdings nicht die Zahl der aktiv in Reihe geschalteten Wicklungssegmente sondern die Anzahl der aktiv in Reihe geschalteten Windungen der Wicklung ausschlaggebend, da es durchaus erfindungsgemäß vorgesehen ist, innerhalb ein und desselben Wicklungsmoduls auch Wicklungssegmente mit unterschiedlichen Anzahlen an Windungen vorzusehen. Hierdurch würde beispielsweise auch die Flexibilität der Spannungsreglung in vorteilhafter Weise weiter erhöht.

In ebenso bevorzugter Weise erfolgt die Kontaktierung des ersten und/oder dritten Wicklungsmoduls zur jeweiligen Verbindung mit den Anschlüssen des zweiten Wicklungsmoduls an der jeweils außen liegenden, dem zweiten Wicklungsmodul benachbarten Anzapfung. Die Anzapfungen sind an der Wicklungsoberfläche zumeist längs eines Pfades angeordnet, wobei die erste und die letzte Anzapfung jeweils eine äußere Anzapfung bilden. Die Anordnung der Anzapfungen an der Wicklungsoberfläche korreliert zumeist in gewissen Grenzen mit der Anordnung der Wicklungssegmente in der Wicklung. Wenn nun die jeweils dem zweiten Wicklungsmodul geometrisch benachbarte Anzapfung für die elektrische Reihenschaltung verwendet wird, so werden unnötige offene Wicklungssegmente mit letztendlich erhöhtem Potential zwischen aktiven Wicklungssegmenten vermieden. Dies erhöht in vorteilhafter Weise die Betriebssicherheit.

Gemäß einer weiterhin bevorzugten Ausführungsvariante sind das erste und das zweite Wicklungsmodul durch ein gemeinsames Wicklungsmodul mit einer entsprechenden Anzahl an Anzapfungen gebildet. Auf diese Weise ist eine Kontaktierung beider Wicklungsmodule nicht notwendig, da diese ohnehin nicht galvanisch getrennt sind. Dies vereinfacht die Fertigung einer derartigen Zusatzwicklung. Auch ist bei einem gemeinsamen Wicklungsmodul zumeist davon auszugehen, dass erste und zweite Wicklungssegmente eine verschiedene Anzahl von Windungen umfassen. Ebenso vermieden ist hier die Anordnung von offenen Wicklungssegmenten zwischen aktiven Wicklungssegmenten.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird auch gelöst durch eine Transformatorwicklung, umfassend eine erfindungsgemäße Transformatorzusatzwicklung und eine damit elektrisch in Reihe geschaltete Transformatorhauptwicklung. Die Transformator-

hauptwicklung dient hierbei der Einbringung des Hauptanteils der in die Gesamtwicklung induzierten Spannung, beispielsweise 85%, während die Zusatzwicklung beispielsweise maximal 30% zur induzierten Spannung beiträgt, wovon sich beispielsweise je 10% auf erstes, zweites und drittes Wicklungsmodul beziehen. Es ist aber durchaus auch eine Aufteilung von 12%, 6% und 12% denkbar. Die zuvor genannten Vorteile einer erfindungsgemäßen Zusatzwicklung erstrecken sich in vergleichbarer Weise auch auf eine erfindungsgemäße Transformatorwicklung.

Dies gilt in ebensolcher Weise für eine entsprechende dreiphasige Transformatorwicklung und einen Trockentransformator mit erfindungsgemäßer Transformatorwicklung.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen 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 exemplarische erste Transformatorzusatzwicklung

Fig. 2 eine exemplarische zweite Transformatorzusatzwicklung sowie

Fig. 3 ein exemplarisches erstes und zweites Wicklungsmodul in Schnittansicht.

Fig. 1 zeigt eine exemplarische erste Transformatorzusatzwicklung 10 mit einem ersten 12, zweiten 14 und dritten 16 Wicklungsmodul. Die Wicklungsmodule sind zwar als galvanisch getrennt anzunehmen, sind aber typischerweise als auf ein und demselben Wicklungskörper um eine gemeinsame Rotationsachse herum angeordnet anzusehen. Das erste Wicklungsmodul 12 weist drei erste Wicklungssegmente 18 auf, welche galvanisch in Reihe geschaltet sind und zur Kontaktierung mit ihren jeweiligen Anschlüssen als Anzapfungen 24, 26 an die Oberfläche des nicht explizit gezeigten Wicklungskörpers geführt sind. Analog zum ersten Wicklungsmodul 12 ist

ein drittes Wicklungsmodul 16 aufgebaut, welches drei in Reihe geschaltete dritte Wicklungssegmente 22 aufweist, deren Anschlüsse als Anzapfungen 30, 32 an die Oberfläche des nicht gezeigten Wicklungskörpers geführt sind.

Ein zweites Wicklungsmodul 14 umfasst fünf exemplarische elektrisch in Reihe geschaltete zweite Wicklungssegmente 20, deren Anschlüsse als Anzapfungen 28 an die Oberfläche des nicht gezeigten Wicklungskörpers geführt sind. Die Anzapfungen 28 des zweiten Wicklungsmoduls 14 sind elektrisch mit den Eingängen eines Stufenschalters 34 verbunden, welcher wahlweise eine der Anzapfungen 28 elektrisch mit seinem Ausgang verbindet. Dies geschieht mittels eines in Pfeilrichtung 38 beweglichen Kontaktes 36, welcher mit an den Anzapfungen verbundenen Schleifkontakten eine jeweilige elektrische Verbindung herstellt. Die Anschlüsse 40, 42 des zweiten Wicklungsmoduls 14 sind durch eine außen liegende Anzapfung und den Ausgang eines Stufenschalters 34 gebildet. Mittels der Kontaktierungen 44, 46 sind die Anschlüsse 40, 42 galvanisch mit den jeweils außen liegenden und den dem zweiten Wicklungsmodul 14 benachbarten Anzapfungen 26, 32 des ersten 12 und dritten 16 Wicklungsmoduls verbunden. Die Kontaktierungen 44, 46 sind beispielsweise Isolierte Kabel oder aber auch Kupferstangen oder sonstige Leiter. Somit sind die Wicklungsmodule 12, 14, 16 elektrisch in Reihe geschaltet.

Die Anzapfungen 24, 28 des ersten Wicklungsmoduls 12 sind mit entsprechenden Kontaktiervorrichtungen versehen, so dass mittels einer Kontaktierung 52 wahlweise eine elektrische Verbindung zu einem ersten Anschluss 48 der Transformatorzusatzwicklung herstellbar ist. Dies kann sowohl mittels einer manuell anzuordnenden und zu befestigenden Kabel- oder Leiterverbindung erfolgen, oder aber auch mittels eines Wahlschalters, welcher elektrisch gesehen dieselbe Funktion erfüllt. Dieser ist vorzugsweise derart ausgestaltet, dass er nur im stromlosen Zustand schaltet, um so dessen konstruktiven Aufwand zu senken. In analoger Weise sind die Anzapfungen 30, 32 des dritten Wicklungsmoduls 22 mittels einer Kontaktierung mit einem zweiten Anschluss 50 der Transformatorzusatzwicklung verbindbar. Ein Anschluss der Transformatorzusatzwicklung erfolgt somit über ihre beiden Anschlüsse 48, 50.

Fig. 2 zeigt eine exemplarische zweite Transformatorzusatzwicklung 60. Diese entspricht in ihren wesentlichen Komponenten der ersten Transformatorwicklung 10 aus

Fig. 1. Jedoch sind in diesem Beispiel das erste und das zweite Wicklungsmodul in einem gemeinsamen Wicklungsmodul 62 zusammengefasst. Dieses ist von einem dritten Wicklungsmodul 64 jedoch galvanisch getrennt. Diese Trennung ist notwendig, um den Ausgang des Stufenschalters in das dritte Wicklungsmodul einführen zu können, und einen Kurzschluss mit den nicht aktiven zweiten Wicklungssegmenten im hinteren (in der Fig. rechts gezeigten) Bereich des gemeinsamen Wicklungsmoduls 62 zu vermeiden.

Fig. 3 ein exemplarisches erstes und zweites Wicklungsmodul in einer Schnittansicht 70. Diese Schnittansicht kommt dem realen Aufbau einer erfindungsgemäßen Transformatorzusatzwicklung relativ nah, da hier der lagenweise gewickelte Aufbau um eine Wickelachse 90 dargestellt ist. Ein exemplarisches erstes Wicklungsmodul ist mit der Bezugsziffer 72 angedeutet und ein zweites exemplarisches Wicklungsmodul mit der Bezugsziffer 74. Die durchgezogenen Linien, mit welchen die Wicklungsmodule 72, 74 dargestellt sind, beschreiben jedoch keinen elektrischen Leiter, sondern vielmehr das Wickelschema eines um die Wickelachse 90 gewickelten Leiters, also den Querschnittsverlauf von nebeneinander angeordneten Leiterabschnitten. Der Leiter ist in mehreren Wickellagen 80, 82, 84, 86, 88 mäanderförmig vom radial inneren Bereich zum radial äußeren Bereich gewickelt. Das erste Wicklungsmodul 72, welches im Wesentlichen auch einem dritten Wicklungsmodul entsprechen würde, weist drei exemplarische Anzapfungen 76 auf. Das zweite Wicklungsmodul 74 weist neun exemplarische Anzapfungen 78 auf, welche dann mit einem nicht gezeigten Stufenschalter zu verbinden sind. Die Zahl der Wicklungen der zwischen benachbarten Anzapfungen verschalteten Wicklungssegmente ist bei dem ersten Wicklungsmodul 72 deutlich höher als bei dem zweiten Wicklungsmodul 74, da dies nur der Offsetfestlegung des Spannungsregelbandes des zweiten Wicklungsmoduls dient, welche typischerweise weniger fein abgestuft sein muss.

Bezugszeichenliste

10	exemplarische erste Transformatorzusatzwicklung
12	erstes Wicklungsmodul
14	zweites Wicklungsmodul
16	drittes Wicklungsmodul
18	Wicklungssegmente des ersten Wicklungsmoduls
20	Wicklungssegmente des zweiten Wicklungsmoduls
22	Wicklungssegmente des dritten Wicklungsmoduls
24	Anzapfungen des ersten Wicklungsmoduls
26	außen liegende zweitem Wicklungsmodul benachbarte Anzapfung
28	Anzapfungen des zweiten Wicklungsmoduls
30	Anzapfungen des dritten Wicklungsmoduls
32	außen liegende zweitem Wicklungsmodul benachbarte Anzapfung
34	Stufenschalter
36	beweglicher Kontakt
38	Bewegungsrichtung des Kontaktes
40	erster Anschluss zweites Wicklungsmodul
42	zweiter Anschluss zweites Wicklungsmodul
44	Kontaktierung zwischen erstem und zweiten Wicklungsmodul
46	Kontaktierung zwischen zweitem und dritten Wicklungsmodul
48	erster Anschluss der Transformatorzusatzwicklung
50	zweiter Anschluss der Transformatorzusatzwicklung
52	Kontaktierung des ersten Anschlusses der Transformatorzusatzwicklung
54	Kontaktierung des zweiten Anschlusses der Transformatorzusatzwicklung
60	exemplarische zweite Transformatorzusatzwicklung
62	gemeinsames Wicklungsmodul
64	drittes Wicklungsmodul
70	exemplarisches erstes und zweites Wicklungsmodul in Schnittansicht
72	exemplarisches erstes Wicklungsmodul
74	exemplarisches zweites Wicklungsmodul
76	Anzapfungen von erstem Wicklungsmodul
78	Anzapfungen von zweitem Wicklungsmodul
80	erste Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul

- 82 zweite Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul
- 84 dritte Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul
- 86 vierte Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul
- 88 fünfte Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul
- 90 Wickelachse

Patentansprüche

1. *Transformatorwicklung, umfassend eine Transformatorhauptwicklung und eine damit elektrisch in Reihe geschaltete Transformatorzusatzwicklung (10, 60), ihrerseits umfassend ein erstes (12, 72), zweites (14, 74) und drittes (16, 64) Wicklungsmodul mit jeweils wenigstens einem ersten (18), zweiten (20) beziehungsweise dritten (22) jeweilige Anzapfungen (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78) aufweisenden Wicklungssegment (18, 20, 22), einen mit den Anzapfungen (28, 76) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 78) verbundenen Stufenschalter (34), wobei die Anschlüsse (40, 42) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 78) durch eine außen liegende Anzapfung und den Ausgang des Stufenschalters (34) gebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Wicklungsmodul (14, 78) an seinen beiden Anschlüssen (40, 42) mit wenigstens einem Wicklungssegment (18, 22) des ersten (12, 72) und dritten (16, 64) Wicklungsmoduls verbunden und elektrisch in Reihe geschaltet (44, 46) ist.*

2. *Transformatorwicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Wicklungsmodul (14, 78) eine Mehrzahl an elektrisch in Reihe geschalteten Wicklungssegmenten (20) aufweist.*

3. *Transformatorwicklung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste (12, 72) und das dritte (16, 64) Wicklungsmodul eine Mehrzahl an elektrisch in Reihe geschalteten Wicklungssegmenten (18 bzw. 22) aufweisen.*

4. *Transformatorwicklung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die für eine Reihenschaltung des ersten und/oder des dritten Wicklungsmoduls notwendige Kontaktierung (44, 46, 52, 54) der jeweiligen Anzapfungen (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78) mittels einer mechanisch lösbaren Leiter- und/oder Kabelverbindung realisiert ist.*

5. *Transformatorwicklung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Anzapfungen (24, 26, 30, 32, 76) des*

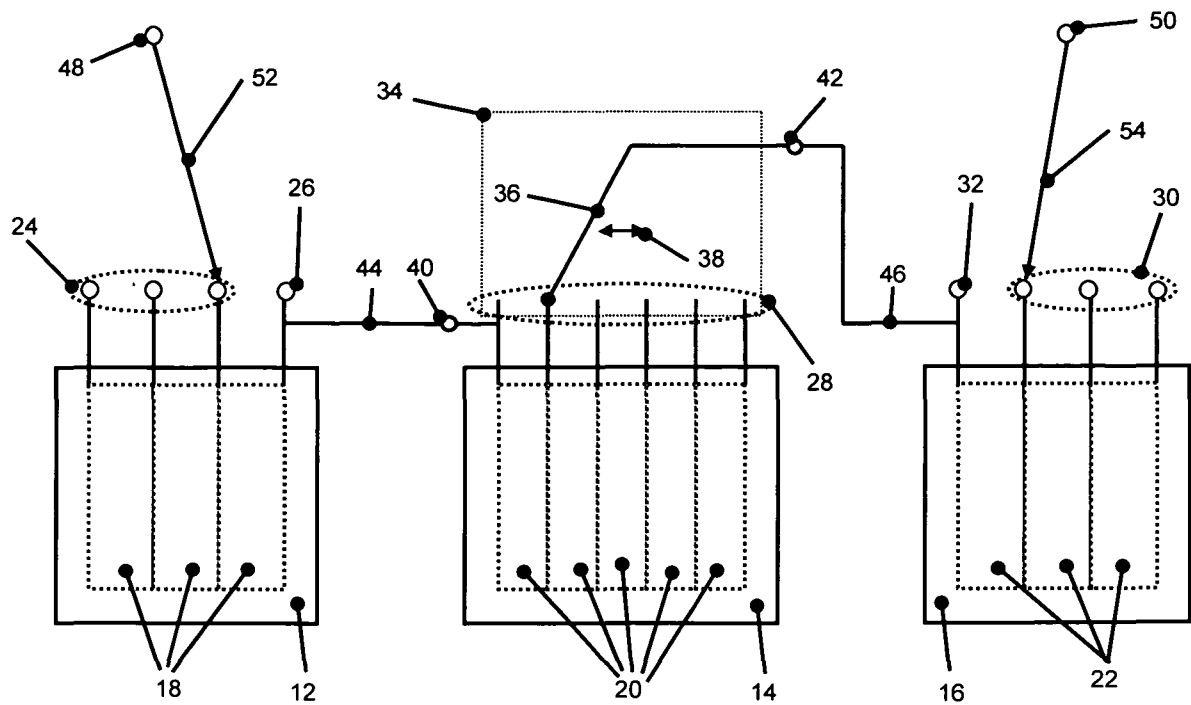
ersten (12, 72) und / oder dritten (16, 64) Wicklungsmoduls mit den Eingängen eines jeweiligen Wahlschalters verbunden sind, so dass die Anzahl der elektrisch mit dem zweiten Wicklungsmodul (14, 74) in Reihe geschalteten Wicklungssegmente (18, 22) damit festlegbar ist.

6. *Transformatorwicklung* nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der in Reihe geschalteten Wicklungssegmente (18) des ersten Wicklungsmoduls (12, 72) und die Anzahl der in Reihe geschalteten Wicklungssegmente (22) des dritten Wicklungsmoduls (16, 64) in etwa gleich, bevorzugter Weise identisch sind.

7. *Transformatorwicklung* nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktierung (44, 46) des ersten (12, 72) und/oder dritten (16, 64) Wicklungsmoduls zur jeweiligen Verbindung mit den Anschlüssen des zweiten Wicklungsmoduls (14, 74) an der jeweils außen liegenden, dem zweiten Wicklungsmodul (14, 74) benachbarten Anzapfung (26, 32) erfolgt.

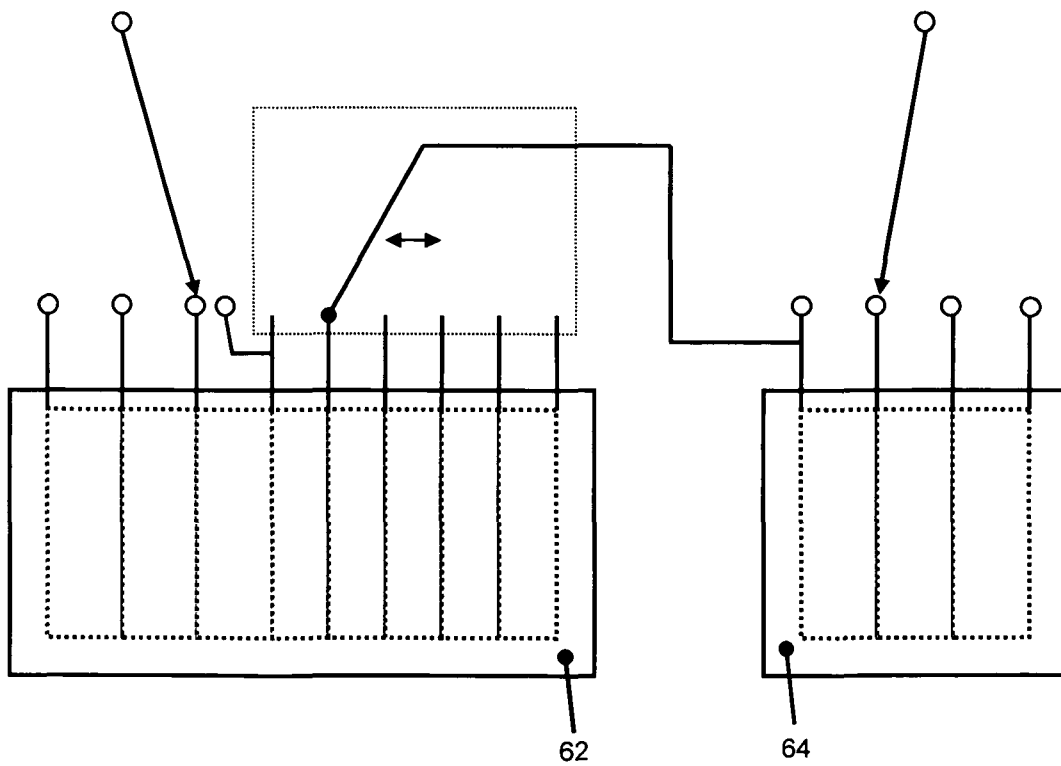
8. *Transformatorwicklung* nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese dreiphasig ausgeführt ist.

9. Trockentransformator, umfassend einen Transformator Kern und eine Transformatorwicklung nach einem der Ansprüche 1 oder 8.



10

Fig. 1



60

Fig. 2

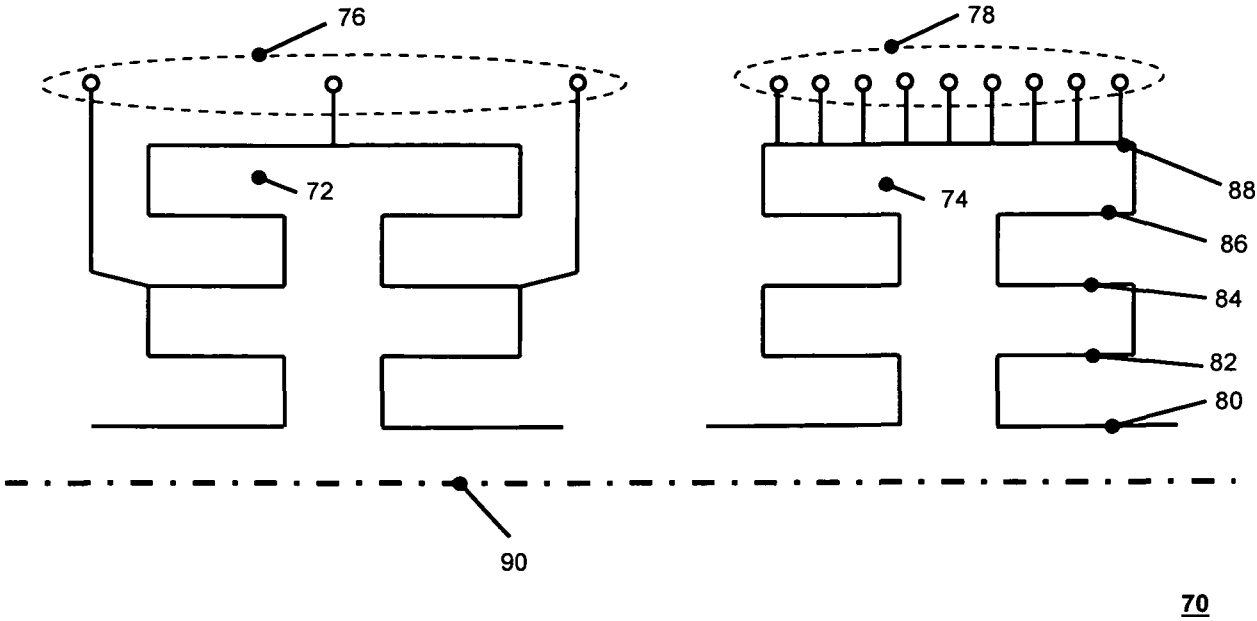


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/001506

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01F29/02 H01H9/00
ADD.

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 H01H

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 practicable, 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.
A	US 3 176 089 A (ALEXANDER BLEIBTREU ET AL) 30 March 1965 (1965-03-30) figure 4 columns 1,4,5 -----	1-9
A	EP 1 727 257 A1 (ABB SP ZO O [PL]) 29 November 2006 (2006-11-29) the whole document -----	1-9
A	DE 39 36 937 A1 (SIEMENS AG [DE]) 8 May 1991 (1991-05-08) the whole document -----	1-9
A	DE 26 20 211 A1 (TRANSFORMATOREN UNION AG) 22 December 1977 (1977-12-22) the whole document -----	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 June 2012

Date of mailing of the international search report

13/06/2012

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

Weisser, Wolfgang

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/001506

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3176089	A	30-03-1965	AT 229436 B 10-09-1963
			BE 619135 A1 15-10-1962
			CH 397073 A 15-08-1965
			DE 1185715 B 21-01-1965
			GB 953497 A 25-03-1964
			NL 123797 C 01-06-2012
			NL 279997 A 01-06-2012
			US 3176089 A 30-03-1965

EP 1727257	A1	29-11-2006	CN 201126957 Y 01-10-2008
			CZ 19539 U1 29-04-2009
			EP 1727257 A1 29-11-2006
			ES 1066799 U 01-03-2008
			RU 74014 U1 10-06-2008
			WO 2006126904 A1 30-11-2006

DE 3936937	A1	08-05-1991	NONE

DE 2620211	A1	22-12-1977	DE 2620211 A1 22-12-1977
			JP 52136319 A 15-11-1977

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01F29/02 H01H9/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01F H01H

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.
A	US 3 176 089 A (ALEXANDER BLEIBTREU ET AL) 30. März 1965 (1965-03-30) Abbildung 4 Spalten 1,4,5	1-9
A	EP 1 727 257 A1 (ABB SP ZO O [PL]) 29. November 2006 (2006-11-29) das ganze Dokument	1-9
A	DE 39 36 937 A1 (SIEMENS AG [DE]) 8. Mai 1991 (1991-05-08) das ganze Dokument	1-9
A	DE 26 20 211 A1 (TRANSFORMATOREN UNION AG) 22. Dezember 1977 (1977-12-22) das ganze Dokument	1-9



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Juni 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

13/06/2012

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

Weisser, Wolfgang

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/001506

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3176089	A	30-03-1965	AT 229436 B 10-09-1963
		BE 619135 A1 15-10-1962	
		CH 397073 A 15-08-1965	
		DE 1185715 B 21-01-1965	
		GB 953497 A 25-03-1964	
		NL 123797 C 01-06-2012	
		NL 279997 A 01-06-2012	
		US 3176089 A 30-03-1965	
EP 1727257	A1	29-11-2006	CN 201126957 Y 01-10-2008
			CZ 19539 U1 29-04-2009
			EP 1727257 A1 29-11-2006
			ES 1066799 U 01-03-2008
			RU 74014 U1 10-06-2008
			WO 2006126904 A1 30-11-2006
DE 3936937	A1	08-05-1991	KEINE
DE 2620211	A1	22-12-1977	DE 2620211 A1 22-12-1977
			JP 52136319 A 15-11-1977