



(11)

EP 2 528 072 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.12.2016 Patentblatt 2016/51

(51) Int Cl.:
H01F 29/02 ^(2006.01) **H01H 9/00** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11004288.4**

(22) Anmeldetag: **25.05.2011**

(54) Transformatorwicklung

Transformer winding

Enroulement de transformateur

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.11.2012 Patentblatt 2012/48

(73) Patentinhaber: **ABB Schweiz AG
5400 Baden (CH)**

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

• **Tepper, Jens
59929 Brilon (DE)**
• **Chudobba, Udo
59929 Brilon (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 727 257 DE-A1- 2 620 211
DE-A1- 3 936 937 US-A- 3 176 089**

EP 2 528 072 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Transformatorwicklung, umfassend eine Transformatorhauptwicklung und eine damit in Reihe geschaltete Transformatorzusatzwicklung, ihrerseits umfassend ein erstes, zweites und drittes, Wicklungsmodul mit jeweils wenigstens einem ersten, zweiten beziehungsweise dritten jeweilige Anzapfungen aufweisenden Wicklungssegment, und 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.

[0002] 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 zumeist 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.

[0003] Eine derartige Regelfähigkeit wird zunehmend auch bei sogenannten Trockentransformatoren gefordert. Trockentransformatoren weisen beispielsweise bei Nennspannungen 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.

[0004] Als nachteilig erweist es sich daher, dass die aus dem Öltransformatorbereich bekannten Stufenschalteranordnungen nicht oder nur unter unverhältnismäßig hohem Aufwand auf Trockentransformatoren

übertragbar

[0005] DE 26 20 211 offenbart eine Transformatorwicklung umfassend eine Transformatorhauptwicklung (2) und eine damit elektrisch in Reihe geschaltete Transformatorzusatzwicklung (8) mit einem Wicklungsmodul (8) bestehend aus mehreren Wicklungssegmenten und mit einem Stufenschalter.

[0006] EP 1 727 257 A1 und DE 39 36 937 A1 offenbaren eine Transformatorwicklung umfassend eine Transformatorhauptwicklung und eine Transformatorzusatzwicklung umfassend mehrere Wicklungsmodule.

[0007] US 3 176 089 (Fig.4) offenbart eine Transformatorwicklung, umfassend ein erstes (100 (oben)), zweites (100 (mittig)) und drittes (100 (unten)) Wicklungsmodul mit jeweils wenigstens einem ersten, zweiten beziehungsweise dritten jeweilige Anzapfungen aufweisenden Wicklungssegment, und einen mit den Anzapfungen des zweiten Wicklungsmoduls verbundenen Stufenschalter (30/15), wobei die Anschlüsse des zweiten Wicklungsmoduls durch eine außen liegende Anzapfung und den Ausgang des Stufenschalters gebildet sind, wobei das zweite Wicklungsmodul an seinen beiden Anschlüssen mit dem ersten und dritten Wicklungsmodul verbunden und elektrisch in Reihe geschaltet ist.

[0008] 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 Transformatorwicklung, umfassend eine Transformatorhauptwicklung und eine damit in Reihe geschaltete

[0009] Transformatorzusatzwicklung, gemäss Anspruch 1.

[0010] 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.

[0011] 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 prozentualen 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 netzin-

frastrukturbedingte 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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 Anzapfstellungen.

[0015] 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 Regelungsband 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 +/-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.

[0016] 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 Wicklungssegmente je Wicklungsmodul ergeben, welche beispielsweise einen Hub von je 2,5% der Nennspannung aufweisen.

[0017] Gemäß einer weiteren Erfindungsvariante ist die für eine Reihenschaltung des ersten und/oder des dritten Wicklungsmoduls notwendige Kontaktierung der jeweiligen Anzapfungen mittels einer mechanisch lösba- ren 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.

[0018] 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.

[0019] 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.

[0020] 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. Die Transformatorhauptwicklung 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.

[0021] Dies gilt in ebensolcher Weise für eine entsprechende dreiphasige Transformatorwicklung und einen

Trockentransformator mit erfindungsgemäßer Transformatorwicklung.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungsmöglichkeiten sind den weiteren abhängigen Ansprüchen zu entnehmen.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] Die Anzapfungen 24, 28 des ersten Wicklungs-

moduls 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.

[0027] 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.

[0028] 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

[0029]

5	10	exemplarische erste Transformatorzusatzwicklung
	12	erstes Wicklungsmodul
10	14	zweites Wicklungsmodul
	16	drittes Wicklungsmodul
	18	Wicklungssegmente des ersten Wicklungsmoduls
15	20	Wicklungssegmente des zweiten Wicklungsmoduls
	22	Wicklungssegmente des dritten Wicklungsmoduls
20	24	Anzapfungen des ersten Wicklungsmoduls
	26	außen liegende zweitem Wicklungsmodul benachbarte Anzapfung
25	28	Anzapfungen des zweiten Wicklungsmoduls
	30	Anzapfungen des dritten Wicklungsmoduls
30	32	außen liegende zweitem Wicklungsmodul benachbarte Anzapfung
	34	Stufenschalter
35	36	beweglicher Kontakt
	38	Bewegungsrichtung des Kontaktes
	40	erster Anschluss zweites Wicklungsmodul
40	42	zweiter Anschluss zweites Wicklungsmodul
	44	Kontaktierung zwischen erstem und zweitem Wicklungsmodul
45	46	Kontaktierung zwischen zweitem und drittem Wicklungsmodul
	48	erster Anschluss der Transformatorzusatzwicklung
50	50	zweiter Anschluss der Transformatorzusatzwicklung
55	52	Kontaktierung des ersten Anschlusses der Transformatorzusatzwicklung
	54	Kontaktierung des zweiten Anschlusses der

	Transformatorzusatzwicklung		ten Anschluss (40) mit wenigstens einem Wicklungssegment (18) des ersten Wicklungsmoduls (12, 72) und an seinem anderen genannten Anschluss (42) mit wenigstens einem Wicklungssegment (22) des dritten Wicklungsmoduls (16, 64) verbunden und elektrisch in Reihe geschaltet (44, 46) ist.
60	exemplarische zweite Transformatorzusatzwicklung	5	
62	gemeinsames Wicklungsmodul		
64	drittes Wicklungsmodul		2. Transformatorwicklung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Wicklungsmodul (14, 74) eine Mehrzahl an elektrisch in Reihe geschalteten Wicklungssegmenten (20) aufweist.
70	exemplarisches erstes und zweites Wicklungsmodul in Schnittansicht	10	
72	exemplarisches erstes Wicklungsmodul		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.
74	exemplarisches zweites Wicklungsmodul	15	
76	Anzapfungen von erstem Wicklungsmodul		
78	Anzapfungen von zweitem Wicklungsmodul	20	4. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden 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.
80	erste Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul		
82	zweite Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul	25	
84	dritte Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul		5. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden 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.
86	vierte Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul	30	
88	fünfte Wicklungslage von zweitem Wicklungsmodul	35	
90	Wickelachse		
Patentansprüche			6. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden 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) identisch sind.
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), und einen mit den Anzapfungen (28, 76) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 74) verbundenen Stufenschalter (34), welcher wahlweise eine der Anzapfungen (28, 76) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 74) elektrisch mit seinem Ausgang verbindet, wobei die Anschlüsse (40, 42) des zweiten Wicklungsmoduls (14, 74) durch eine außen liegende Anzapfung und den Ausgang des Stufenschalters (34) gebildet sind, wobei das zweite Wicklungsmodul (14, 74) an seinem ersten genann-	40 45 50 55	7. Transformatorwicklung nach einem der vorangehenden 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 vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass diese dreiphasig ausgeführt ist.

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

Claims

1. Transformer winding, comprising a main transformer winding and a supplementary transformer winding (10, 60) connected electrically in series therewith and for its part comprising a first winding module (12, 72), a second winding module (14, 74) and a third winding module (16, 64), each having at least a first (18), a second (20) and a third (22) winding segment (18, 20, 22) having respective taps (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78), and an on-load tap changer (34), which is connected to the taps (28, 76) of the second winding module (14, 74) and optionally connects one of the taps (28, 76) of the second winding module (14, 74) electrically to its output, wherein the connections (40, 42) of the second winding module (14, 74) are formed by an outer tap and the output of the on-load tap changer (34), wherein the second winding module (14, 74) is connected at its first-mentioned connection (40) to at least one winding segment (18) of the first winding module (12, 72) and at its other mentioned connection (42) to at least one winding segment (22) of the third winding module (16, 64) and is connected electrically in series therewith (44, 46).
2. Transformer winding according to Claim 1, **characterized in that** the second winding module (14, 74) has a plurality of winding segments (20) which are connected electrically in series.
3. Transformer winding according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the first winding module (12, 72) and the third winding module (16, 64) have a plurality of winding segments (18 and 22) connected electrically in series.
4. Transformer winding according to one of the preceding claims, **characterized in that** the contact-making (44, 46, 52, 54) of the respective taps (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78) which is required for producing a series circuit comprising the first and/or third winding module is implemented by means of a mechanically detachable conductor and/or cable connection.
5. Transformer winding according to one of the preceding claims, **characterized in that** at least some of the taps (24, 26, 30, 32, 76) of the first winding module (12, 72) and/or the third winding module (16, 64) are connected to the inputs of a respective selector switch, with the result that the number of winding segments (18, 22) connected electrically in series with the second winding module (14, 74) can thus

be fixed.

6. Transformer winding according to one of the preceding claims, **characterized in that** the number of winding segments (18) connected in series of the first winding module (12, 72) and the number of winding segments (22) connected in series of the third winding module (16, 64) are identical.
7. Transformer winding according to one of the preceding claims, **characterized in that** the contact-making (44, 46) of the first winding module (12, 72) and/or the third winding module (16, 64) with respect to the respective connection to the connections of the second winding module (14, 74) is performed at the respectively outer tap (26, 32) adjacent to the second winding module (14, 74).
8. Transformer winding according to one of the preceding claims, **characterized in that** said transformer winding has a three-phase design.
9. Dry-type transformer, comprising a transformer core and a transformer winding according to either of Claims 1 and 8.

Revendications

1. Enroulement de transformateur, comprenant un enroulement principal de transformateur et un enroulement supplémentaire de transformateur (10, 60) branché en série avec celui-ci, comprenant de son côté un premier (12, 72), un deuxième (14, 74) et un troisième (16, 64) module d'enroulement comportant respectivement au moins un premier (18), un deuxième (20) ou un troisième (22) segment d'enroulement (18, 20, 22) possédant des prises (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78) respectives et un commutateur à gradins (34) relié aux prises (28, 76) du deuxième module d'enroulement (14, 74), lequel relie électriquement l'une des prises (28, 76), au choix, du deuxième module d'enroulement (14, 74) à sa sortie, les bornes (40, 42) du deuxième module d'enroulement (14, 74) étant formées par une prise se trouvant à l'extérieur et la sortie du commutateur à gradins (34), le deuxième module d'enroulement (14, 74) étant relié et branché électriquement en série (44, 46) avec au moins un segment d'enroulement (18) du premier module d'enroulement (12, 72) au niveau de sa première borne (40) citée et avec au moins un segment d'enroulement (22) du troisième module d'enroulement (16, 64) au niveau de son autre borne (42) citée.
2. Enroulement de transformateur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le deuxième module d'enroulement (14, 74) possède une pluralité de seg-

ments d'enroulement (20) branchés électriquement en série.

3. Enroulement de transformateur selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le premier (12, 72) et le troisième (16, 64) modules d'enroulement possèdent une pluralité de segments d'enroulement (18 ou 22) branchés en série. 5

4. Enroulement de transformateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mise en contact (44, 46, 52, 54) des prises (24, 26, 28, 30, 32, 76, 78) respectives nécessaire pour le branchement en série du premier et/ou du deuxième module d'enroulement est réalisée au moyen d'une liaison par conducteur et/ou par câble détachable mécaniquement. 10 15

5. Enroulement de transformateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moins une partie des prises (24, 26, 30, 32, 76) du premier (12, 72) et/ou du troisième (16, 64) modules d'enroulement sont reliées aux entrées d'un commutateur de sélection correspondante, de sorte que le nombre de segments d'enroulement (18, 22) branchés électriquement en série avec le deuxième module d'enroulement (14, 74) peut ainsi être défini. 20 25

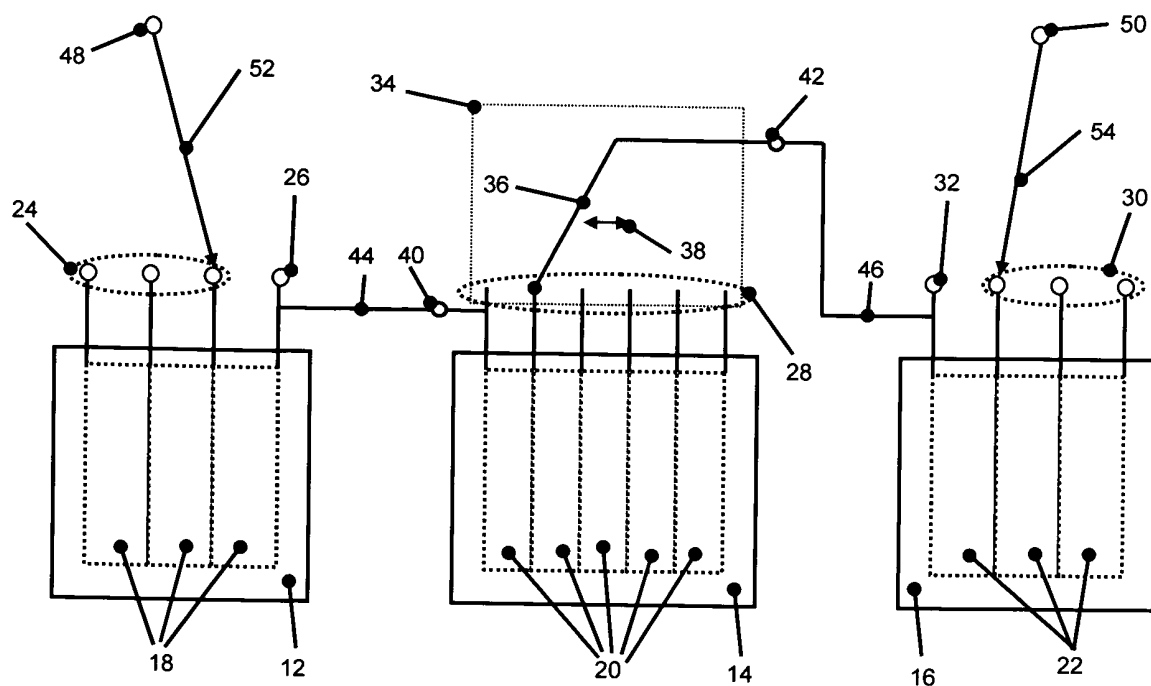
6. Enroulement de transformateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le nombre de segments d'enroulement (18) du premier module d'enroulement (12, 72) branchés en série et le nombre de segments d'enroulement (22) du troisième module d'enroulement (16, 64) branchés en série sont identiques. 30 35

7. Enroulement de transformateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la mise en contact (44, 46) du premier (12, 72) et/ou du troisième (16, 64) modules d'enroulement en vue de la liaison respective avec les bornes du deuxième module d'enroulement (14, 74) s'effectue au niveau de la prise (26, 32) respectivement extérieure, voisine du deuxième module d'enroulement (14, 74). 40 45

8. Enroulement de transformateur selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** celui-ci est réalisé triphasé.

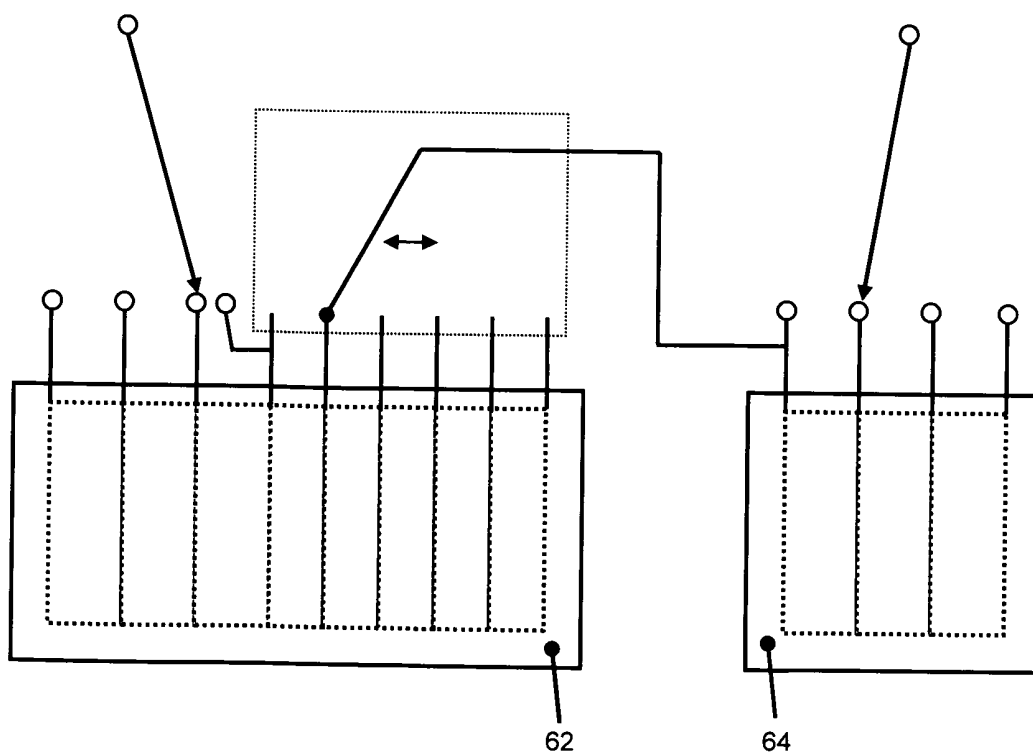
9. Transformateur sec, comprenant un noyau de transformateur et un enroulement de transformateur selon l'une des revendications 1 ou 8. 50

55



10

Fig. 1



60

Fig. 2

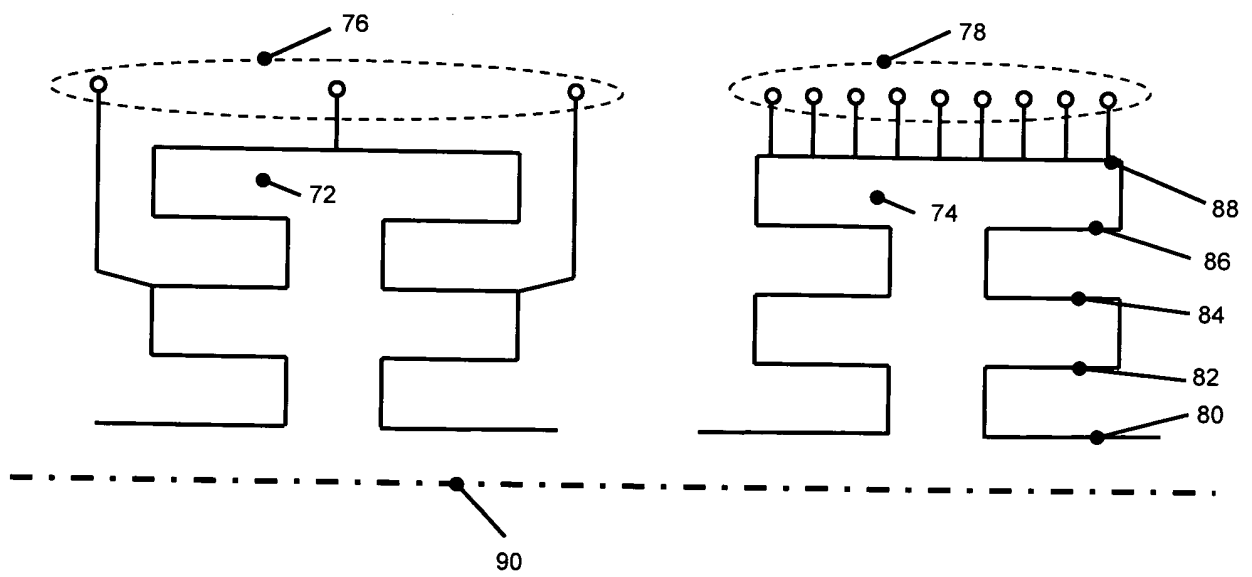


Fig. 3

70

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2620211 [0005]
- EP 1727257 A1 [0006]
- DE 3936937 A1 [0006]
- US 3176089 A [0007]