(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 815 411 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
31.05.2017 Patentblatt 2017/22

(21) Anmeldenummer: **13700690.4**

(22) Anmeldetag: **15.01.2013**

(51) Int Cl.:
H01F 29/02 *(2006.01)* ***H01F 29/04*** *(2006.01)*
H01F 5/00 *(2006.01)* ***H01H 9/00*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/050611

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2013/120642 (22.08.2013 Gazette 2013/34)

(54) **TRANSFORMATOR MIT STUFENSCHALTEINRICHTUNG**

TRANSFORMER WITH ON-LOAD TAP-CHANGING DEVICE

TRANSFORMATEUR ÉQUIPÉ D'UN SYSTÈME DE COMMUTATION À GRADINS

(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

(30) Priorität: **13.02.2012 DE 102012202105**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.12.2014 Patentblatt 2014/52

(73) Patentinhaber: **Maschinenfabrik Reinhausen GmbH**
93059 Regensburg (DE)

(72) Erfinder:
- **VON BLOH, Jochen**
  52072 Aachen (DE)
- **KARRER, Volker**
  93055 Regensburg (DE)
- **DOHNAL, Dieter**
  93138 Lappersdorf (DE)
- **VIERECK, Karsten**
  93059 Regensburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 294 653
DE-B3-102009 060 132
GB-A- 2 424 766
US-A- 3 668 511

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).

EP 2 815 411 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Transformator mit Stufenschalteinrichtung zur unterbrechungslosen Umschaltung zwischen Teilen einer Regelwicklung des Transformators.

[0002] Stufenschalteinrichtungen zur unterbrechungslosen Umschaltung zwischen Wicklungsanzapfungen eines Stufentransformators sind seit vielen Jahren bekannter Stand der Technik. Die entsprechenden Stufentransformatoren, an denen geregelt werden soll, weisen primär- oder auch sekundärseitig eine gestufte Regelwicklung auf. Die Wicklung auf der zur regelnden Seite des Transformators besteht insgesamt aus einem festen Teil, der Stammwicklung, und der eigentlichen Regelwicklung, die mehrere Wicklungsanzapfungen besitzt. Dies ist beispielweise ausführlich erläutert in der Publikation "Axel Krämer: On-Load Tap-Changers for Power Transformers", veröffentlicht 2000.

[0003] Ein weiteres Beispiel eines Transformators mit Stufenschaltung ist aus GB 2424766 bekannt. Diese Patentschrift offenbart, dass die Stufenschalteinrichtung Kondensatoren, Spulen und Widerstände umfasst, die einen Resonanzkreis bilden.

[0004] Es ist also etablierter Stand der Technik, dass der zu regelnde Stufentransformator auf seiner zu regelnden Seite eine Stammwicklung und in Reihe dazu eine gestufte Regelwicklung aufweist.

[0005] Nach dem frühere Stufeneinrichtungen mechanische Schaltelemente zur Umschaltung zwischen den einzelne Wicklungsanzapfungen der Regelwicklung aufwiesen, haben sich seit einer Reihe von Jahren Vakuumschaltelemente etabliert. In jüngster Zeit schließlich sind auch Halbleiter-Schaltelemente zur unterbrechungslosen Umschaltung zwischen derartigen Wicklungsanzapfungen vorgeschlagen worden. Solche Halbleiter-Schaltelemente besitzen zahlreiche Vorteile; ein Umschalten ist ohne mechanische Bauteile möglich, sie sind jedoch relativ empfindlich gegenüber Überspannungen. Beim Stand der Technik sind solche Halbleiter-Schaltelemente stets einer hohen Belastung bei einer Blitzspannungsbeanspruchung bei der Prüfung des Transformators sowie bei Transienten im Netz (z.B. beim Schalten von SF_6-/Vakuumleistungsschaltern) ausgesetzt.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Transformator mit einer Stufenschalteinrichtung anzugeben, bei dem die elektrische Belastung der in der Stufenschalteinrichtung verwendeten Halbleiter-Schaltelemente minimiert wird.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Erfindung gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung.

[0008] Die Erfindung liegt die allgemeine Idee zugrunde, die nach dem Stand der Technik einheitliche Stammwicklung auf der zu regelnden Seite des Transformators in zwei gleiche Wicklungsteile aufzuteilen und zwischen diesen Wicklungsteilen die Regelwicklung und an dieser wiederum die entsprechende Stufenschalteinrichtung vorzusehen.

[0009] Diese Erfindung bietet gegenüber dem Stand der Technik zahlreiche Vorteile. Zunächst einmal können die Halbleiter-Schaltelemente nicht mehr mit der vollen Amplitude der Blitzspannungswelle belastet werden, da die jeweilige Impedanz der halben Stammwicklung vorgeschaltet ist. Da der quasi vorgeschaltete Teil der Stammwicklung auch einen Teil der Energie der Blitzspannungswelle aufnimmt, kann die Schutzbeschaltung der Schaltelemente auch kleiner dimensioniert werden, was zu Kosten- und Platzeinsparung führt. Weiterhin können auch Halbleiter-Schaltelemente mit kleinerer Blockier-/Sperrspannung eingesetzt werden, da diese in erster Linie nach der Blitzspannungsbelastung zu dimensionieren sind und nicht nach der Stehwechselspannung.

[0010] Da der vorgeschaltete Teil der geteilten Stammwicklung erfindungsgemäß wie eine Drossel für schnelle Transienten auf der Netzleitung wirkt, werden die Halbleiter-Schaltelemente auch in diesem Fall nicht mit der vollen Amplitude und Flankensteilheit belastet, da die einzelnen Wicklungsteile wie eine vorgeschaltete Drossel dämpfend wirken.

Besonders vorteilhaft ist das Wicklungsdesign für die geteilte Stammwicklung symmetrisch ausgelegt; dadurch wird die Kraftwirkung im Kurzschlussfall minimiert.

Die Fertigung der beiden Teile der erfindungsgemäß geteilten Stammwicklung kann vorteilhaft auf einzelne Lagen aufgeteilt werden.

[0011] Die Erfindung soll nachfolgend an Hand von Zeichnungen noch näher erläutert werden. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäße Transformators mit Stufenschalteinrichtung
- Fig.2 eine weitere Ausführungsform der Erfindung
- Fig.3 einen Tabelle der bei der Ausführung gem. Figur 2 erzielbaren Spannungsstufen
- Fig. 4 eine dritte Ausführungsform der Erfindung

[0012] Figur 1 zeigt in einer ersten Ausführungsform der Erfindung einen Transformator, dessen Primär- und Sekundärseite durch eine schematisch angedeutete Strichpunktlinie voneinander getrennt sind. Auf der linken Seite der Darstellung ist die Primärseite gezeigt, an der geregelt werden soll. Erfindungsgemäß ist eine geteilte Stammwicklung vorgesehen, die aus zwei identischen Stammwicklungsteilen 1, 2 besteht. Dazwischen ist eine Stufenschalteinrichtung 3 angeordnet, die durch eine Strichlinie symbolisiert ist. Die Stufenschalteinrichtung 3 weist hier, als den einfachsten Fall, eine Regelwicklung 4 auf, die von Schaltelementen S in Form einer Brücke umgeben ist. Als Schaltelemente S sind beispielsweise antiparallele Thyristorpaare, IGBTs o.ä. Halbleiter-Schaltelemente, einsetzbar. Bei diesem einfachsten Fall der Erfindung ist die Regelwicklung 4 zu-

oder abschaltbar. Gezeigt ist hier noch ein Schalter 5, ein sogenannter Black-Start-Schalter, der sicherstellt, dass der Transformator auch bei Ausfall des Reglers bzw. des Ausfalls von Halbleiter-Schaltelementen weiter betrieben werden kann.

Auf der rechten Seite ist die Sekundärwicklung 6 angedeutet. Mit 7 und 8 sind Anfang und Ende des gesamten Wicklungsaufbaus auf der Primärseite bezeichnet.

[0013] Fig. 2 zeigt eine weiterentwickelte Ausführungsform der Erfindung. Hierbei besteht die Stufenschaltereinrichtung 3 aus aufgeteilten Regelwicklungen W1, W2, W3.

Die Stufenschalteinrichtung 3 besteht hier aus drei einzelnen Modulen M1, M2, M3.

Das erste Modul M1 umfasst die erste Regelwicklung bzw. Teilwicklung W1 sowie beidseitig davon zwei Überbrückungspfade, die jeweils eine Reihenschaltung aus zwei Halbleiter-Schaltelementen S1.1 und S1.2 bzw. S1.3 bzw. S1.4 umfassen. Jeweils zwischen den beiden in Reihe geschalteten Schaltelementen ist eine Mittenanzapfung M1.1 bzw. M1.2 vorgesehen.

Die einzelnen Halbleiter-Schaltelemente sind hier wie auch in den nachfolgenden Figuren nur schematisch als einfache Schalter dargestellt. Sie umfassen in der Praxis parallel geschaltete Thyristorpaare, IGBT's oder andere Halbleiter-Schaltelemente. Sie können auch jeweils eine Reihen- oder Parallelschaltung mehrerer solcher einzelner Halbleiter-Schalterelemente umfassen.

Die eine Mittenanzapfung M1.2 ist mit dem Stammwicklungsteil 2 elektrisch verbunden. Die andere Mittenanzapfung M1.1 steht mit einer Mittenanzapfung M2.1 eines zweiten Moduls M2 in Verbindung. Dieses zweite Modul M2 ist identisch aufgebaut; es umfasst ebenfalls eine Teilwicklung W2 sowie die beiden Reihenschaltungen aus jeweils zwei Halbleiter-Schaltelementen S2.1 und S2.2 bzw. S2.3 und S2.4. Ebenfalls sind zwischen den jeweiligen Reihenschaltungen wieder Mittenanzapfung M2.1 und M2.2 vorgesehen. Die Beschaltung der einen Mittenanzapfung M2.1 mit dem ersten Modul M1 wurde bereits erläutert; die zweite Mittenanzapfung M2.2 ihrerseits ist mit einer Mittenanzapfung M3.2 eines dritten Moduls M3 verbunden.

Dieses dritte Modul M3 ist wiederum identisch aufgebaut. Es umfasst wiederum eine Teilwicklung W3 sowie die beiden Reihenschaltungen aus Halbleiter-Schaltelementen S3.1 und S3.2 bzw. S3.3 und S3.4 sowie die dazwischen liegenden Mittenanzapfungen M3.1 und M3.2. Die bisher noch nicht erwähnte Mittenanzapfung M3.1 des dritten und hier letzten Moduls M3 ist mit dem Stammwicklungsteil 1 elektrisch verbunden.

Die beschriebenen hier drei Module M1...M3 unterscheiden sich nur durch die Bemessungen der jeweiligen Teilwicklungen W1...W3.

Die Teilwicklung W2 im zweiten Modul M2 weist hier die dreifache Windungszahl der Teilwicklung W1 im ersten Modul M1 auf. Die Teilwicklung W3 im dritten Modul M3 weist hier die sechsfache Windungszahl der Teilwicklung W1 im ersten Modul M1 auf.

[0014] Figur 3 zeigt eine Beschaltungstabelle der in Figur 2 dargestellten erfindungsgemäßen Stufenschalteinrichtung. Das Symbol "0" bedeutet, dass die entsprechende Teilwicklung nicht eingeschaltet, d. h. überbrückt ist. Das Symbol "+" bedeutet, dass die entsprechende Teilwicklung zum Stammwicklungsteil bzw. zur Oberspannungswicklung 2 im gleichen Sinn dazu geschaltet ist. Das Symbol "-" schließlich bedeutet, dass die entsprechende Teilwicklung gegensinnig zur Oberspannungswicklung 2 geschaltet ist.

In der Beschaltungstabelle sind die zehn Spannungsstufen dargestellt, die sich ergeben, wenn man zur Stufenspannung der Oberspannungswicklung 2 weitere Teilspannungen hinzufügt. Diese Teilspannungen ergeben sich durch die unterschiedliche Zuschaltung, Gegenschaltung oder Überbrückung der einzelnen Wicklungsteile W1...W3. Es ist zu sehen, dass sich bestimmte Spannungsstufen redundant, d. h. durch unterschiedliche Schaltzustände, erzeugen lassen.

Ebenso, in der Tabelle aber nicht dargestellt, ist es möglich, in der anderen Richtung entsprechende gestufte Teilspannungen von der Spannung in der Oberspannungswicklung 2 abzuziehen. Insgesamt ergeben sich bei dieser Ausführungsform mithin einundzwanzig mögliche Spannungsstufen. In der Mittelstellung, hier mit N bezeichnet, ist die Stufenschalteinrichtung nicht eingeschaltet. Stammwicklungsteil 1 und 2 sind dann direkt miteinander verbunden.

Das erläuterte Zu- bzw. Gegenschalten oder die Überbrückung der einzelnen Wicklungsteile W1...W3 erfolgt durch eine entsprechende Beschaltung der Halbleiter-Schaltelemente S1.1...S3.4.

[0015] Figur 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der Erfindung.

[0016] Zwischen dem Stammwicklungsteil1 und dem Stammwicklungsteil 2 ist die hier gezeigte Stufenschalteinrichtung 3 angeordnet. Sie besitzt zwei in Reihe geschaltete Schaltbaugruppen A und B. Die erste Schaltbaugruppe A ihrerseits besitzt eine Parallelschaltung von zwei Zweigen 9 und 10. Im ersten Zweig 9 sind in Reihenschaltung zueinander zwei Halbleiter-Schalteinheiten S1, S2 vorgesehen. Im parallelen zweiten Zweig 10 sind in Reihenschaltung zueinander zwei weitere Halbleiter-Schalteinheiten S3, S4 vorgesehen. Zwischen den beiden in Reihe geschalteten Halbleiter-Schalteinheiten S1, S2 im ersten Zweig 9 und den beiden in Reihe geschalteten Halbleiter-Schalteinheiten S3, S4 im zweiten Zweig 10 ist eine erste Teilwicklung W1 der Regelwicklung angeordnet.

[0017] Die zweite Schaltbaugruppe B besitzt eine Parallelschaltung von drei Zweigen 11, 12 und 13. Im dritten Zweig 11 sind in Reihenschaltung zueinander zwei Halbleiter-Schalteinheiten S5, S6, im vierten Zweig 12 sind in Reihenschaltung zueinander zwei Halbleiter-Schalteinheiten S7,S8 und im fünften Zweig 13 in Reihenschaltung zueinander zwei Halbleiter-Schalteinheiten S9, S10 vorgesehen. Zwischen den beiden in Reihe geschalteten Halbleiter-Schalteinheiten S5, S6 im dritten Zweig 11 und

den beiden in Reihe geschalteten Halbleiter-Schalteinheiten S7, S8 im vierten Zweig 12 ist eine zweite Teilwicklung W2 der Regelwicklung und zwischen den beiden in Reihe geschalteten Halbleiter-Schalteinheiten S7,S8 im vierten Zweig 12 und den beiden in Reihe geschalteten Halbleiter-Schalteinheiten S9,S10 im fünften Zweig 13 ist eine dritte Teilwicklung W3 angeordnet. Bei dieser Ausführungsform ist die zweite Schaltbaugruppe B mit dem Stammwicklungsteil 2 elektrisch verbunden.

[0018] Im Rahmen der Erfindung sind unterschiedlichste Ausführungen der Stufenschalteinrichtung 3 mit der unterschiedlichsten Zahl von aufgeteilten Regelwicklungen und verschiedensten Beschaltungen mittels Halbleiter-Schaltelementen möglich. Wichtig ist bei allen diesen Ausführungsformen allein, dass die entsprechende Schalteinrichtung 3 zwischen den beiden Stammwicklungsteilen 1, 2 der erfindungsgemäß geteilten Stammwicklung auf der Seite des Transformators, an der geregelt werden soll, vorgesehen ist.

Patentansprüche

1. Transformator mit Stufenschalteinrichtung (3), einer Primärseite und einer Sekundärseite, wobei

- entweder die Primärseite oder die Sekundärseite mittels der Stufenschalteinrichtung (3) regelbar ist;
- jede Regelwicklung (W1,...W3) aus einer Wicklung besteht;
- an der zu regelnden Seite des Transformators eine Stammwicklung und mindestens eine Regelwicklung (W1, W2, W3), die von der Stufenschalteinrichtung (3) beschaltbar ist, vorgesehen sind;
- die Stammwicklung in zwei Stammwicklungsteile (1, 2) aufgeteilt ist;
- die mindestens eine Regelwicklung (W1...W3) und die sie beschaltende Stufenschalteinrichtung (3) elektrisch zwischen den beiden Stammwicklungsteilen (1, 2) derart angeordnet sind, dass

  • der erste Stammwicklungsteil (1) mit einem Ende an ein erstes Ende (M3.1) der Stufenschalteinrichtung (3) angeschlossen ist,
  • der zweite Stammwicklungsteil (1) mit einem Ende an ein zweites Ende (M1.2) der Stufenschalteinrichtung (3) angeschlossen ist,
  • jedes Ende jeder Regelwicklung (W1...W3) mit dem ersten und zweiten Ende (M3.1, M1.2) der Stufenschalteinrichtung (3) über einen Überbrückungspfad, der eine Reihenschaltung aus zwei Halbleiterschaltelementen (S1.1, S1.2; S1.3, S1.4; S2.1, S2.2; S2.3, S2.4; S3.1, S3.2; S3.3, S3.4; S4.1, S4.2; S4.3, S4.4) umfasst, verbunden ist.

2. Transformator nach Anspruch 1, wobei

- die Stufenschalteinrichtung (3) wenigstens zwei Module (M1, M2, M3) aufweist;
- jedes Modul (M1... M3) jeweils eine Regelwicklung (W1, W2, W3) sowie beidseitig davon die zwei Überbrückungspfade umfasst;
- jeder Überbrückungspfad jeweils eine Reihenschaltung aus zwei Halbleiter-Schaltelementen (S; S1.1, S1.2; S1.3, S1.4; S2.1, S2.2; S2.3, S2.4; S3.1, S3.2; S3.3, S3.4; S4.1, S4.2; S4.3, S4.4) umfasst;
- in jedem Überbrückungspfad zwischen seinen Halbleiter-Schaltelementen (S; S1.1, S1.2... S4.3, S4.4) eine Mittenanzapfung (M1.1; M1.2; M2.1; M2.2; M3.1; M3.2) vorgesehen ist;
- die Regelwicklungen (W1 ...W3) unterschiedliche Windungszahlen besitzen;
- in jedem Modul (M1...M3) eine seiner Mittenanzapfungen (M1.1, M2.1, M2.2,M3.2) mit einer Mittanzapfung (M2.1, M1.1, M3.2, M2.2) der benachbarten Module (M2; M1, M3; M2) verbunden ist;
- die eine verbleibende Mittenanzapfung (M1.2) des ersten Moduls (M1) mit dem einen Stammwicklungsteil (2) und die eine verbleibende Mittenanzapfung (M3.1; M4.1) des letzten Moduls (M3; M4) mit dem anderen Stammwicklungsteil (1) elektrisch verbunden ist.

3. Transformator nach Anspruch 1, wobei

- die Stufenschalteinrichtung (3) zwei in Reihe geschaltete Schaltbaugruppen (A, B) aufweist;
- die erste Schaltbaugruppe (A) eine Parallelschaltung aus einem ersten und zweiten Zweig (9, 10) und die zweite Schaltbaugruppe (B) eine Parallelschaltung aus einem dritten, vierten und fünften Zweig (11, 12, 13) aufweist;
- jeder Zweig (9...14) die zwei in Reihe geschalteten Halbleiter-Schaltelemente (S1, S2; S3, S4; S5, S6; S7, S8; S9, S10) aufweist;
- zwischen den Halbleiter-Schaltelementen (S1, S2) des ersten Zweiges (9) und den Halbleiter-Schaltelementen (S3, S4) des zweiten Zweiges (10) eine erste Regelwicklung (W1) angeordnet ist;
- zwischen den Halbleiter-Schaltelementen (S5, S6) des dritten Zweiges (11) und den Halbleiter-Schaltelementen (S7, S8) des vierten Zweiges (12) eine zweite Regelwicklung (W2) angeordnet ist;
- zwischen den Halbleiter-Schaltelementen (S7, S8) des vierten Zweiges (12) und den Halbleiter-

Schaltelementen (S9, S10) des fünften Zweiges (13) eine dritte Regelwicklung (W3) angeordnet ist;
- die erste Schaltbaugruppen (A) mit dem einen Stammwicklungsteil (2) und die zweite Schaltbaugruppen (B) mit dem anderen Stammwicklungsteil (1) elektrisch verbunden ist.

4. Transformator nach einem der vorigen Ansprüche, wobei

- ein mechanischer Kontakt (5) zusätzlich vorgesehen ist, der die Stufenschalteinrichtung (3) überbrücken kann, derart, dass bedarfsweise eine direkte elektrische Verbindung zwischen den beiden Stammwicklungsteilen (1, 2) herstellbar ist.

Claims

1. A transformer with a tap-changing device

- wherein the transformer comprises a primary and a secondary side,
- wherein optionally the primary or the secondary side can be regulated by means of the tap-changing device,
- and wherein one main winding and at least one regulating winding, which is connectable by the tap-changing device, are provided,
- **characterized in that**
- the main winding is divided into two main winding parts (1, 2)
- and **in that** the at least one regulating winding (4; W1, W2, W3) and the tap-changing device (3) connecting said regulating winding are arranged electrically between the two main winding parts (1, 2).

2. The transformer with a tap-changing device according to claim 1, **characterized in that**

- the tap-changing device (3) comprises two or more modules (M1, M2, M3, M4)
- wherein each module (M1, M2, M3, M4) comprises respectively one partial winding (W1, W2, W3, W4) of the regulating winding (4) and on both sides thereof two bypass paths,
- wherein each bypass path comprises one series connection of two semiconductor switching components (S1.1, S1.2; S1.3, S1.4; S2.1, S2.2; S2.3, S2.4; S3.1, S3.2; S3.3, S3.4; S4.1, S4.2; S4.3, S4.4), respectively,
- wherein one center tap (M1.1, M1.2; M2.1, M2.2; M3.1, M3.2; M4.1, M4.2) is provided between each two serially connected switching components (S1.1, S1.2; S1.3, S1.4; S2.1, S2.2; S2.3, S2.4; S3.1, S3.2; S3.3, S3.4; S4.1, S4.2; S4.3, S4.4) of each bypass path,
- wherein the partial windings (W1, W2, W3, W4) possess different numbers of turns,
- wherein one of the two center taps (M1.1; M2.1, M2.2; M3.1, M3.2; M4.2) of each module (M1, M2, M3, M4) is connected to a center tap of the adjacent modules,
- and wherein the one remaining center tap (M1.2) of the first module (M1) is electrically connected to the one main winding part (2), and the one remaining center tap (M3.1; M4.1) of the last module (M3; M4) is electrically connected to the other main winding part (1).

3. The transformer with a tap-changing device according to claim 1, **characterized in that**

- the tap-changing device (3) comprises two serially connected switching assembly groups (A, B)
- wherein the first switching assembly group (A) in turn possesses one parallel connection formed by two branches (9, 10),
- wherein two semiconductor switching units (S1, S2) are provided connected in series to each other in the first branch (9) and two further semiconductor switching units (S3, S4) are provided connected in series to each other in the parallel second branch (10),
- wherein a first partial winding (W1) of the regulating winding is arranged between the two serially connected semiconductor switching units (S1, S2) in the first branch (9) and the two serially connected semiconductor switching units (S3, S4) in the second branch (10),
- wherein the second switching assembly group (B) possesses a parallel connection formed by three branches (11, 12, 13),
- wherein two semiconductor switching units (S5, S6) are provided connected in series to each other in the third branch (11), two semiconductor switching units (S7, S8) are provided connected in series to each other in the fourth branch (12), and two semiconductor switching units (S9, S10) are provided connected in series to each other in the fifth branch (13),
- wherein a second partial winding (W2) of the regulating winding is arranged between the two serially connected semiconductor switching units (S5, S6) in the third branch (11) and the two serially connected semiconductor switching units (S7, S8) in the fourth branch (12), and a third partial winding (W3) is arranged between the two serially connected semiconductor switching units (S7, S8) in the fourth branch (12) and the two serially connected semiconductor switching units (S9, S10) in the fifth branch (13),

- and wherein each one of the two switching assembly groups (A or B) is electrically connected to one of the two main winding parts (1 or 2), respectively.

4. The transformer with a tap-changing device according to claim 1, 2, or 3 **characterized in that**

- a mechanical contact (5), which can bypass the tap-changing device (3), is additionally provided in such a manner that a direct electrical connection can be established, as required, between the two main winding parts (1, 2).

Revendications

1. Transformateur équipé d'un dispositif de commutation à gradins (3), d'un côté primaire et d'un côté secondaire dans lequel :

- le côté primaire, ou le côté secondaire peut être réglé au moyen du dispositif de commutation à gradins (3),
- chaque enroulement de réglage (W1,...W3) est constitué par un enroulement,
- sur le côté du transformateur devant être réglé il est prévu un enroulement principal et au moins un enroulement de réglage (W1, W2, W3) qui peut être branché par le dispositif de commutation à gradins (3),
- l'enroulement principal est subdivisé en deux parties d'enroulement principal (1, 2),
- l'enroulement de réglage (W1...W3) et le dispositif de commutation à gradins (3) qui le branche sont montés électriquement entre les deux parties de l'enroulement principal (1, 2) de sorte que :

  • la première partie de l'enroulement principal (1) soit connectée par une extrémité à une première extrémité (M3.1) du dispositif de commutation à gradins (3),
  • la seconde partie de l'enroulement principal (1) soit connectée par une extrémité à une seconde extrémité (M 1.2) du dispositif de commutation à gradins (3),
  • chaque extrémité de chaque enroulement de réglage (W1...W3) soit reliée à la première extrémité et à la seconde extrémité (M3.1, M 1.2) du dispositif de commutation à gradins (3) par l'intermédiaire d'un chemin de pontage qui comporte un montage en série de deux éléments de commutation semi-conducteurs (S1.1, S1.2, S1.3, S1.4 ; S2.1, S2.2, S2.3, S2.4 ; S3.1, S3.2 ; S3.3, S3.4 ; S4.1, S4.2 ; S4.3, S4.4).

2. Transformateur conforme à la revendication 1, dans lequel :

- le dispositif de commutation à gradins (3) comporte au moins deux modules (M1, M2, M3),
- chaque module (M 1...M3) comporte respectivement un enroulement de réglage (W1, W2, W3) ainsi que de part et d'autre de celui-ci, les deux chemins de pontage,
- chaque chemin de pontage comporte respectivement un montage en série de deux éléments de commutation semi-conducteurs (S ; S1.1, S1.2, S1.3, S1.4 ; S2.1, S2.2, S2.3, S2.4 ; S3.1, S3.2 ; S3.3, S3.4 ; S4.1, S4.2 ; S4.3, S4.4),
- dans chacun des chemins de pontage, est prévu, entre ses éléments de commutation semi-conducteurs (S ; S1.1, S1.2, ... S4.3, S4.4) une prise de réglage médiane (M1.1 ; M1.2 ; M2.1 ; M2.2 ; M3.1 ; M3.2),
- les enroulements de réglage (W1... W3) ont des nombres de spires différents,
- dans chaque module (M1...M3), l'une de ses prises de réglage médianes (M1.1 ; M2.1 ; M2.2 ; M3.2) est reliée à une prise de réglage médiane (M2.1, M1.1, M3.2, M2.2) du module voisin (M2, M1, M3, M2),
- la prise de réglage médiane restante (M1.2) du premier module (M1) est reliée électriquement à une partie de l'enroulement principal (2) et la prise de réglage médiane restante (M3.1 ; M4.1) du dernier module (M3 ; M4) est reliée électriquement à l'autre partie de l'enroulement principal (1).

3. Transformateur conforme à la revendication 1, dans lequel :

- le dispositif de commutation à gradins (3) comprend deux blocs de commutation (A, B) branchés en série,
- le premier bloc de commutation (A) comprend un montage en parallèle d'une première branche et d'une seconde branche (9, 10) et le second bloc de commutation (B) comprend un montage en parallèle d'une troisième branche, d'une quatrième branche et d'une cinquième branche (11, 12, 13),
- chaque branche (9...14) comprend les deux éléments de commutation semi-conducteurs (S1, S2 ; S3, S4 ; S5, S6 ; S7, S8 ; S9, S10) montés en série,
- entre les éléments de commutation semi-conducteurs (S1, S2) de la première branche (9) et les éléments de commutation semi-conducteurs (S3, S4) de la seconde branche (10) est monté un premier enroulement de réglage (W1),
- entre les éléments de commutation semi-conducteurs (S5, S6) de la troisième branche (11)

et les éléments de commutation semi-conducteurs (S7, S8) de la quatrième branche (12) est monté un second enroulement de réglage (W2),
- entre les éléments de commutation semi-conducteurs (S7, S8) de la quatrième branche (12) et les éléments de commutation semi-conducteurs (S9, S10) de la cinquième branche (13) est monté un troisième enroulement de réglage (W3),
- le premier bloc de commutation (A) est relié électriquement à une première partie de l'enroulement principal (2) et le second bloc de commutation (B) est relié électriquement à l'autre partie de l'enroulement principal (1).

4. Transformateur conforme à l'une des revendications précédentes, dans lequel il est en outre prévu un contact mécanique (5) qui peut effectuer un pontage du dispositif de commutation à gradins (3) de façon à pouvoir obtenir, en cas de besoin, une liaison électrique directe entre les deux parties de l'enroulement principal (1, 2).

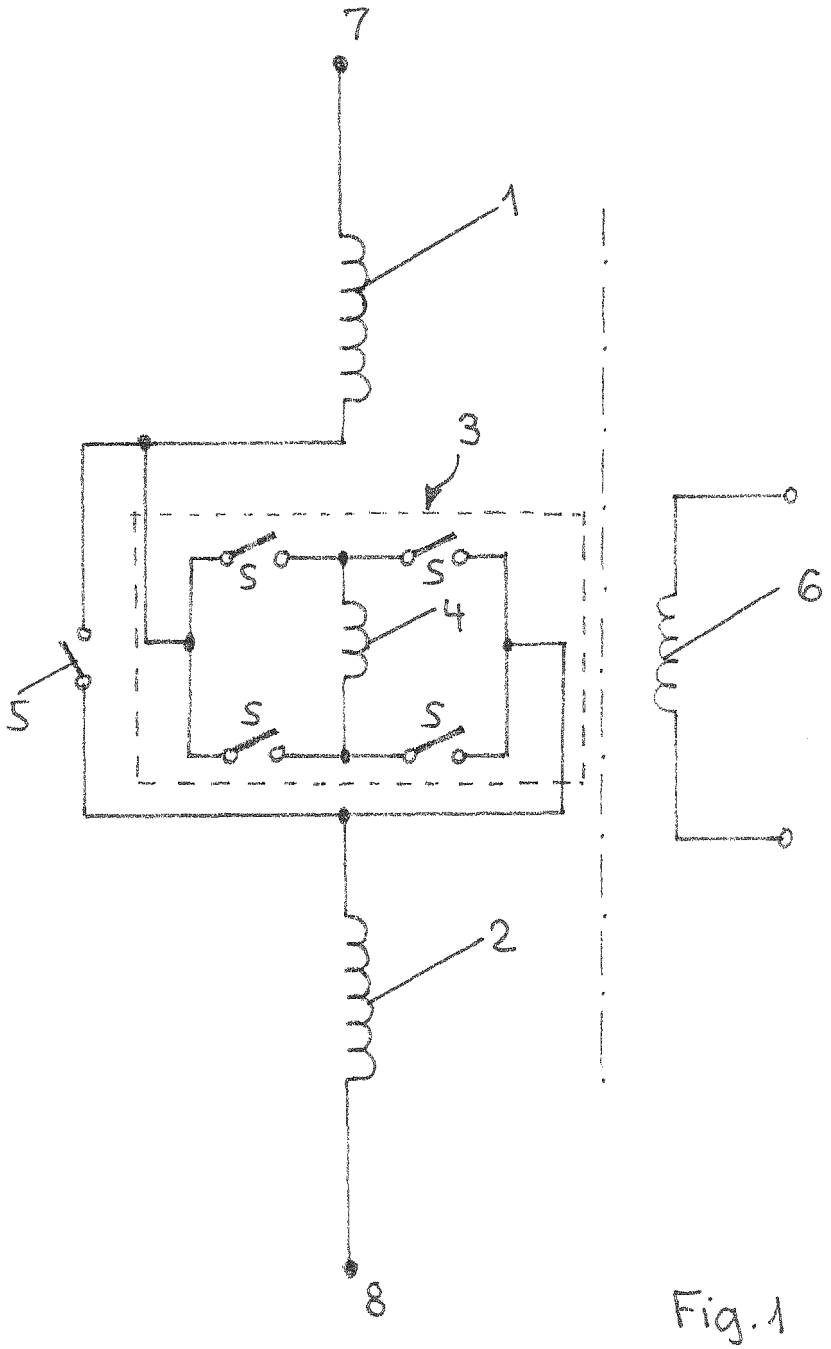


Fig. 1

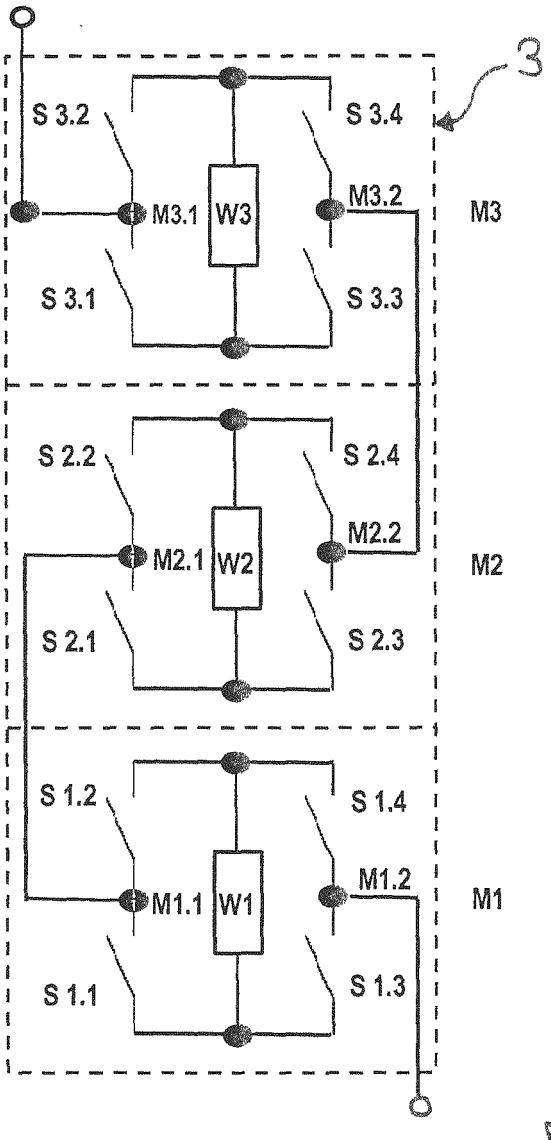

3
S 3.2
S 3.4
M3.1
W3
M3.2
M3
S 3.1
S 3.3
S 2.2
S 2.4
M2.2
M2.1
W2
M2
S 2.1
S 2.3
S 1.2
S 1.4
M1.2
M1.1
W1
M1
S 1.1
S 1.3

Fig. 2

U_{ST}	W1	W2	W3
		= 3W1	= 6 W1
N	o	o	o
1	+	o	o
2	-	+	o
2	-	-	+
3	o	+	o
3	o	-	+
4	+	+	o
4	+	-	+
5	-	o	+
6	o	o	+
7	+	o	+
8	-	+	+
9	o	+	+
10	+	+	+

$\sum$ = 21 Stufen

Fig.3

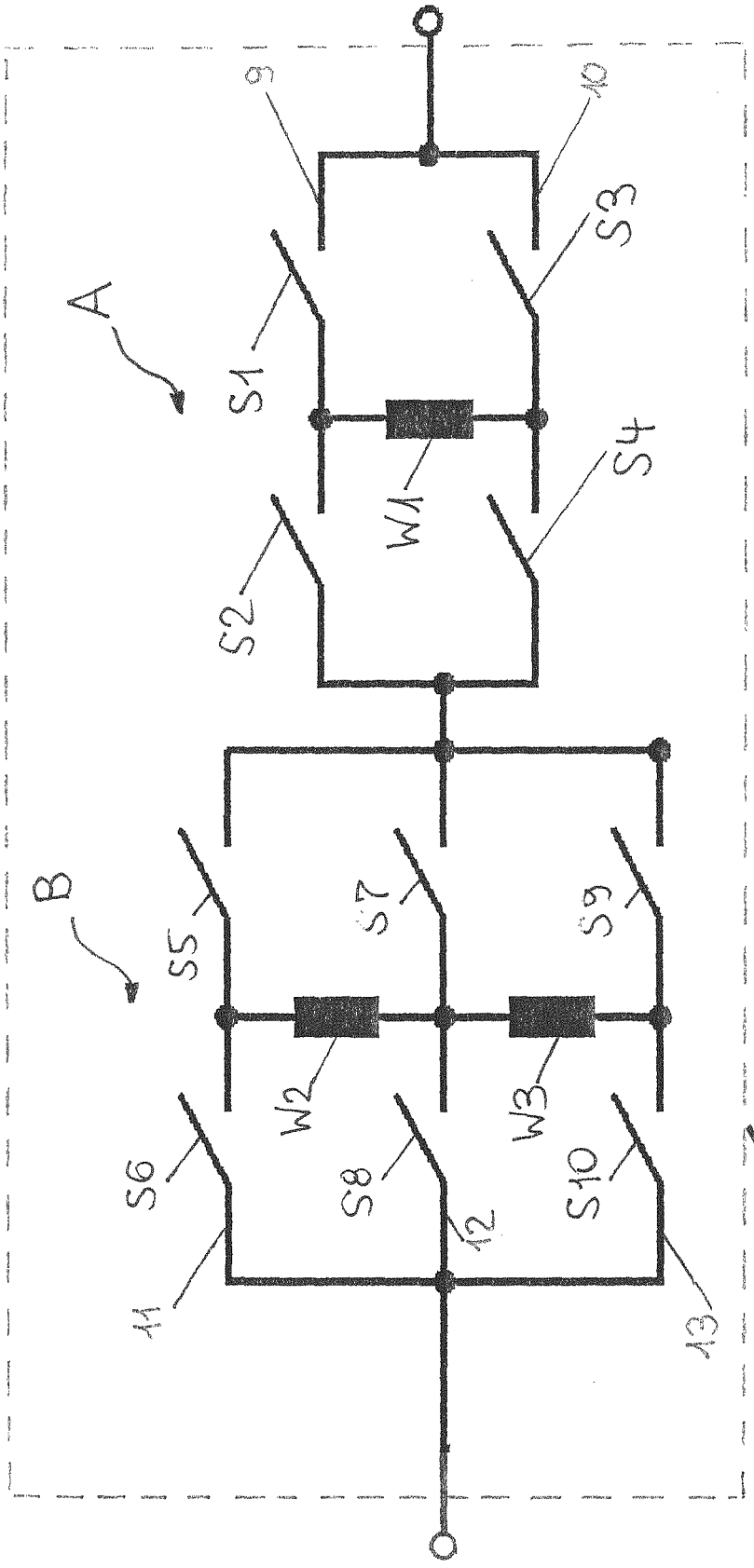


Fig. 4

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

- GB 2424766 A **[0003]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **AXEL KRÄMER.** *On-Load Tap-Changers for Power Transformers,* 2000 **[0002]**