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

(11) **EP 3 365 906 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.01.2022 Patentblatt 2022/01

(21) Anmeldenummer: **16797480.7**

(22) Anmeldetag: **07.11.2016**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/076808

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/102174 (22.06.2017 Gazette 2017/25)

(54) **REGELBARER ORTSNETZTRANSFORMATOR**

CONTROLLABLE LOCAL NETWORK TRANSFORMER

TRANSFORMATEUR DE RÉSEAU DE RÉPARTITION RÉGLABLE

(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: **15.12.2015 DE 102015225314**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.08.2018 Patentblatt 2018/35

(73) Patentinhaber: **Siemens Energy Global GmbH & Co. KG**
81739 München (DE)

(72) Erfinder:
- **HANDT, Karsten**
  92348 Berg (DE)
- **HEINZ, Michael**
  01159 Dresden (DE)
- **KOSSE, Sylvio**
  91052 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1-102013 109 289
GB-A- 1 110 314
US-A- 3 581 188

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 3 365 906 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen regelbaren Ortsnetztransformator zur Transformation der elektrischen Spannung aus dem Mittelspannungsnetz auf die im Niederspannungsnetz (Ortsnetz) verwendete niedrigere Spannung.

[0002] Regelbare Ortsnetztransformatoren können das Übersetzungsverhältnis zwischen ihrer Oberspannungsseite, d.h. der Mittelspannung von beispielsweise 10-20 kV, und ihrer Unterspannungsseite, also der Ortsnetzspannung von beispielsweise in Europa 400 V, verändern. Dadurch können Spannungsveränderungen ausgeglichen werden, die beispielsweise durch die Einspeisung aus dezentralen Photovoltaik-Anlagen entstehen.

[0003] Bekannte regelbare Ortsnetztransformatoren weisen dazu auf der Oberspannungsseite einen Laststufenschalter auf, der beispielsweise eine Mittelspannungsvakuumröhre pro Phase und Stufe des Stufenschalters umfasst, also beispielsweise 15 Mittelspannungsvakuumschalter für drei Phasen und 5 Stufen. Mittelspannungsvakuumschalter sind nachteiligerweise komplex und daher teuer und machen daher den Aufbau des Laststufenschalters ungünstig. Dafür kann hiermit ein bevorzugter Wert für die Spannungs-Stellschritte von 2,5% eingestellt werden.

[0004] Eine andere Lösung ordnet den Laststufenschalter auf der Unterspannungsseite des regelbaren Ortsnetztransformators an. Hierbei werden günstigere und einfachere Niederspannungsvakuum verwendet. Der minimale Stellschritt hängt dabei von der Anzahl der Windungen der Unterspannungsspule ab und beträgt beispielsweise 5% bei 20 Windungen. Dieser Stellschritt ist nachteiligerweise größer als der bevorzugte Stellschritt von 2,5%.

[0005] Aus der DE 10 2013 109 289 A1 ist ein Stufentransformator mit einem Laststufenschalter, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, bekannt.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen regelbaren Ortsnetztransformator anzugeben, der die eingangs genannten Nachteile bekannter regelbarer Ortsnetztransformator vermindert oder vermeidet.

[0007] Diese Aufgabe wird durch einen regelbaren Ortsnetztransformator mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Ausgestaltungen des Ortsnetztransformators.

[0008] Der erfindungsgemäße regelbare Ortsnetztransformator umfasst wenigstens eine Oberspannungsspule auf Oberspannungsseite und wenigstens eine Unterspannungsspule auf Unterspannungsseite. Weiterhin umfasst der regelbare Ortsnetztransformator einen ersten Laststufenschalter für die Unterspannungsseite, wobei der erste Laststufenschalter zur Umschaltung zwischen wenigstens zwei verschiedenen Windungszahlen der Unterspannungsspule ausgestaltet ist und dazu wenigstens einen zweiten Schalter umfasst. Weiterhin umfasst der regelbare Ortsnetztransformator einen zweiten Laststufenschalter für die Oberspannungsseite, wobei der zweite Laststufenschalter zur Umschaltung zwischen wenigstens zwei verschiedenen Windungszahlen der Oberspannungsspule ausgestaltet ist und dazu wenigstens einen zweiten Schalter umfasst.

[0009] Die Erfindung schafft also einen regelbaren Ortsnetztransformator, der sowohl auf der Oberspannungsseite als auch auf der Unterspannungsseite einen Laststufenschalter aufweist. Durch den auf der Oberspannungsseite vorhandenen Laststufenschalter vorteilhaft erreicht, dass das Spannungsniveau in verhältnismäßig feinen Schritten schaltbar ist, die von der Unterspannungsseite allein nicht erreichbar wären. Gleichzeitig verbleibt aber ein möglichst großer Teil des baulichen Aufwands mit dem Laststufenschalter auf der Unterspannungsseite, wo die geringere Spannung auch geringere Anforderungen an den Aufbau des Laststufenschalters bedingt.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den von Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen hervor. Dabei kann die Ausführungsform nach Anspruch 1 mit den Merkmalen eines der Unteransprüche oder vorzugsweise auch mit denen aus mehreren Unteransprüchen kombiniert werden. Demgemäß können für den Stromwandler noch zusätzlich folgende Merkmale vorgesehen werden:

Als idealer Kompromiss zwischen der Schaltgenauigkeit und dem baulichen Aufwand hat sich erwiesen, wenn auf der Oberspannungsseite genau zwei Stufen der Windungszahl erreichbar sind. Diese liegen dann bevorzugt so, dass bei der Umschaltung eine Änderung der Windungszahl der Oberspannungsspule zwischen 1 % und 4 %, insbesondere zwischen 2 % und 3 %, bevorzugt 2,5 %, bewirkt wird. Diese Spannen sind kleiner als diejenigen, die üblicherweise auf der Unterspannungsseite erreichbar sind. Indem mit dem ersten Laststufenschalter grobe Stellschritte und mit dem zweiten Laststufenschalter feinere Stellschritte unternommen werden, wird insgesamt ein weiter Stellbereich mit feinen Stellschritten realisiert. Dabei kann der erste Laststufenschalter zur Umschaltung zwischen genau drei verschiedenen Windungszahlen der Unterspannungsspule ausgestaltet sein. Bei dieser Konfiguration ergeben sich sechs verschiedene Übersetzungsverhältnisse. Vorteilhaft werden aber für die drei Phasen nur sechs Schalter auf der Oberspannungsseite benötigt, während auf der Unterspannungsseite weitere 12 Schalter benötigt werden, wobei pro Phase ein Schalter für eine Überbrückung für den Schaltvorgang verwendet wird.

[0011] Der erste und zweite Schalter umfassen Vakuumschalter oder sind Vakuumschalter. Zweckmäßig kommt pro Phase und pro schaltbare Stufe der Laststufenschalter ein Schalter zum Einsatz.

[0012] Der regelbare Ortsnetztransformator kann eine Überbrückungsschaltung zur Stromaufnahme bei der Umschaltung aufweisen, wobei die Überbrückungsschaltung eine weitere Schalteinrichtung umfasst sowie zweckmäßig einen Strombegrenzungswiderstand.

[0013] Der regelbare Ortsnetztransformator kann eine Steuerung umfassen, die ausgestaltet ist, einen Zeitpunkt des Stromnulldurchgangs für eine zu schaltende Phase zu ermitteln, einen Schalter für diese Phase in einem zeitlichen Abstand von weniger als 2 ms vor dem Stromnulldurchgang zu öffnen und einen weiteren Schalter für diese Phase in einem zeitlichen Abstand von weniger als 2 ms nach dem Stromnulldurchgang zu schließen. Ein derartiger Aufbau macht die Überbrückungsschaltung unnötig. Ein Schaltlichtbogen im abschaltenden Schalter verlischt im Stromnulldurchgang. Da der zu schließende Schalter zu diesem Zeitpunkt noch keinen Kontakt hat, wird ein Kreisstrom vermieden. Hierfür ist es zweckmäßig, wenn Schalter verwendet werden, die eine kurze, bevorzugt weniger als 5 ms betragende Schaltverzögerung aufweisen, wobei die Schaltverzögerung im Wesentlichen unabhängig von Einflüssen wie der Temperatur ist.

[0014] Der erste und/oder der zweite Laststufenschalter kann genau einen Wechselschalter pro Phase und Schaltstufe umfassen. Mit anderen Worten wird an der Stelle von jeweils zwei Schaltern, die als Kontakt arbeiten, ein Wechselschalter verwendet. Damit ist es möglich, den ersten und/oder zweiten Laststufenschalter vorteilhaft mit genau drei Wechselschaltern auszuführen. Somit kann in einer Ausgestaltungsmöglichkeit der erste und zweite Laststufenschalter zusammen mit genau sechs Wechselschaltern aufgebaut werden und damit vier Schaltstufen erreichen.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend an Hand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung noch weiter erläutert. Dabei zeigen jeweils in schematisierter Form

FIG 1 den Aufbau eines regelbaren Ortsnetztransformators,

FIG 2 einen regelbaren Ortsnetztransformator mit sechs Schaltstufen,

FIG 3 einen regelbaren Ortsnetztransformator mit vier Schaltstufen und Wechselschaltern.

[0016] FIG 1 zeigt ein grobes Schema für den Aufbau eines regelbaren Ortsnetztransformators 10. Der regelbare Ortsnetztransformator 10 umfasst eine Oberspannungsseite 11 und eine Unterspannungsseite 12. Typischerweise ist in Deutschland die Oberspannungsseite 11 für Spannungen im Bereich von 20 kV ausgelegt, während die Unterspannungsseite 12 für Spannungen von 400 V ausgelegt ist.

[0017] Auf der Oberspannungsseite 11 führen Anschlussleitungen 13 für den Anschluss an das Mittelspannungsnetz in den regelbaren Ortsnetztransformator 10. Auf der Unterspannungsseite führen Anschlussleitungen 14 zum Anschluss des lokalen Ortsnetzes aus dem regelbaren Ortsnetztransformator 10. Die Anschlussleitungen 14 auf der Unterspannungsseite 12 sind mit einer Steuerung 15 verbunden, die auch eine Spannungsüberwachung einschließt.

[0018] Die Steuerung 15 ist mit einem ersten Laststufenschalter 16 auf der Oberspannungsseite 11 verbunden und steuert den ersten Laststufenschalter 16. Die Steuerung ist weiterhin mit einem zweiten Laststufenschalter 17 verbunden, der auf der Unterspannungsseite 12 angeordnet ist. Die Steuerung 15 überwacht die Spannungsniveaus auf den Anschlussleitungen 14 zum Ortsnetz und steuert nach deren Lage die Laststufenschalter 16, 17.

[0019] FIG 2 zeigt schematisch den Aufbau der Laststufenschalter 16, 17 für einen beispielhaften regelbaren Ortsnetztransformator 20, wobei dieser regelbare Ortsnetztransformator 20 sechs verschiedene Schaltstufen erlaubt.

[0020] FIG 2 zeigt für eine Phase der Oberspannungsseite 21 des regelbaren Ortsnetztransformators 20 eine Stammwicklung 23 und eine Regelwicklung 24. Ein Ende der Stammwicklung 23 ist über Vakuumschalter 27, 28 mit zwei Anzapfungen der Regelwicklung 24 verbunden. Bei einer der Anzapfungen ist der Vakuumschalter 27 durch einen parallel angeordneten Überbrückungsschalter 32 überbrückbar, wobei in Serie zum Überbrückungsschalter 32 ein Strombegrenzungswiderstand 35 angeordnet ist. Die Anzapfungen sind dabei so angeordnet, dass durch die Umschaltung eine Änderung der Windungszahl von 2,5% der Gesamtwindungszahl bewirkt wird. Die Überbrückung kann bei der Umschaltung in bekannter Weise dazu verwendet werden, eine Schaltung unter Last vorzunehmen und dabei Kreisströme zu vermindern. Für eine Umschaltung wird der Überbrückungsschalter 32 aktiviert und übernimmt den Strom, wenn der Vakuumschalter 27, 28, der zu der Zeit vor der Umschaltung geschlossen war, öffnet. Erst nach der Öffnung dieses Vakuumschalters 27, 28 schließt der andere der Vakuumschalter 27, 28 und nachfolgend wird der Halbleiterschalter 32 wieder abgeschaltet.

[0021] Auf der Unterspannungsseite 22 des regelbaren Ortsnetztransformators 20 ist ein analoger Aufbau mit Vakuumschaltern 29, 30, 31 für Niederspannung und einem Überbrückungsschalter 33 sowie einem Strombegrenzungswiderstand 36 vorhanden. Auf der Unterspannungsseite 22 sind allerdings drei Anzapfungen und daher auch drei Vakuumschalter 29, 30, 31 für jede Phase vorhanden. Die Anzapfungen auf der Unterspannungsseite 22 sind so angeordnet, dass eine Umschaltung der Vakuumschalter 29, 30, 31 zu relativen Änderungen der Spannung von ca. +5% der Gesamtwindungszahl führen, also gerade einer Windung bei einer Gesamtzahl von 20 Windungen. Ein kleinerer Schritt ist somit auf der Unterspannungsseite 22 nicht leicht ausführbar.

[0022] Die beiden Laststufenschalter können somit zusammen sechs verschiedene Spannungsniveaus ansteuern, die in 2,5 %-Schritten zwischen beispielsweise -7,5% und +5% der Standardspannung liegen. Dafür kommen sechs Mittelspannungsvakuumschalter und zwölf Niederspannungsvakuumschalter zum Einsatz, während bei einem bekannten regelbaren Ortsnetztransformator, bei dem fünf Schaltstufen ausschließlich auf

der Oberspannungsseite schaltbar sind, 15 Mittelspannungsvakuumschalter benötigt werden.

[0023] Rüstet man die Vakuumschalter mit einem schnellen Antrieb aus, dann kann die Überbrückung mit dem Überbrückungsschalter 32, 33 entfallen. Dazu wird die Steuerung 15 ausgestaltet, eine Erkennung des Stromnulldurchgangs durchzuführen und den Schaltvorgang für die Vakuumschalter 27...31 daran auszurichten. Der jeweils öffnende Vakuumschalter 27...31 öffnet dann kurz vor einem Stromnulldurchgang, beispielsweise innerhalb von 2 ms davor. Der sich bildende Lichtbogen verlischt beim Stromnulldurchgang. Der schließende Vakuumschalter 27...31 schließt erst kurz nach dem Stromnulldurchgang, beispielsweise innerhalb von 2 ms danach. Da zu keiner Zeit beide Schalter geschlossen sind, wird ein Kreisstrom vermieden und gleichzeitig ein Schalten unter Last erzielt. Hierdurch wird pro Phase und Seite 21, 22 ein Überbrückungsschalter eingespart.

[0024] Hierzu ist es zweckmäßig, Schalter einzusetzen, die entweder eine sehr geringe Schaltverzögerung aufweisen, idealerweise im Bereich von weniger als 10 ms, noch besser im Bereich von weniger als 2 ms. Alternativ oder zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn die Schaltverzögerung der Schalter nur geringfügig von Umgebungsbedingungen wie der Temperatur abhängt. Mit solchen Schaltern ist es möglich, den Schaltzeitpunkt ausreichend mit dem Stromnulldurchgang zu synchronisieren.

[0025] FIG 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel für den Aufbau der Laststufenschalter 16, 17 für einen beispielhaften regelbaren Ortsnetztransformator 40, wobei dieser regelbare Ortsnetztransformator 40 vier verschiedene Schaltstufen erlaubt. Der regelbare Ortsnetztransformator 40 weist analog Stammwicklungen 43, 45 und Regelwicklungen 44, 46 für die Ober- und Unterspannungsseite 41, 42 auf.

[0026] Anstelle der Vakuumschalter des vorigen Beispiels kommen hier schnelle Wechselschalter zum Einsatz. Dabei wird pro Phase sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterspannungsseite 41, 42 nur jeweils ein Wechselschalter 47, 48 verwendet. Der Wechselschalter 47, 48 sorgt dafür, dass stets ein Strompfad vorhanden ist und eine Überbrückung ist ebenfalls unnötig. Insgesamt kommen also nur sechs der Wechselschalter 47, 48, nämlich einer pro Phase und Seite 41, 42 zum Einsatz, was einen sehr geringen baulichen Aufwand für die Realisierung von einer Laststufenschaltung mit vier Stufen darstellt.

Patentansprüche

1. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) mit wenigstens einer Oberspannungsspule (23, 24, 43, 44) auf Oberspannungsseite (21, 41) und wenigstens einer Unterspannungsspule (25, 26, 45, 46) auf Unterspannungsseite (22, 42), umfassend einen ersten Laststufenschalter (17) für die Unterspannungsseite, wobei der erste Laststufenschalter (17) zur Umschaltung zwischen wenigstens zwei verschiedenen Windungszahlen der Unterspannungsspule (25, 26, 45, 46) ausgestaltet ist und dazu wenigstens einen ersten Schalter (29, 30, 31) umfasst, **gekennzeichnet durch** einen zweiten Laststufenschalter (16) für die Oberspannungsseite (21, 41), wobei der zweite Laststufenschalter (16) zur Umschaltung zwischen wenigstens zwei verschiedenen Windungszahlen der Oberspannungsspule (23, 24, 43, 44) ausgestaltet ist und dazu wenigstens einen zweiten Schalter (27, 28) umfasst.

2. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach Anspruch 1, wobei der zweite Laststufenschalter (16) ausgestaltet ist zur Umschaltung zwischen genau zwei verschiedenen Windungszahlen der Oberspannungsspule (23, 24, 43, 44).

3. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach Anspruch 1, wobei der erste und zweite Schalter (27...31) Vakuumschalter umfassen oder Vakuumschalter sind.

4. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der erste Laststufenschalter (17) zur Umschaltung zwischen genau zwei oder genau drei verschiedenen Windungszahlen der Unterspannungsspule (25, 26, 45, 46) ausgestaltet ist.

5. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der zweite Laststufenschalter (16) ausgestaltet ist, bei der Umschaltung eine Änderung der Windungszahl der Oberspannungsspule (23, 24, 43, 44) zwischen 1 % und 4 %, insbesondere zwischen 2 % und 3 %, zu bewirken.

6. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach einem der vorangehenden Ansprüche mit einer Überbrückungsschaltung zur Stromaufnahme bei der Umschaltung, wobei die Überbrückungsschaltung eine weitere Schalteinrichtung (32, 33) umfasst sowie einen Strombegrenzungswiderstand (35, 36).

7. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach einem der vorangehenden Ansprüche mit einer Steuerung (15), die ausgestaltet ist, einen Zeitpunkt des Stromnulldurchgangs für eine zu schaltende Phase zu ermitteln, einen Schalter (27...31) für diese Phase in einem zeitlichen Abstand von weniger als 2 ms vor dem Stromnulldurchgang zu öffnen und einen weiteren Schalter (27...31) für diese Phase in einem zeitlichen Abstand von weniger als 2 ms nach dem Stromnulldurchgang zu schließen.

8. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der

erste Laststufenschalter (17) genau zwei Schalter pro Phase umfasst.

9. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der erste Laststufenschalter (17) genau einen Wechselschalter (48) pro Phase umfasst.

10. Regelbarer Ortsnetztransformator (10,20,40) nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei der der zweite Laststufenschalter (16) genau einen Wechselschalter (47) pro Phase umfasst.

Claims

1. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) having at least one high-voltage coil (23, 24, 43, 44) on the high-voltage side (21, 41) and at least one low-voltage coil (25, 26, 45, 46) on the low-voltage side (22, 42), comprising a first on-load tap changer (17) for the low-voltage side, wherein the first on-load tap changer (17) is configured to switch between at least two different numbers of turns of the low-voltage coil (25, 26, 45, 46) and comprises at least one first switch (29, 30, 31) for this purpose, **characterized by** a second on-load tap changer (16) for the high-voltage side (21, 41), wherein the second on-load tap changer (16) is configured to switch between at least two different numbers of turns of the high-voltage coil (23, 24, 43, 44) and comprises at least one second switch (27, 28) for this purpose.

2. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to Claim 1, wherein the second on-load tap changer (16) is configured to switch between exactly two different numbers of turns of the high-voltage coil (23, 24, 43, 44).

3. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to Claim 1, wherein the first and second switches (27...31) comprise vacuum switches or are vacuum switches.

4. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to Claim 1 or 2, wherein the first on-load tap changer (17) is configured to switch between exactly two or exactly three different numbers of turns of the low-voltage coil (25, 26, 45, 46) .

5. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to one of the preceding claims, wherein the second on-load tap changer (16) is configured to effect a change in the number of turns of the high-voltage coil (23, 24, 43, 44) of between 1% and 4%, in particular between 2% and 3%, at switching.

6. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to one of the preceding claims, having a bypass circuit for drawing current at switching, wherein the bypass circuit comprises a further switching device (32, 33) and a current limiting resistor (35, 36).

7. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to one of the preceding claims, having a control means (15) that is configured to determine a time of the current zero crossing for a phase to be switched, to open a switch (27...31) for this phase within a time interval of less than 2 ms before the current zero crossing and to close a further switch (27...31) for this phase within a time interval of less than 2 ms after the current zero crossing.

8. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to one of the preceding claims, in which the first on-load tap changer (17) comprises exactly two switches per phase.

9. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to one of the preceding claims, in which the first on-load tap changer (17) comprises exactly one changeover switch (48) per phase.

10. Regulatable local grid transformer (10, 20, 40) according to one of the preceding claims, in which the second on-load tap changer (16) comprises exactly one changeover switch (47) per phase.

Revendications

1. Transformateur (10, 20, 40) de réseau local réglable comprenant au moins une bobine (23, 24, 43, 44) de haute tension du côté (21,41) de la haute tension et au moins une bobine (25, 26, 45, 46) de basse tension du côté (22, 42) de la basse tension, comprenant un premier commutateur (17) à étage en charge pour le côté de la basse tension, dans lequel le premier commutateur (17) à étage en charge est conformé pour la commutation entre au moins deux nombres de spires différents de la bobine (25, 26, 45, 46) de basse tension et comprend à cet effet au moins un premier interrupteur (29, 30, 31), **caractérisé par** un deuxième commutateur (16) à étage en charge pour le côté (21, 41) de la haute tension, dans lequel le deuxième commutateur (16) à étage en charge est conformé pour la commutation entre au moins deux nombres de spires différents de la bobine (23, 24, 43, 44) de haute tension et comprend à cet effet au moins un deuxième interrupteur (27, 28).

2. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant la revendication 1, dans lequel le deuxième commutateur (16) à étage en charge est conformé pour la commutation entre exactement deux

nombres de spires différents de la bobine (23,24,43, 44) de haute tension.

3. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant la revendication 1, dans lequel le premier et deuxième interrupteurs (27...31) comprennent des interrupteurs à vide ou sont des interrupteurs à vide.

4. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier commutateur (17) à étage en charge est conformé pour la commutation en exactement deux ou en exactement trois nombres de spires différents de la bobine (25, 26, 45, 46) de basse tension.

5. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième commutateur (16) à étage en charge peut provoquer à la commutation une modification du nombre de spires de la bobine (23, 24, 43, 44) de haute tension entre 1 % et 4 %, notamment entre 2 % et 3 %.

6. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant un circuit de dérivation pour prélever du courant à la dérivation, dans lequel le circuit de dérivation comprend un autre dispositif (32, 33) de coupure ainsi qu'une résistance (35, 36) de limitation du courant.

7. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant l'une quelconque des revendications précédentes comprenant une commande (15), qui est conformée pour déterminer un instant de passage du courant par zéro pour une phase à connecter, pour ouvrir un interrupteur (27...31) pour cette phase à une distance dans le temps de moins de 2 ms du passage par zéro du courant et pour fermer un autre interrupteur (27...31) pour cette phase à une distance dans le temps de moins de 2 ms après le passage par zéro du courant.

8. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier commutateur (17) à étage en charge comprend exactement deux interrupteurs par phase.

9. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier commutateur (17) à étage en charge comprend exactement un commutateur (40) va et vient par phase.

10. Transformateur (10, 20, 40) d'un réseau local réglable suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le deuxième commutateur (16) à étage en phase comprend exactement un commutateur (47) va et vient par charge.

FIG 1

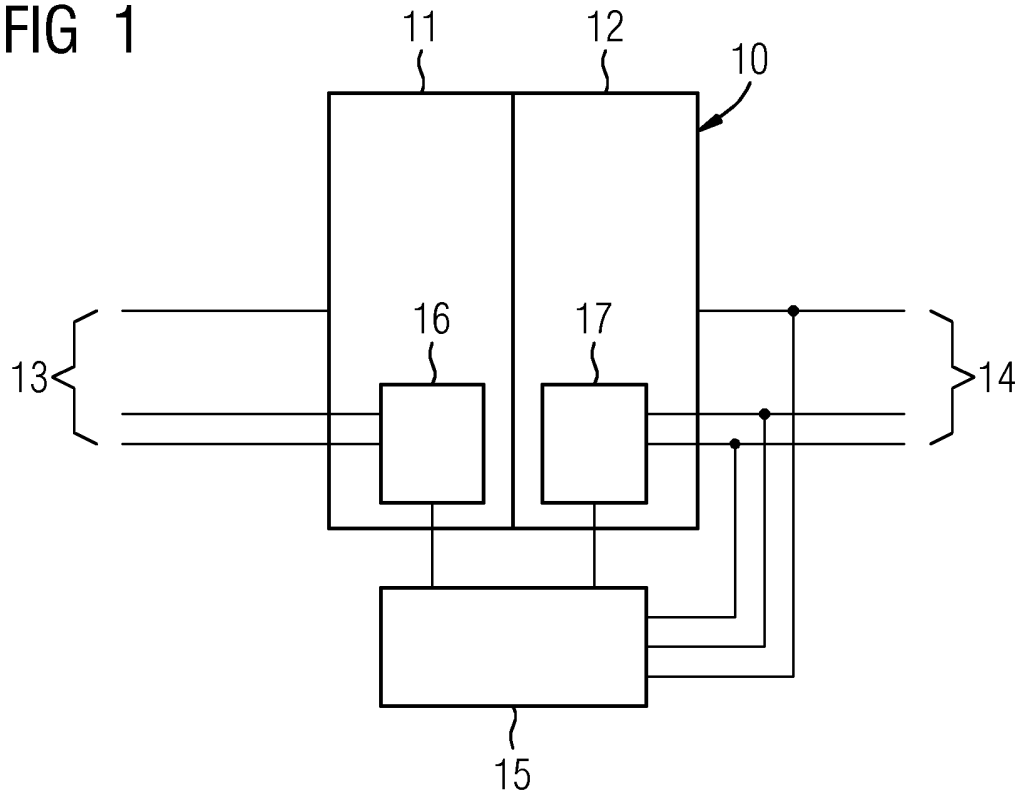


FIG 2

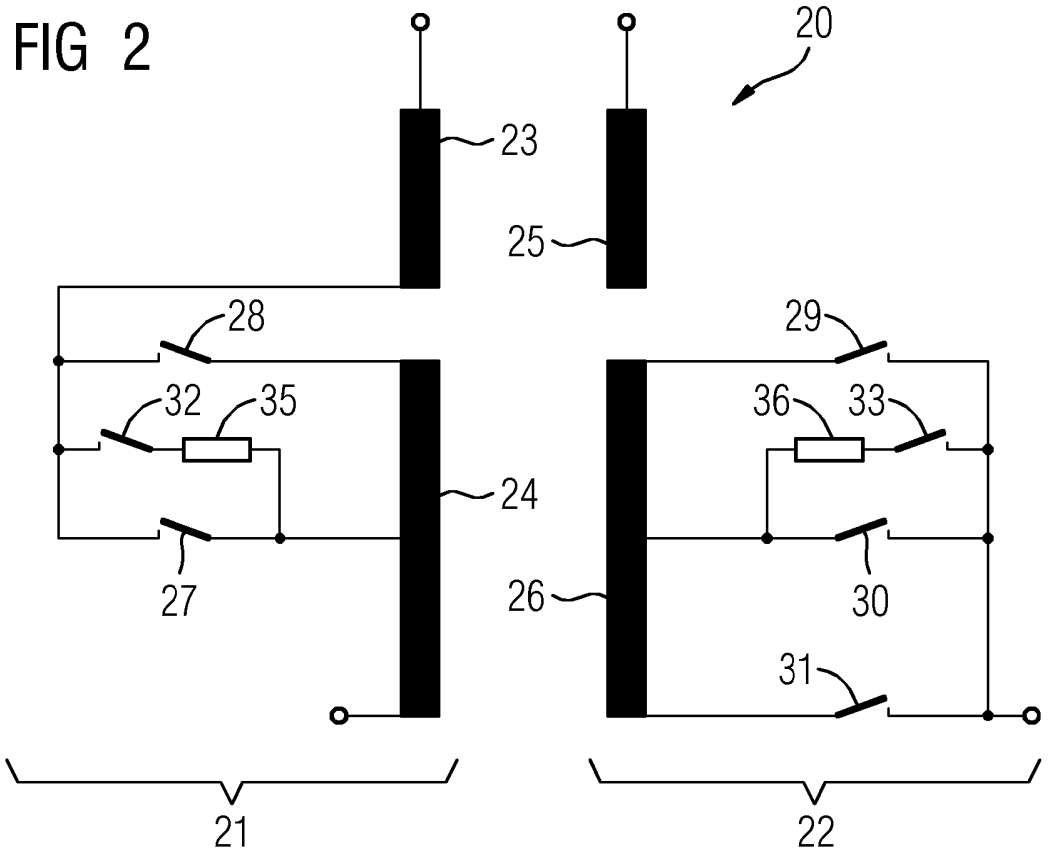
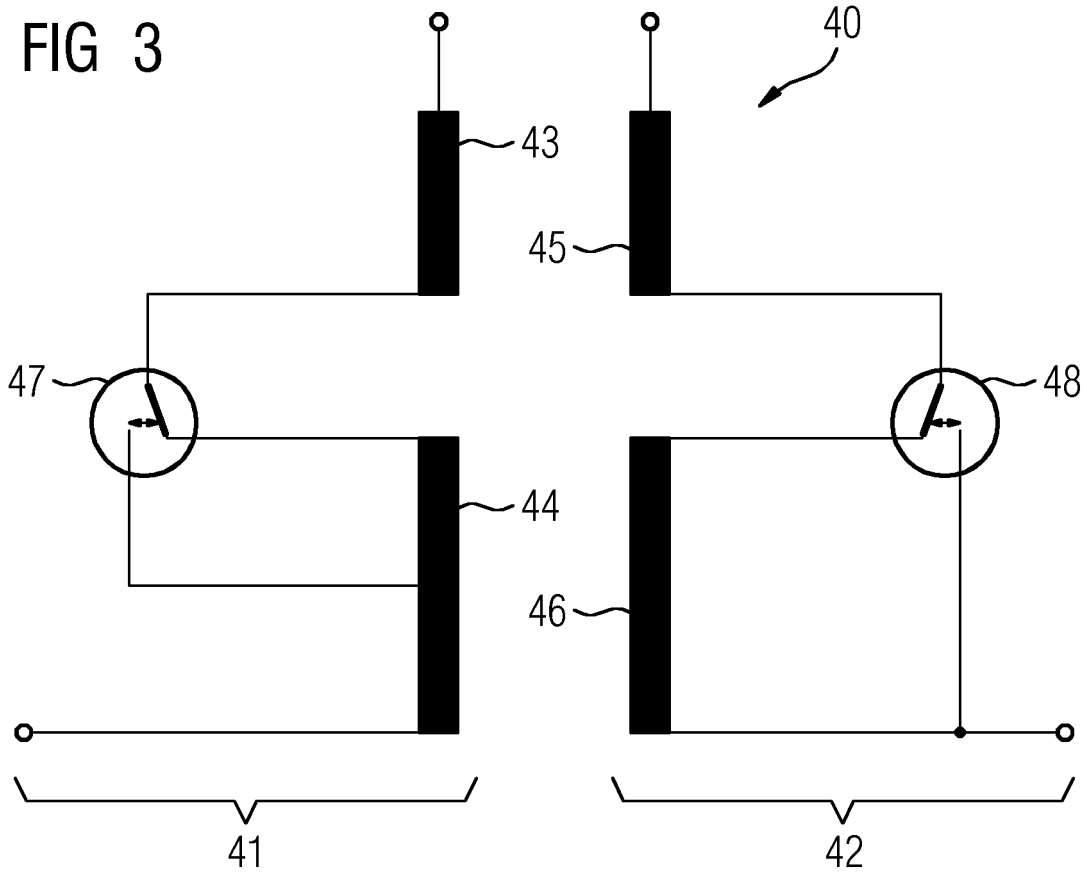


FIG 3



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 102013109289 A1 **[0005]**