(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 106 322 B4** 2017.02.09

(12) # Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 106 322.8**
(22) Anmeldetag: **06.05.2014**
(43) Offenlegungstag: **12.11.2015**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **09.02.2017**

(51) Int Cl.: ***H02J 3/18*** (2006.01)
H02P 13/06 (2006.01)
H01F 29/02 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

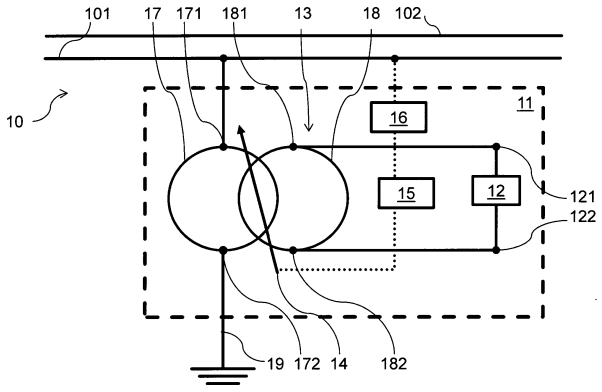
(73) Patentinhaber:
Maschinenfabrik Reinhausen GmbH, 93059 Regensburg, DE

(72) Erfinder:
Gavrilov, Andrey, 93051 Regensburg, DE; Reich, Alexander, 93098 Mintraching, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Anlage und Verfahren zum Bereitstellen von Blindleistung**

(57) Hauptanspruch: Anlage (11), die Blindleistung in einem Wechselstromnetz (10) bereitstellen kann, umfassend
– einen Zweipol (12) mit einer ersten Zweipolklemme (121) und einer zweiten Zweipolklemme (122), der eine Reaktanz ungleich Null hat;
– einen Transformator (13) mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis, der eine Primärseite (17) mit einer ersten Primärklemme (171) und einer zweiten Primärklemme (172) und eine Sekundärseite (18) mit einer ersten Sekundärklemme (181) und einer zweiten Sekundärklemme (182) umfasst;
– eine Schalteinrichtung (14) zum Einstellen des Übersetzungsverhältnisses des Transformators (13);
wobei
– die erste Primärklemme (171) an eine Netzleitung (101) des Wechselstromnetzes angeschlossen werden kann;
– die erste Sekundärklemme (181) an die erste Zweipolklemme (121) und die zweite Sekundärklemme (182) an die zweite Zweipolklemme (122) angeschlossen ist;
– die Primärseite (17) eine Stammwicklung (28) und eine Regelwicklung (29) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die Schalteinrichtung (14) derart ausgebildet ist, dass sie auf der Primärseite (17)
• die Stammwicklung (28) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (29) mit der zweiten Primärklemme (172) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (28) unter Umgehung der Regelwicklung (29) mit der zweiten Primärklemme (172) elektrisch leitend verbinden kann, und/oder
• die Stammwicklung (28) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (29) elektrisch leitend verbinden kann.



(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 106 322 B4** 2017.02.09

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	**30 30 784**	**C2**
DE	**197 48 146**	**A1**
DE	**10 2009 043 171**	**A1**
DE	**10 2010 019 948**	**A1**
DE	**10 2011 010 388**	**A1**
DE	**10 2011 012 080**	**A1**
DE	**10 2012 103 489**	**A1**
DE	**20 2013 103 544**	**U1**
GB	**568 689**	**A**
US	**2 751 551**	**A**
US	**4 680 531**	**A**
US	**5 825 162**	**A**
US	**5 900 723**	**A**
US	**3 412 317**	**A**
WO	**2012/ 079 666**	**A2**
FI	**000000124025**	**B**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anlage, die Blindleistung in einem Wechselstromnetz bereitstellen kann, insbesondere eine Anlage zum Bereitstellen von Blindleistung in einem Wechselstromnetz, ein Verfahren zum Bereitstellen von Blindleistung in einem Wechselstromnetz, die Verwendung einer derartigen Anlage sowie ein Wechselstromnetz mit einer derartigen Anlage.

[0002] Bei der Übertragung von elektrischer Energie über lange Stromleitungen kommt es auf Grund unterschiedlicher Effekte zu Übertragungsverlusten. Neben den ohmschen Verlusten kommt es beim Betrieb in Energieübertragungsnetzen auch zu Blindleistungen, die das Netz und Betriebsmittel unnötig belasten und die Übertragungskapazität und Spannungsstabilität verringern. Die Netzbetreiber, aber auch große Energieverbraucher sind deshalb bestrebt, den Blindleistungsanteil im Netz zu minimieren.

[0003] Eine Möglichkeit, die Blindleistung gezielt zu verändern und damit die Netzauslastung zu optimieren, besteht darin, thyristorgesteuerte Kompensationsdrosseln einzusetzen. Die entsprechenden Blindleistungskompensationsanlagen bestehen aus einer Serienschaltung aus einer Drossel und einem bidirektionalen Thyristorschalter und werden auch mit „TCR" als Abkürzung für „Thyristor Controlled Reactor" bezeichnet. Durch dosiertes Zuschalten der Drossel an das Wechselstromnetz mithilfe einer Phasenanschnittsteuerung des Thyristorschalters wird die durch die Drossel erzeugte Blindleistung und damit auch die Blindleistung in diesem Wechselstromnetz geregelt.

[0004] Da der dabei dem Wechselstromnetz zugeführte Kompensationsstrom nicht sinusförmig ist, kommt es zu Oberschwingungen im gesamten System, welche mittels zusätzlicher Filter kompensiert werden müssen. Zusätzlich kann es zu einer sehr starken Belastung des Thyristorschalters kommen. Diese müssen auf die gesamte zu kompensierende Blindleistung, die das Produkt aus der Netzspannung und dem mittels des Thyristorschalters geschalteten Strom ist, ausgelegt werden. Im geschlossenen oder leitenden Zustand müssen diese Thyristorsachalter den gesamten Strom leiten. Hierbei gilt, dass je mehr Blindleistung kompensiert wird, desto höhere Ströme geschaltet werden. Im offenen oder sperrenden oder nicht leitenden Zustand müssen die Thyristorschalter die gesamte Spannung, die durch das Wechselstromnetz vorgegeben wird, sperren. Diese Nachteile schränken das Anwendungsgebiet der thyristorgesteuerten Kompensationsdrosseln ein, sodass nur Blindleistungen bis 50 Mvar und Spannungen bis 36 kV beherrscht werden können.

[0005] Eine weitere Möglichkeit, die Blindleistung in einem Wechselstromnetz zu kompensieren, bieten sogenannte magnetisch gesteuerte Shunt-Reaktoren, deren Funktionsweise auf Sättigungseigenschaften eines Eisenkerns beruht und die auch mit „MCSR" als Abkürzung für „Magnetically Controlled Shunt Reactor" bezeichnet werden. Die entsprechenden Blindleistungskompensationsanlagen umfassen eine Oberspannungswicklung und eine Steuerwicklung auf einem gemeinsamen Eisenkern. Bei Anlegen einer Gleichspannung an der Steuerwicklung wird der Eisenkern in die Sättigung getrieben, sodass mehr induktiver Blindstrom in der Oberspannungswicklung fließt. Diese Anlagen zeichnen sich durch hohe Komplexität aus, weisen hohe Energieverluste auf und sind außerdem während des Betriebs sehr laut.

[0006] GB 568 689 A beschreibt eine Anlage zur Regelung von Leistungsfaktor und Spannung in einem Wechselspannungsnetz. Diese bekannte Anlage umfasst einen Spartransformator, der eine Transformatorwicklung mit einer Vielzahl von Anzapfungen umfasst, sowie zwei paarweise angeordnete Stufenschalter zur wahlweisen Kontaktierung der genannten Anzapfungen. Die bekannte Anlage umfasst zudem zwei paarweise angeordnete Reihenschaltungen aus jeweils einer Kapazität und einer Induktivität. Mittels der beiden Stufenschalter kann die über der zugehörigen Kapazität sowie Induktivität abfallende Spannung beeinflusst und somit das Gesamtverhalten der Anlage induktiv oder kapazitiv beeinflusst werden.

[0007] US 2 751 551 A beschreibt eine Anlage zur stufenweisen Regelung der Blindleistungsabgabe einer Kondensatorbatterie an ein Elektrizitätsversorgungsnetz. Diese bekannte Anlage umfasst einen Netztransformator mit einer Primärwicklung, einer Sekundärwicklung, und einer Ausgleichswicklung sowie eine Kondensatorbatterie bestehend aus einer Reihenschaltung von Kondensatoren. Der Netztransformator umfasst auf seiner Primärseite einen ersten Stufenschalter zur Spannungsregelung. Darüber hinaus verfügt die Sekundärwicklung über 10 Anzapfungen, die mittels eines zweiten Stufenschalters beschaltet werden können. Die obere Klemme der Kondensatorbatterie ist mit der Netzableitung der Sekundärwicklung verbunden, die untere Klemme der Kondensatorbatterie kann über den beweglichen Kontakt des zweiten Stufenschalters wahlweise mit einer Anzapfung der Sekundärwicklung verbunden werden.

[0008] FI 124 025 B beschreibt eine Anlage zur Blindleistungskompensation für ein elektrisches Übertragungs- oder Verteilungsnetz umfassend einen dreiphasigen Spartransformator mit Primär- und Sekundärwicklungen sowie Komponenten zur Beeinflussung der Blindleistung in jeder Phase. Die Primärwicklungen sind dabei an ihrem ersten Ende mit ei-

ner Zuleitung und an ihrem zweiten Ende sternförmig miteinander verbunden. Die Blindleistungskomponenten sind an ihrem einen Ende mittels eines beweglichen Kontakts mit der entsprechenden Sekundärwicklung des dreiphasigen Systems, und an ihrem anderen Ende mit dem ersten Ende der zugehörigen Primärwicklung verbunden. Die Sekundärwicklungen sind an ihrem einen Ende über den beweglichen Stufenschalterkontakt mit den Blindleistungskomponenten sowie an ihrem anderen Ende mit dem Sternpunkt des Spartransformators verbunden.

[0009] US 5 900 723 A beschreibt eine Anlage zur Blindleistungskompensation, in der die Spannung über einer Kapazität oder Induktivität verändert wird, um den Phasenwinkel zu beeinflussen. Gemäß der bekannten Anlage wird eine Kondensatorbank mit der Sekundärseite eines Spartransformators verbunden, so dass die Spannung über der Kondensatorbank durch den Spartransformator geregelt werden kann. Zuleitung sowie Last sind mit der Primärseite des Spartransformators verbunden.

[0010] DE 30 30 784 C2 beschreibt eine Schaltungsanordnung zur Blindleistungskompensation. Diese bekannte Schaltungsanordnung besteht aus zwei sättigbaren Transformatoren, welche mit ihren Primärwicklungen und ihren Sekundärwicklungen in Reihe geschaltet sind. Die resultierende Primärwicklung ist an die Netzspannung angeschlossen. An die resultierende Sekundärwicklung ist eine Kondensatorbatterie angeschlossen, die zur Oberschwingungsunterdrückung als eine Summe von Filterkreisen ausgebildet ist. Parallel zur Sekundärwicklung des zweiten Transformators ist ein Thyristorsteller angeordnet, der aus zwei antiparallelen Thyristoren besteht, welche über ihre Gates gezündet werden.

[0011] Vor diesem Hintergrund schlägt die Erfindung die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche vor. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0012] Die Erfindung schlägt gemäß einem ersten Aspekt eine Anlage, die Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz bereitstellen und/oder beeinflussen kann und insbesondere zum Bereitstellen und/oder Beeinflussen von Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz dient, vor, umfassend

– einen Zweipol mit einer ersten Zweipolklemme und einer zweiten Zweipolklemme, der eine Reaktanz ungleich null hat und insbesondere passiv und/oder linear und/oder zeitinvariant ist;
– einen Transformator mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis, der eine Oberspannungs- oder Primärseite mit einem ersten Primäranschluss oder einer ersten Primärklemme und einem zweiten Primäranschluss oder einer zweiter Primärklemme, eine Unterspannungs- oder Sekundärseite mit einem ersten Sekundäranschluss oder einer ersten Sekundärklemme und einem zweiten Sekundäranschluss oder einer zweiten Sekundärklemme umfasst;
– eine Schalteinrichtung zum Einstellen des Übersetzungsverhältnisses des Transformators;

wobei

– die erste Primärklemme an eine Netzleitung des Wechselstromnetzes angeschlossen werden kann oder ist;
– die erste Sekundärklemme an die erste Zweipolklemme und die zweite Sekundärklemme an die zweite Zweipolklemme angeschlossen ist;
– die Primärseite eine Stammwicklung und eine Regelwicklung aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die Schalteinrichtung derart ausgebildet und insbesondere derart an die Regelwicklung und die zweite Primärklemme angeschlossen ist, dass sie, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, auf der Primärseite
• die Stammwicklung über zumindest einen Teil der Regelwicklung mit der zweiten Primärklemme oder der Ableitung elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung unter Umgehung der Regelwicklung mit der zweiten Primärklemme oder der Ableitung elektrisch leitend verbinden kann, und/oder
• die Stammwicklung seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung elektrisch leitend verbinden kann.

[0013] Die Schalteinrichtung kann somit ein Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie auf der Primärseite eine Verbindung zwischen Stammwicklung und zweiter Primärklemme über zumindest einen Teil der Regelwicklung herstellt, und ein hierzu größeres Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie diese Verbindung unter Umgehung der Regelwicklung herstellt.

[0014] Die Schalteinrichtung kann somit ein Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie auf der Primärseite eine serielle oder gleichsinnige Verbindung zwischen Stammwicklung und dem zumindest einen Teil der Regelwicklung herstellt, und ein hierzu größeres Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie diese Verbindung umgekehrt oder entgegengesetzt oder antiseriell oder gegensinnig herstellt.

[0015] Die Erfindung schlägt gemäß einem zweiten Aspekt eine Anlage, die Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz bereitstellen und/oder beeinflussen kann und insbesondere zum Bereitstellen und/oder Beeinflussen von Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz dient, vor, umfassend

– einen Zweipol mit einer ersten Zweipolklemme und einer zweiten Zweipolklemme, der eine Reaktanz ungleich null hat und insbesondere passiv und/oder linear und/oder zeitinvariant ist;
– einen Transformator mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis, der eine Oberspannungs- oder Primärseite mit einem ersten Primäranschluss oder einer ersten Primärklemme und einem zweiten Primäranschluss oder einer zweiter Primärklemme, eine Unterspannungs- oder Sekundärseite mit einem ersten Sekundäranschluss oder einer ersten Sekundärklemme und einem zweiten Sekundäranschluss oder einer zweiten Sekundärklemme umfasst;
– eine Schalteinrichtung zum Einstellen des Übersetzungsverhältnisses des Transformators;

wobei
– die erste Primärklemme an eine Netzleitung des Wechselstromnetzes angeschlossen werden kann oder ist;
– die erste Sekundärklemme an die erste Zweipolklemme und die zweite Sekundärklemme an die zweite Zweipolklemme angeschlossen ist;
– die Sekundärseite eine Stammwicklung und eine Regelwicklung aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die Schalteinrichtung derart ausgebildet und insbesondere derart an die Regelwicklung und die zweite Sekundärklemme angeschlossen ist, dass sie, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, auf der Sekundärseite
• die Stammwicklung über zumindest einen Teil der Regelwicklung mit der zweiten Sekundärklemme oder der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung unter Umgehung der Regelwicklung mit der zweiten Sekundärklemme oder der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung elektrisch leitend verbinden kann.

[0016] Die Schalteinrichtung kann somit ein Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie auf der Sekundärseite eine Verbindung zwischen Stammwicklung und zweiter Sekundärklemme oder zweiter Zweipolklemme über zumindest einen Teil der Regelwicklung herstellt, und ein hierzu kleineres Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie diese Verbindung unter Umgehung der Regelwicklung herstellt.

[0017] Die Schalteinrichtung kann somit ein Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie auf der Sekundärseite eine serielle oder gleichsinnige Verbindung zwischen Stammwicklung und dem zumindest einen Teil der Regelwicklung herstellt, und ein hierzu kleineres Übersetzungsverhältnis einstellen, indem sie diese Verbindung umgekehrt oder entgegengesetzt oder antiseriell oder gegensinnig der Regelwicklung herstellt.

[0018] Die Anlage gemäß dem ersten Aspekt und die Anlage gemäß dem zweiten Aspekt können beispielsweise in einer gemeinsamen Anlage zusammengefasst sein.

[0019] Durch geeignetes Einstellen des Übersetzungsverhältnisses kann die Spannung an der Sekundärseite, somit der durch sie zu dem Zweipol fließende Strom und somit die durch die Anlage bereitgestellte, von der Reaktanz abhängige Blindleistung einfach und schnell eingestellt werden. Das Übersetzungsverhältnis ist das Verhältnis aus der effektiven Windungszahl der Sekundärseite, also der Windungszahl des stromführenden Teils der Sekundärseite, und der effektiven Windungszahl der Primärseite, also der Windungszahl des stromführenden Teils der Primärseite. Gemäß der Transformatorgleichung ist es auch das Verhältnis aus der Sekundärspannung, also der Spannung auf der Sekundärseite, und der Primärspannung, also der Spannung auf der Primärseite, und gleichzeitig auch das Verhältnis aus dem Primärstrom, also dem Strom auf der Primärseite, und dem Sekundärstrom, also dem Strom auf der Sekundärseite. Die durch die Anlage bereitgestellte Blindleistung ist das Produkt aus der Netzspannung, also der Spannung an der Netzleitung, und dem Blind- oder Kompensations- oder Speisestrom, also dem Strom zwischen Anlage und Netzleitung: $Qk = Un \times Ik$. Dieser Speisestrom ist gleich dem Primärstrom, und dieser das Produkt aus dem Übersetzungsverhältnis und dem Sekundärstrom: $Ik = Ip = Ü \times Is$. Der Sekundärstrom ist der Quotient aus der Sekundärspannung und der Reaktanz des Zweipols: $Is = Us/X$. Die Sekundärspannung ist das Produkt aus dem Übersetzungsverhältnis und der Primärspannung, und diese gleich der Netzspannung: $Us = Ü \times Up = Ü \times Un$. Folglich ist die durch die Anlage bereitgestellte Blindleistung proportional zum Quadrat der Primärspannung und auch proportional zum Quadrat des Übersetzungsverhältnisses: $Qk = Un \times (Ü \times ((Ü \times Un)/X)) = Un^2 \times Ü^2/X$.

[0020] Durch Verkleinern des Übersetzungsverhältnisses wird somit die durch die Anlage bereitgestellte Blindleistung quadratisch-proportional verkleinert. Durch Vergrößern des Übersetzungsverhältnisses wird somit die durch die Anlage bereitgestellte Blindleistung quadratisch-proportional vergrößert.

[0021] Jede vorgeschlagene Anlage ist sehr einfach aufgebaut und ermöglicht eine schnelle und verlustarme Bereitstellung von Blindleistung bis zu einigen 100 Mvar.

[0022] Der Zweipol kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise eine positive oder negative oder konstante oder varia-

ble oder einstellbare Reaktanz haben. Falls die Reaktanz positiv ist, so verhält er sich wie eine Drossel und kann die Anlage positive oder induktive Blindleistung und/oder positiven oder induktiven Blindstrom bereitstellen, falls sie negativ ist, so verhält er sich wie ein Kondensator und kann die vorgeschlagene Anlage negative oder kapazitive Blindleistung und/oder negativen oder kapazitiven Blindstrom bereitstellen.

[0023] Der Transformator kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein, beispielsweise als Öltransformator oder Trockentransformator, und/oder beispielsweise auf der Primärseite und/oder der Sekundärseite regelbar oder einstellbar sein.

[0024] Die Schalteinrichtung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise in den Transformator integriert sein.

[0025] Vorzugsweise kann die erste oder zweite Sekundärklemme an Masse oder an Erdpotenzial oder an einen Sternpunkt oder an einen Eckpunkt einer Dreieckschaltung angeschlossen werden oder sein.

[0026] Vorzugsweise ist die Schalteinrichtung an die Primärseite und/oder die Sekundärseite angeschlossen und derart ausgebildet, dass sie das Übersetzungsverhältnis des Transformators einstellen kann.

[0027] Jede vorgeschlagene Anlage kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise wenigstens einen zusätzlichen oder weiteren Zweipol und/oder wenigstens einen zusätzlichen oder weiteren Transformator und/oder wenigstens eine zusätzliche oder weitere Schalteinrichtung umfassen.

[0028] Jede vorgeschlagene Anlage kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein, beispielsweise einphasig oder mehrphasig, insbesondere dreiphasig. Falls die Anlage mehrphasig ausgebildet ist, so kann beispielsweise der Zweipol und/oder der Transformator und/oder die Schalteinrichtung ebenfalls entsprechend mehrphasig ausgebildet sein. Alternativ kann beispielsweise für jede Phase ein einphasiger Zweipol und/oder ein einphasiger Transformator und/oder eine einphasige Schalteinrichtung vorgesehen sein. Mehrere einphasige Zweipole oder die Teilzweipole eines mehrphasigen Zweipols können beispielsweise in Sternschaltung oder Dreieckschaltung zusammengeschaltet sein. Die Primärseiten mehrerer einphasiger Transformatoren oder die Primärseiten eines mehrphasigen Transformators können beispielsweise in Sternschaltung oder Dreieckschaltung zusammengeschaltet sein. Die Sekundärseiten mehrerer einphasiger Transformatoren oder die Sekundärseiten eines mehrphasigen Transformators können beispielsweise in Sternschaltung oder Dreieckschaltung zusammengeschaltet sein.

[0029] Die Netzleitung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise einer Phase des Wechselstromnetzes oder als Neutralleiter einem Neutralpunkt oder Sternpunkt des Wechselstromnetzes zugeordnet sein.

[0030] Falls das Wechselstromnetz mehr als eine Phase hat, so kann beispielsweise die Anlage entsprechend mehrphasig ausgebildet sein und für jede Phase eine der Primärseiten an die jeweilige Netzleitung angeschlossen sein. Alternativ kann beispielsweise für jede Phase eine der vorgeschlagenen Anlagen in einphasiger Ausbildung vorgesehen sein, die an die jeweilige Netzleitung angeschlossen ist.

[0031] Mit jeder vorgeschlagenen Anlage kann beispielsweise eines der vorgeschlagenen Verfahren durchgeführt werden.

[0032] Es kann vorgesehen sein, dass
– die zweite Primärklemme an eine Ableitung angeschlossen werden kann oder ist.

[0033] Vorzugsweise kann die Ableitung an Masse oder an Erdpotenzial oder an einen Sternpunkt oder an einen Eckpunkt einer Dreieckschaltung oder an die Netzleitung, an der die erste Primärklemme angeschlossen wird oder ist, oder an eine andere Netzleitung des Wechselstromnetzes angeschlossen werden oder sein.

[0034] Falls die Ableitung an die Netzleitung, an der die erste Primärklemme angeschlossen wird oder ist, angeschlossen wird oder ist, so erfolgt dies bevorzugt derart, dass die Primärseite seriell in die Netzleitung geschaltet wird oder ist. Hierzu kann beispielsweise vorgesehen sein, dass die Netzleitung einen ersten und einen zweiten Netzleitungsabschnitt, die galvanisch voneinander getrennt sind, umfasst und die erste Primärklemme an den ersten Netzleitungsabschnitt und die Ableitung an den zweiten Netzleitungsabschnitt angeschlossen wird oder ist. Somit werden die beiden durch diese Trennung definierten Netzleitungsabschnitte über die seriell mit ihnen geschaltete Primärseite elektrisch leitend verbunden.

[0035] Es kann vorgesehen sein, dass
– wenigstens einer der Zweipole eine Drossel mit einer ersten Drosselklemme und einer zweiten Drosselklemme umfasst;
– die erste Drosselklemme mit der ersten Zweipolklemme und die zweite Drosselklemme mit der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden ist oder werden kann.

[0036] Vorzugsweise bilden die Drosselklemmen die Zweipolklemmen.

[0037] Es kann vorgesehen sein, dass

– wenigstens einer der Zweipole einen Kondensator mit einer ersten Kondensatorklemme und einer zweiten Kondensatorklemme umfasst;
– die erste Kondensatorklemme mit der ersten Zweipolklemme und die zweite Kondensatorklemme mit der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden ist oder werden kann.

[0038] Vorzugsweise bilden die Kondensatorklemmen die Zweipolklemmen.

[0039] Es kann vorgesehen sein, dass
– wenigstens einer der Zweipole ein Zweipol mit einstellbarer Reaktanz ist.

[0040] Es kann vorgesehen sein, dass
– wenigstens einer der Zweipole eine Drossel, einen Kondensator und eine Auswahleinrichtung umfasst, die derart ausgebildet ist, dass sie die Drossel oder den Kondensator mit den Zweipolklemmen elektrisch leitend verbinden kann.

[0041] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Auswahleinrichtung einen Wechselschalter mit einem ersten Außenkontakt, einem zweiten Außenkontakt und einem Mittelkontakt umfasst;
– der erste Außenkontakt mit der zweiten Drosselklemme und der zweite Außenkontakt mit der zweiten Kondensatorklemme elektrisch leitend verbunden ist;
– der Mittelkontakt mit der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden ist.

[0042] Alternativ kann vorgesehen sein, dass
– der erste Außenkontakt mit der ersten Drosselklemme und der zweite Außenkontakt mit der ersten Kondensatorklemme elektrisch leitend verbunden ist;
– der Mittelkontakt mit der ersten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden ist.

[0043] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Auswahleinrichtung einen ersten Auswahlschalter und einen zweiten Auswahlschalter umfasst;
– der erste Auswahlschalter und die Drossel zu einer ersten Serienschaltung und der zweite Auswahlschalter und der Kondensator zu einer zweiten Serienschaltung geschaltet sind;
– die Serienschaltungen parallel zueinander zwischen die Zweipolklemmen geschaltet sind.

[0044] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Auswahleinrichtung einen ersten Auswahlschalter und einen zweiten Auswahlschalter umfasst;
– die Auswahlschalter zu einer ersten Serienschaltung und die Drossel und der Kondensator zu einer zweiten Serienschaltung geschaltet sind;
– die Serienschaltungen parallel zueinander zwischen die Zweipolklemmen geschaltet sind;
– die Serienschaltungen an ihren Mitten über einen Brückenzweig elektrisch leitend verbunden sind.

[0045] Die Primärseite und/oder die Sekundärseite kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise wenigstens eine zusätzliche oder weitere Stammwicklung und/oder wenigstens eine zusätzliche oder weitere Regelwicklung umfassen.

[0046] Jede Regelwicklung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise wenigstens eine Anzapfung umfassen. Die Anzapfungen unterteilen die jeweilige Regelwicklung in entsprechende Teile.

[0047] Jede Schalteinrichtung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise an jede Stammwicklung und/oder jede Regelwicklung und/oder jede Anzapfung derart angeschlossen und derart ausgebildet sein, dass sie, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, die Stammwicklungen, die Regelwicklungen und die Anzapfungen geeignet miteinander verbinden kann, um ein gewünschtes Übersetzungsverhältnis einzustellen.

[0048] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Schalteinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise,
• die Verbindung zwischen Netzleitung und Primärseite oder erster Primärklemme und/oder die Verbindung zwischen Primärseite oder zweiter Primärklemme und Ableitung trennen kann; und/oder
• die Verbindung zwischen Sekundärseite und Zweipol trennen kann.

[0049] Die Schalteinrichtung kann somit durch das Trennen auf der Primärseite und/oder durch das Trennen auf der Sekundärseite die Blindleistungsbereitstellung beenden.

[0050] Es kann vorgesehen sein, dass
– auf der Primärseite und/oder der Sekundärseite die Windungszahl der Regelwicklung kleiner oder gleich oder größer als die Windungszahl der jeweiligen Stammwicklung ist.

[0051] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Primärseite galvanisch von der Sekundärseite getrennt ist.

[0052] Es ist aber auch möglich, dass der Transformator als Spartransformator ausgebildet ist.

[0053] Es kann vorgesehen sein, dass

– auf der Primärseite und/oder der Sekundärseite die Regelwicklung galvanisch von der jeweiligen Stammwicklung getrennt ist.

[0054] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Schalteinrichtung vier Schalter umfasst, die als Brücke mit einem Brückenzweig geschaltet sind, den die Regelwicklung bildet.

[0055] Die Schalteinrichtung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein, beispielsweise wie in WO 2012 079 666 A2 oder DE 10 2011 010 388 A1 oder DE 10 2011 012 080 A1 beschrieben, und/oder beispielsweise wenigstens einen zusätzlichen oder weiteren Schalter umfassen.

[0056] Es kann vorgesehen sein, dass
– auf der Primärseite die Regelwicklung eine erste Anzapfung, die mit der Stammwicklung und der Schalteinrichtung elektrisch leitend verbunden ist oder werden kann, und eine zweite Anzapfung aufweist, die mit der zweiten Primärklemme elektrisch leitend verbunden ist oder werden kann; und/oder
– auf der Sekundärseite die Regelwicklung eine erste Anzapfung, die mit der Stammwicklung und der Schalteinrichtung elektrisch leitend verbunden ist oder werden kann, und eine zweite Anzapfung aufweist, die mit der zweiten Sekundärklemme elektrisch leitend verbunden ist oder werden kann.

[0057] Jede Regelwicklung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise wenigstens eine zusätzliche oder weitere Anzapfung umfassen. Vorzugsweise sind die weiteren Anzapfungen zwischen der jeweiligen ersten und der zweiten Anzapfung angeordnet und mit der Schalteinrichtung elektrisch leitend verbunden oder verbindbar. Die Anzapfungen unterteilen die Regelwicklung in entsprechende Teile.

[0058] Vorzugsweise kann auf der Primärseite die erste und/oder jede zusätzliche Anzapfung über die Schalteinrichtung mit der zweiten Primärklemme elektrisch leitend verbunden werden und/oder kann auf der Sekundärseite die erste und/oder jede zusätzliche Anzapfung über die Schalteinrichtung mit der zweiten Sekundärklemme elektrisch leitend verbunden werden.

[0059] Es kann vorgesehen sein, dass
– auf der Primärseite die Schalteinrichtung einen Schalter, der zwischen die erste Anzapfung und die zweite Primärklemme geschaltet ist, und/oder einen Schalter umfasst, der zwischen die zweite Anzapfung und die zweite Primärklemme geschaltet ist; und/oder
– auf der Sekundärseite die Schalteinrichtung einen Schalter, der zwischen die erste Anzapfung und die zweite Zweipolklemme geschaltet ist, und/oder einen Schalter umfasst, der zwischen die zweite Anzapfung und die zweite Sekundärklemme geschaltet ist.

[0060] Dabei ist bevorzugt auf der Primärseite und/oder der Sekundärseite die Regelwicklung galvanisch von der jeweiligen Stammwicklung getrennt ist.

[0061] Es kann vorgesehen sein, dass jede der vorgeschlagenen Anlagen umfasst
– eine Steuereinrichtung, die derart ausgebildet ist, dass sie ein Einstellsignal an die Schalteinrichtung senden kann.

[0062] Die Schalteinrichtung ist bevorzugt derart ausgebildet, dass sie das Übersetzungsverhältnis in Abhängigkeit von dem Einstellsignal einstellen kann.

[0063] Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung an die Schalteinrichtung angeschlossen oder gekoppelt und/oder in die Schalteinrichtung integriert.

[0064] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie das Einstellsignal in Abhängigkeit von wenigstens einer elektrischen Größe der Netzleitung und/oder des Wechselstromnetzes und/oder der ersten Primärklemme erzeugen kann.

[0065] Es kann vorgesehen sein, dass jede der vorgeschlagenen Anlagen umfasst
– eine Messeinrichtung, die derart ausgebildet ist, dass sie wenigstens eine elektrische Größe der Netzleitung und/oder des Wechselstromnetzes und/oder der ersten Primärklemme erfassen und/oder messen und ein entsprechendes Messsignal erzeugen kann;

wobei
– die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie das Einstellsignal in Abhängigkeit von dem Messsignal erzeugen kann.

[0066] Jede elektrische Größe kann nach Bedarf beliebig gewählt sein und beispielsweise die Spannung oder der Strom oder der Phasenverschiebungswinkel oder der Leistungsfaktor oder die Blindleistung oder die Wirkleistung oder die Scheinleistung sein.

[0067] Vorzugsweise ist die Messeinrichtung an die Netzleitung und/oder die Schalteinrichtung und/oder die Steuereinrichtung angeschlossen oder gekoppelt und/oder in die Schalteinrichtung oder die Steuereinrichtung integriert.

[0068] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie das Einstellsignal in Abhängigkeit von einem Fernsteuersignal erzeugen kann.

[0069] Das Fernsteuersignal kann beispielsweise von einer Fernsteuereinrichtung, die an die Steuereinrichtung angeschlossen oder gekoppelt sein kann, erzeugt werden.

[0070] Es kann vorgesehen sein, dass
– die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie die Schalteinrichtung und/oder die Auswahleinrichtung durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung ansteuern und/oder das Einstellsignal durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung erzeugen kann.

[0071] Hierdurch können beliebige virtuelle Zwischenwerte des Übersetzungsverhältnisses realisiert werden.

[0072] Vorzugsweise umfasst hierfür die Schalteinrichtung Halbleiterschalter.

[0073] Jede Schalteinrichtung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein, beispielsweise als Laststufenschalter mit mechanischen Schaltkontakten und/oder Vakuumschaltröhren und/oder Halbleiterschaltern und/oder wie in DE 10 2009 043 171 A1 oder DE 10 2010 019 948 A1 oder DE 10 2012 103 489 A1 oder WO 2012 079 666 A2 oder DE 10 2011 010 388 A1 oder DE 10 2011 012 080 A1 beschrieben.

[0074] Jeder Schalter kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein, beispielsweise als mechanischer Schalter oder Vakuumschaltröhre oder Halbleiterschalter, und/oder beispielsweise wenigstens einen mechanischen Schalter und/oder wenigstens eine Vakuumschaltröhre und/oder wenigstens einen Thyristor und/oder wenigstens einen GTO-Thyristor und/oder wenigstens einen IGC-Thyristor und/oder wenigstens einen TRIAC und/oder wenigstens einen IGBT und/oder wenigstens einen Leistungs-MOSFET und/oder wenigstens einen DMOSFET umfassen.

[0075] Jeder Halbleiterschalter kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein, und beispielsweise wenigstens einen Thyristor und/oder wenigstens einen GTO-Thyristor und/oder wenigstens einen IGC-Thyristor und/oder wenigstens einen TRIAC und/oder wenigstens einen IGBT und/oder wenigstens einen Leistungs-MOSFET und/oder wenigstens einen DMOSFET und/oder wenigstens ein Paar antiparallel geschalteter Thyristoren und/oder wenigstens ein Paar antiseriell geschalteter IGBTs umfassen,
umfassen und bevorzugt durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung angesteuert werden, wodurch beliebige virtuelle Zwischenwerte des Übersetzungsverhältnisses realisiert werden können.

[0076] Es kann vorgesehen sein, dass jede der vorgeschlagenen Anlagen umfasst
– einen zweiten Zweipol mit einer dritten Zweipolklemme und einer vierten Zweipolklemme, der eine Reaktanz ungleich null hat;

wobei
– der Transformator eine Tertiärseite mit einer ersten Tertiärklemme und einer zweiten Tertiärklemme umfasst;
– die erste Tertiärklemme an die dritte Zweipolklemme und die zweite Tertiärklemme an die vierte Zweipolklemme angeschlossen ist;
– die Tertiärseite eine Stammwicklung und eine Regelwicklung aufweist;
– die Schalteinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie auf der Tertiärseite
• die Stammwicklung über zumindest einen Teil der Regelwicklung mit der zweiten Tertiärklemme oder der vierten Zweipolklemme elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung unter Umgehung der Regelwicklung mit der zweiten Tertiärklemme oder der vierten Zweipolklemme elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung elektrisch leitend verbinden kann.

[0077] Vorzugsweise sind die Reaktanzen des ersten und des zweiten Zweipols ungleich und haben insbesondere entgegengesetzte Vorzeichen.

[0078] Vorzugsweise kann die erste oder zweite Tertiärklemme an Masse oder an Erdpotenzial oder an einen Sternpunkt oder an einen Eckpunkt einer Dreieckschaltung angeschlossen werden oder sein.

[0079] Vorzugsweise ist die Schalteinrichtung an die Primärseite und/oder die Sekundärseite und/oder die Tertiärseite angeschlossen und derart ausgebildet, dass sie das Übersetzungsverhältnis zwischen Primärseite und Sekundärseite und/oder das Übersetzungsverhältnis zwischen Primärseite und Tertiärseite und/oder das Übersetzungsverhältnis zwischen Sekundärseite und Tertiärseite einstellen kann.

[0080] Es kann vorgesehen sein, dass jede der vorgeschlagenen Anlagen derart ausgebildet ist und/oder dazu dient und/oder geeignet ist, dass sie eines der vorgeschlagenen Verfahren durchführt und/oder durchführen kann und/oder dass mit ihr eines der vorgeschlagenen Verfahren durchgeführt werden kann.

[0081] Die Erfindung schlägt gemäß einem dritten Aspekt vor ein Verfahren zum Bereitstellen und/oder

Beeinflussen von Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz, wobei

– ein Zweipol mit einer ersten Zweipolklemme und einer zweiten Zweipolklemme vorgesehen ist oder wird, der eine Reaktanz ungleich null hat;

– ein Transformator mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis vorgesehen ist oder wird, der eine Oberspannungs- oder Primärseite mit einem ersten Primäranschluss oder einer ersten Primärklemme und einem zweiten Primäranschluss oder einer zweiten Primärklemme und eine Unterspannungs- oder Sekundärseite mit einem ersten Sekundäranschluss oder einer ersten Sekundärklemme und einem zweiten Sekundäranschluss oder einer zweiten Sekundärklemme umfasst;

– die erste Primärklemme an eine Netzleitung des Wechselstromnetzes angeschlossen ist oder wird;

– die erste Sekundärklemme an die erste Zweipolklemme und die zweite Sekundärklemme an die zweite Zweipolklemme angeschlossen ist oder wird;

– die Primärseite eine Stammwicklung und eine Regelwicklung aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;

– das Übersetzungsverhältnis dadurch eingestellt oder verstellt oder geändert wird, dass, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, auf der Primärseite

• die Stammwicklung über zumindest einen Teil der Regelwicklung mit der zweiten Primärklemme elektrisch leitend verbunden wird; und/oder

• die Stammwicklung unter Umgehung der Regelwicklung mit der zweiten Primärklemme elektrisch leitend verbunden wird; und/oder

• die Stammwicklung seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung elektrisch leitend verbunden wird.

[0082] Die Erfindung schlägt gemäß einem vierten Aspekt vor ein Verfahren zum Bereitstellen und/oder Beeinflussen von Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz, wobei

– ein Zweipol mit einer ersten Zweipolklemme und einer zweiten Zweipolklemme vorgesehen ist oder wird, der eine Reaktanz ungleich null hat;

– ein Transformator mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis vorgesehen ist oder wird, der eine Oberspannungs- oder Primärseite mit einem ersten Primäranschluss oder einer ersten Primärklemme und einem zweiten Primäranschluss oder einer zweiten Primärklemme und eine Unterspannungs- oder Sekundärseite mit einem ersten Sekundäranschluss oder einer ersten Sekundärklemme und einem zweiten Sekundäranschluss oder einer zweiten Sekundärklemme umfasst;

– die erste Primärklemme an eine Netzleitung des Wechselstromnetzes angeschlossen ist oder wird;

– die erste Sekundärklemme an die erste Zweipolklemme und die zweite Sekundärklemme an die zweite Zweipolklemme angeschlossen ist oder wird;

– die Sekundärseite eine Stammwicklung und eine Regelwicklung aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;

– das Übersetzungsverhältnis dadurch eingestellt oder verstellt oder geändert wird, dass, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, auf der Sekundärseite

• die Stammwicklung über zumindest einen Teil der Regelwicklung mit der zweiten Sekundärklemme oder der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden wird; und/oder

• die Stammwicklung unter Umgehung der Regelwicklung mit der zweiten Sekundärklemme oder der zweiten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden wird; und/oder

• die Stammwicklung seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung elektrisch leitend verbunden wird.

[0083] Das Verfahren gemäß dem ersten Aspekt und das Verfahren gemäß dem zweiten Aspekt können beispielsweise in einem gemeinsamen Verfahren zusammengefasst sein.

[0084] Jedes vorgeschlagene Verfahren ermöglicht eine sehr einfache und schnelle Bereitstellung von Blindleistung bis zu einigen 100 Mvar.

[0085] Jedes vorgeschlagene Verfahren kann beispielsweise mit einer der vorgeschlagenen Anlagen durchgeführt werden.

[0086] Die Drossel und/oder der Transformator können beispielsweise Teil einer der vorgeschlagenen Anlagen sein.

[0087] Es kann vorgesehen sein, dass

– die zweite Primärklemme an eine Ableitung angeschlossen ist oder wird.

[0088] Es kann vorgesehen sein, dass

– der Zweipol eine Drossel und einen Kondensator umfasst;

– die Drossel oder der Kondensator, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, mit den Zweipolklemmen elektrisch leitend verbunden wird.

[0089] Es kann vorgesehen sein, dass

– ein zweiter Zweipol mit einer dritten Zweipolklemme und einer vierten Zweipolklemme vorgesehen ist, der eine Reaktanz ungleich Null hat;

wobei

– der Transformator eine Tertiärseite mit einer ersten Tertiärklemme und einer zweiten Tertiärklemme umfasst;
– die erste Tertiärklemme an die dritte Zweipolklemme und die zweite Tertiärklemme an die vierte Zweipolklemme angeschlossen ist;
– die Tertiärseite eine Stammwicklung und eine Regelwicklung aufweist;
– das Übersetzungsverhältnis des Transformators dadurch eingestellt oder verstellt oder geändert wird, dass, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise, auf der Tertiärseite
• die Stammwicklung über zumindest einen Teil der Regelwicklung mit der zweiten Tertiärklemme oder der vierten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung unter Umgehung der Regelwicklung mit der zweiten Tertiärklemme oder der vierten Zweipolklemme elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung elektrisch leitend verbunden wird.

[0090] Es kann vorgesehen sein, dass, insbesondere wahlweise oder bedarfsweise,
– die Verbindung zwischen Netzleitung und Primärseite oder erster Primärklemme und/oder die Verbindung zwischen Primärseite oder zweiter Primärklemme und Ableitung getrennt wird; und/oder
– die Verbindung zwischen Sekundärseite und Zweipol getrennt wird.

[0091] Es kann vorgesehen sein, dass
– wenigstens eine elektrische Größe der Netzleitung und/oder des Wechselstromnetzes und/oder der ersten Primärklemme erfasst oder gemessen wird;
– das Übersetzungsverhältnis in Abhängigkeit von den erfassten Größen eingestellt wird.

[0092] Es kann vorgesehen sein, dass
– das Übersetzungsverhältnis in Abhängigkeit von einem Fernsteuersignal eingestellt wird.

[0093] Es kann vorgesehen sein, dass
– das Übersetzungsverhältnis durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung eingestellt wird.

[0094] Die Erfindung schlägt gemäß einem fünften Aspekt vor eine Verwendung einer Anlage, die gemäß dem ersten oder zweiten Aspekt ausgebildet ist, für
– das Bereitstellen und/oder Beeinflussen von Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Kompensieren und/oder Verkleinern und/oder Vergrößern von Blindleistung und/oder Blindstrom in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von Oberschwingungen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von niederfrequenten Schwingungen, insbesondere Subharmonischen, der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von, insbesondere schnellen, Schwankungen und/oder Anstiegen und/oder Abfällen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von stehenden Wellen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von Schwebungen und/oder Pendelschwingungen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– den Netzschutz in einem Wechselstromnetz.

[0095] Starke Spannungsanstiege können beispielsweise bei Lastabwurf oder Lastzuschaltung an langen Netzleitungen durch den Ferranti-Effekt verursacht werden.

[0096] Die Erfindung schlägt gemäß einem sechsten Aspekt ein Wechselstromnetz vor, umfassend
– eine erste Netzleitung;
– eine Anlage, die gemäß dem ersten und/oder zweiten Aspekt ausgebildet ist,

wobei
– die erste Primärklemme an die erste Netzleitung angeschlossen ist.

[0097] Es kann vorgesehen sein, dass jedes der vorgeschlagenen Wechselstromnetze umfasst
– eine Ableitung, an die die zweite Primärklemme angeschlossen ist.

[0098] Vorzugsweise ist die Ableitung an Masse oder an Erdpotenzial oder an einen Sternpunkt oder an einen Eckpunkt einer Dreieckschaltung oder an die erste Netzleitung oder an eine andere Netzleitung des Wechselstromnetzes angeschlossen.

[0099] Es kann vorgesehen sein, dass jedes der vorgeschlagenen Wechselstromnetze umfasst
– eine zweite Netzleitung, an die die Ableitung angeschlossen ist.

[0100] Jede Netzleitung kann nach Bedarf auf beliebige Art und Weise ausgebildet sein und beispielsweise einer Phase des Wechselstromnetzes oder als Neutralleiter einem Neutralpunkt oder Sternpunkt des Wechselstromnetzes zugeordnet sein.

[0101] Es kann vorgesehen sein, dass
– die erste Netzleitung einen ersten Netzleitungsabschnitt und einen zweiten Netzleitungsabschnitt umfasst, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die erste Primärklemme an den ersten Netzleitungsabschnitt und die Ableitung an den zweiten Netzleitungsabschnitt angeschlossen ist.

[0102] Die Ausführungen und Erläuterungen zu einem der Aspekte der Erfindung, insbesondere zu einzelnen Merkmalen dieses Aspektes, gelten entsprechend auch analog für die anderen Aspekte der Erfindung.

[0103] Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Die daraus hervorgehenden einzelnen Merkmale sind jedoch nicht auf die einzelnen Ausführungsformen beschränkt, sondern können mit weiter oben beschriebenen einzelnen Merkmalen und/oder mit einzelnen Merkmalen anderer Ausführungsformen verbunden und/oder kombiniert werden. Die Einzelheiten in den Zeichnungen sind nur erläuternd, nicht aber beschränkend auszulegen. Die in den Ansprüchen enthaltenen Bezugszeichen sollen den Schutzbereich der Erfindung in keiner Weise beschränken, sondern verweisen lediglich auf die in den Zeichnungen gezeigten Ausführungsformen. Die Zeichnungen zeigen in

[0104] **Fig.** 1 eine erste Ausführungsform eines Wechselstromnetzes mit einer ersten Ausführungsform einer Anlage zum Bereitstellen von Blindleistung, die eine erste Ausführungsform eines Zweipols umfasst;

[0105] **Fig.** 2 eine zweite Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer zweiten Ausführungsform der Anlage, die eine zweite Ausführungsform des Zweipols umfasst;

[0106] **Fig.** 3 eine dritte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer dritten Ausführungsform der Anlage, die eine dritte Ausführungsform des Zweipols umfasst;

[0107] **Fig.** 4 eine vierte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer vierten Ausführungsform der Anlage, die eine vierte Ausführungsform des Zweipols umfasst;

[0108] **Fig.** 5 eine fünfte Ausführungsform des Zweipols der **Fig.** 4;

[0109] **Fig.** 6 eine sechste Ausführungsform des Zweipols der **Fig.** 4;

[0110] **Fig.** 7 eine siebente Ausführungsform des Zweipols der **Fig.** 4;

[0111] **Fig.** 8 eine fünfte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer fünften Ausführungsform der Anlage;

[0112] **Fig.** 9 eine sechste Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer sechsten Ausführungsform der Anlage;

[0113] **Fig.** 10 eine siebente Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer siebente Ausführungsform der Anlage;

[0114] **Fig.** 11 eine achte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer achten Ausführungsform der Anlage;

[0115] **Fig.** 12 eine neunte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer neunten Ausführungsform der Anlage;

[0116] **Fig.** 13 eine zehnte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer zehnten Ausführungsform der Anlage;

[0117] **Fig.** 14 eine elfte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer elften Ausführungsform der Anlage;

[0118] **Fig.** 15 eine zwölfte Ausführungsform des Wechselstromnetzes mit einer zwölften Ausführungsform der Anlage.

[0119] In der **Fig.** 1 ist eine erste Ausführungsform eines Wechselstromnetzes **10** mit einer ersten Netzleitung **101** und einer zweiten Netzleitung **102** schematisch dargestellt.

[0120] Bei dieser Ausführungsform ist beispielhaft die erste Netzleitung **101** einer Phase des Wechselstromnetzes **10** zugeordnet und die zweite Netzleitung **102** ein Neutralleiter. Es könnte aber auch beispielsweise die zweite Netzleitung **102** einer Phase des Wechselstromnetzes **10** zugeordnet und die erste Netzleitung **101** ein Neutralleiter sein, oder beispielsweise die erste Netzleitung **101** einer ersten Phase des Wechselstromnetzes **10** und die zweite Netzleitung **102** einer zweiten Phase des Wechselstromnetzes **10** zugeordnet sein. Das Wechselstromnetz **10** kann wenigstens eine zusätzliche oder weitere Phase, denen jeweils eine nicht dargestellte zusätzliche oder weitere Netzleitung zugeordnet ist, und insbesondere drei Phasen haben.

[0121] Bei dieser Ausführungsform umfasst das Wechselstromnetz **10** eine Anlage **11** zum Bereitstellen und/oder Beeinflussen von Blindleistung in dem Wechselstromnetz **10**, die gemäß einer ersten Ausführungsform ausgebildet ist.

[0122] Bei dieser Ausführungsform umfasst die Anlage **11** einen Zweipol **12** mit einer ersten Zweipolklemme **121** und einer zweiten Zweipolklemme **122**, einen Transformator **13** mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis, eine symbolisch durch den Regelungspfeil dargestellte Schalteinrichtung **14** zum Einstellen des Übersetzungsverhältnisses des Transformators **13**, eine Steuereinrichtung **15** und eine interne Messeinrichtung **16**.

[0123] Bei dieser Ausführungsform ist der Zweipol **12** gemäß einer ersten Ausführungsform ausgebildet, bei der er eine konstante Reaktanz ungleich null hat.

[0124] Der Transformator **13** umfasst eine Primärseite **17** mit einer ersten Primärklemme **171** und einer zweiten Primärklemme **172**, eine Sekundärseite **18** mit einer ersten Sekundärklemme **181** und einer zweiten Sekundärklemme **182**. Die erste Primärklemme **171** ist an die erste Netzleitung **101** angeschlossen, die zweite Primärklemme **172** an eine Ableitung **19**, die erste Sekundärklemme **181** an die erste Zweipolklemme **121**, und die zweite Sekundärklemme **182** an die zweite Zweipolklemme **122**. Die Ableitung **19** ist hier beispielhaft an Masse angeschlossen.

[0125] Die interne Messeinrichtung **16** ist an die erste Netzleitung **101** und die Steuereinrichtung **15** gekoppelt. Sie ist hier beispielhaft ein Blindleistungsmessgerät und derart ausgebildet, dass sie die Blindleistung der der ersten Netzleitung **101** zugeordneten Phase erfassen und ein entsprechendes erstes Messsignal erzeugen und an die Steuereinrichtung **15** senden kann. Die Steuereinrichtung **15** ist an die Schalteinrichtung **14** gekoppelt und derart ausgebildet, dass sie ein erstes Einstellsignal in Abhängigkeit von dem ersten Messsignal und somit von der Blindleistung erzeugen und an die Schalteinrichtung **14** senden kann. Die Schalteinrichtung **14** ist derart ausgebildet, dass sie das Übersetzungsverhältnis in Abhängigkeit von dem ersten Einstellsignal einstellen kann. Durch Ändern des Übersetzungsverhältnisses wird die von der Anlage **11** bereitgestellte Blindleistung geändert.

[0126] Im Folgenden wird eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Bereitstellen und/oder Beeinflussen von Blindleistung in einem Wechselstromnetz näher erläutert werden.

[0127] Bei dieser Ausführungsform wird das Verfahren beispielhaft mit der Anlage **11** durchgeführt. Die Blindleistung der der ersten Netzleitung **101** zugeordneten Phase wird erfasst. Dies erfolgt beispielhaft mithilfe der Messeinrichtung **16**. Das Übersetzungsverhältnis des Transformators **13** wird in Abhängigkeit von der erfassten Blindleistung eingestellt. Dies erfolgt beispielhaft mithilfe der Steuereinrichtung **15** und der Schalteinrichtung **14**. Durch Ändern des Übersetzungsverhältnisses wird auch die von diesem abhängende Blindleistung auf der Primärseite **17** entsprechend geändert und somit über die Verbindung zwischen der ersten Primärklemme **171** und der ersten Netzleitung **101** die Blindleistung der ersten Netzleitung **101** beeinflusst.

[0128] In der **Fig.** 2 ist eine zweite Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0129] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer zweiten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0130] Bei dieser Ausführungsform ist der Zweipol **12** gemäß einer zweiten Ausführungsform ausgebildet, bei der er eine Drossel **20** mit einer ersten Drosselklemme **201** und einer zweiten Drosselklemme **202** ist, die die Zweipolklemmen **121**, **122** bilden. Da die Reaktanz der Drossel **20** positiv ist, kann diese Anlage **11** induktive Blindleistung bereitstellen und/oder die Blindleistung in induktiver Richtung beeinflussen.

[0131] Bei dieser Ausführungsform entfällt die Messeinrichtung **16** und ist die Steuereinrichtung **15** an eine Fernsteuereinrichtung **21** gekoppelt, die derart ausgebildet ist, dass sie ein Fernsteuersignal erzeugen und an die Steuereinrichtung **15** senden kann. Die Steuereinrichtung **15** ist derart ausgebildet, dass sie das erste Einstellsignal in Abhängigkeit von dem Fernsteuersignal erzeugen und an die Schalteinrichtung **14** senden kann.

[0132] In der **Fig.** 3 ist eine dritte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0133] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer dritten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0134] Bei dieser Ausführungsform ist der Zweipol **12** gemäß einer dritten Ausführungsform ausgebildet, bei der er ein Kondensator **22** mit einer ersten Kondensatorklemme **221** und einer zweiten Kondensa-

torklemme **222** ist, die die Zweipolklemmen **121**, **122** bilden. Da die Reaktanz des Kondensators **22** negativ ist, kann diese Anlage **11** kapazitive Blindleistung bereitstellen und/oder die Blindleistung in kapazitiver Richtung beeinflussen.

[0135] Bei dieser Ausführungsform ist die Steuereinrichtung **15** an eine Fernsteuereinrichtung **21** gekoppelt, die an eine externe Messeinrichtung **16'** gekoppelt ist. Die externe Messeinrichtung **16'** ist hier beispielhaft ein Blindleistungsmessgerät, an einer anderen Kopplungsstelle als die interne Messeinrichtung **16** an die erste Netzleitung **101** gekoppelt und derart ausgebildet, dass sie die Blindleistung der der ersten Netzleitung **101** zugeordneten Phase erfassen und ein entsprechendes zweites Messsignal erzeugen und an die Fernsteuereinrichtung **21** senden kann. Die Anschlussstelle, an der die erste Primärklemme **171** an die erste Netzleitung **101** angeschlossen ist, liegt beispielhaft zwischen den Kopplungsstellen, an denen die Messeinrichtungen **16**, **16'** an die erste Netzleitung **101** gekoppelt sind. Alternativ oder zusätzlich könnte die externe Messeinrichtung **16'** an die zweite Netzleitung **102** gekoppelt und derart ausgebildet sein, dass sie die Blindleistung und/oder eine andere elektrische Größe der zweiten Netzleitung **102** erfassen und ein entsprechendes drittes Messsignal erzeugen und an die Fernsteuereinrichtung **21** senden kann.

[0136] Die Fernsteuereinrichtung **21** ist derart ausgebildet, dass sie ein Fernsteuersignal in Abhängigkeit von dem zweiten Messsignal und somit von der Blindleistung und/oder in Abhängigkeit von dem dritten Messsignal erzeugen und an die Steuereinrichtung **15** senden kann. Die Steuereinrichtung **15** ist derart ausgebildet, dass sie ein zweites Einstellsignal in Abhängigkeit von dem Fernsteuersignal und somit von dem zweiten Messsignal und somit von der Blindleistung erzeugen und an die Schalteinrichtung **14** senden kann. Die Schalteinrichtung **14** ist derart ausgebildet, dass sie das Übersetzungsverhältnis nicht nur in Abhängigkeit von dem ersten Einstellsignal, sondern auch alternativ oder zusätzlich in Abhängigkeit von dem zweiten Einstellsignal einstellen kann. Alternativ oder zusätzlich könnte die Steuereinrichtung **15** derart ausgebildet sein, dass sie das erste Einstellsignal nicht nur in Abhängigkeit von dem ersten Messsignal, sondern auch alternativ oder zusätzlich in Abhängigkeit von dem Fernsteuersignal erzeugen kann.

[0137] Bei dieser Ausführungsform ist die Fernsteuereinrichtung **21** an die Schalteinrichtung **14** gekoppelt und derart ausgebildet, dass sie das Fernsteuersignal auch an die Schalteinrichtung **14** senden kann. Die Schalteinrichtung **14** ist derart ausgebildet, dass sie das Übersetzungsverhältnis nicht nur in Abhängigkeit von dem ersten Einstellsignal und/oder dem zweiten Einstellsignal, sondern auch alternativ oder zusätzlich in Abhängigkeit von dem Fernsteuersignal einstellen kann.

[0138] In der **Fig.** 4 ist eine vierte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0139] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer vierten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0140] Bei dieser Ausführungsform ist der Zweipol **12** gemäß einer vierten Ausführungsform ausgebildet, bei der er eine einstellbare oder variable oder veränderliche Reaktanz ungleich null hat und an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt ist. Die Steuereinrichtung **15** ist derart ausgebildet, dass sie ein drittes Einstellsignal in Abhängigkeit von dem ersten Messsignal und somit von der Blindleistung erzeugen und an den Zweipol **12** senden kann. Der Zweipol **12** ist derart ausgebildet, dass er seine Reaktanz in Abhängigkeit von dem dritten Einstellsignal einstellen kann. Durch Ändern der Reaktanz wird die von der Anlage **11** bereitgestellte Blindleistung geändert.

[0141] Bei dieser Ausführungsform ist die zweite Zweipolklemme **122** beispielhaft an Masse angeschlossen.

[0142] Bei dieser Ausführungsform ist die interne Messeinrichtung **16** an die erste Primärklemme **171** und somit über diese an die erste Netzleitung **101** gekoppelt.

[0143] In der **Fig.** 5 ist eine fünfte Ausführungsform des Zweipols **12** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der vierten Ausführungsform des Zweipols **12**, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0144] Bei dieser Ausführungsform umfasst der Zweipol **12** eine Drossel **20** mit einer ersten Drosselklemme **201** und einer zweiten Drosselklemme **202**, einen Kondensator **22** mit einer ersten Kondensatorklemme **221** und einer zweiten Kondensatorklemme **222** und eine Auswahleinrichtung **23**. Die erste Drosselklemme **201** ist mit der ersten Zweipolklemme **121** elektrisch leitend verbunden. Die erste Kondensatorklemme **221** ist mit der ersten Zweipolklemme **121** elektrisch leitend verbunden. Die Auswahleinrichtung **23** ist an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt und derart ausgebildet, dass sie in Abhängigkeit von dem dritten Einstellsignal die Drossel **20** oder den Kondensator **22** mit den Zweipolklemmen **121**, **122** elektrisch leitend verbinden kann.

[0145] Bei dieser Ausführungsform umfasst die Auswahleinrichtung **23** einen Wechselschalter **24** mit einem ersten Außenkontakt **241**, einem zweiten Außenkontakt **242** und einem beweglichen Mittelkontakt **243**. Der erste Außenkontakt **241** ist mit der zweiten Drosselklemme **202** und der zweite Außenkontakt **242** mit der zweiten Kondensatorklemme **222** elektrisch leitend verbunden. Der Mittelkontakt **243** ist mit der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden. Der Wechselschalter **24** ist an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt und derart ausgebildet, dass er den Mittelkontakt **243** in Abhängigkeit von dem dritten Einstellsignal entweder an den ersten **241** oder den zweiten Außenkontakt **242** anlegen kann. Falls der Mittelkontakt **243** an dem ersten Außenkontakt **241** anliegt, so ist die zweite Drosselklemme **202** mit der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass die Reaktanz des Zweipols **12** positiv ist. Falls der Mittelkontakt **243** an dem zweiten Außenkontakt **242** anliegt, so ist die zweite Kondensatorklemme **222** mit der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass die Reaktanz des Zweipols **12** negativ ist.

[0146] In der **Fig.** 6 ist eine sechste Ausführungsform des Zweipols **12** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform des Zweipols **12**, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0147] Bei dieser Ausführungsform umfasst die Auswahleinrichtung **23** einen ersten Auswahlschalter **25** und einen zweiten Auswahlschalter **26**. Der erste Auswahlschalter **25** ist mit der zweiten Drosselklemme **202** und der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass er mit der Drossel **20** eine erste Serienschaltung bildet. Der zweite Auswahlschalter **26** ist mit der zweiten Kondensatorklemme **222** und der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass er mit dem Kondensator **22** eine zweite Serienschaltung bildet. Die erste Drosselklemme **201** und die erste Kondensatorklemme **221** sind mit der ersten Zweipolklemme **121** elektrisch leitend verbunden, sodass die Serienschaltungen parallel zueinander zwischen die Zweipolklemmen **121**, **122** geschaltet sind. Die Auswahlschalter **25**, **26** sind an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt und derart ausgebildet, dass in Abhängigkeit von dem dritten Einstellsignal entweder der erste **25** oder der zweite Auswahlschalter **26** geschlossen ist. Falls der erste Auswahlschalter **25** geschlossen ist, so ist die zweite Drosselklemme **202** mit der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass die Reaktanz des Zweipols **12** positiv ist. Falls der zweite Auswahlschalter **26** geschlossen ist, so ist die zweite Kondensatorklemme **222** mit der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass die Reaktanz des Zweipols **12** negativ ist.

[0148] In der **Fig.** 7 ist eine siebente Ausführungsform des Zweipols **12** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der sechsten Ausführungsform des Zweipols **12**, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0149] Bei dieser Ausführungsform ist der erste Auswahlschalter **25** mit dem zweiten Auswahlschalter **26** und der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass er mit dem zweiten Auswahlschalter **26** eine erste Serienschaltung bildet. Die Drossel **20** ist mit der zweiten Kondensatorklemme **222** und der zweiten Zweipolklemme **122** elektrisch leitend verbunden, sodass sie mit dem Kondensator **22** eine zweite Serienschaltung bildet. Der zweite Auswahlschalter **26** und die erste Kondensatorklemme **221** sind mit der ersten Zweipolklemme **121** elektrisch leitend verbunden, sodass die Serienschaltungen parallel zueinander zwischen die Zweipolklemmen **121**, **122** geschaltet sind. Die Serienschaltungen sind an ihren Mitten, also zum Einen zwischen den Auswahlschaltern **25**, **26** und zum Anderen zwischen der zweiten Drosselklemme **202** und der ersten Kondensatorklemme **221** über einen Brückenzweig **27** elektrisch leitend verbunden.

[0150] Falls der erste Auswahlschalter **25** geschlossen ist, so ist die zweite Kondensatorklemme **222** nicht nur mit der ersten Drosselklemme **201**, sondern auch mit der zweiten Zweipolklemme **122** und der zweiten Drosselklemme **202** elektrisch leitend verbunden, sodass die Drossel **20** über den Brückenzweig **27** und den ersten Auswahlschalter **25** überbrückt ist und die Reaktanz des Zweipols **12** negativ ist.

[0151] Falls der zweite Auswahlschalter **26** geschlossen ist, so ist die erste Drosselklemme **201** nicht nur mit zweiten Kondensatorklemme **222**, sondern auch mit der ersten Zweipolklemme **121** und der ersten Kondensatorklemme **221** elektrisch leitend verbunden, sodass der Kondensator **22** über den Brückenzweig **27** und den zweiten Auswahlschalter **26** überbrückt ist und die Reaktanz des Zweipols **12** positiv ist.

[0152] In der **Fig.** 8 ist eine fünfte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0153] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer fünften Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0154] Bei dieser Ausführungsform weist die Primärseite **17** eine Stammwicklung **28** mit einer der ersten

Primärklemme **171** fernen Endanzapfung **281** und eine Regelwicklung **29** mit einer ersten Anzapfung **291** und einer zweiten Anzapfung **292** auf. Die erste Anzapfung **291** ist mit der Endanzapfung **281** und der Schalteinrichtung **14** elektrisch leitend verbunden, sodass die Stammwicklung **28** und die Regelwicklung **29** nicht galvanisch voneinander getrennt, sondern elektrisch leitend miteinander verbunden sind. Die zweite Anzapfung **292** ist mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbunden. Die Schalteinrichtung **14** umfasst einen ersten Schalter **30**, einen zweiten Schalter **31** und einen dritten Schalter **32**, die an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt sind. Der erste Schalter **30** ist zwischen die erste Anzapfung **291** und die zweite Primärklemme **172** geschaltet. Der zweite Schalter **31** ist zwischen die zweite Anzapfung **292** und die zweite Primärklemme **172** geschaltet. Der dritte Schalter **32** ist zwischen die erste Primärklemme **171** und die erste Netzleitung **101** geschaltet.

[0155] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Stammwicklung **28** in einem ersten Fall über die ganze, seriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem zweiten Fall unter Umgehung oder Auslassung oder Überbrückung der Regelwicklung **29** mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbinden kann. Für den ersten Fall wird der erste Schalter **30** geöffnet und der zweite Schalter **31** geschlossen. Folglich kann der Strom gleichsinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Primärklemme **172** fließen. Für den zweiten Fall wird der erste Schalter **30** geschlossen und der zweite Schalter **31** geöffnet. Folglich kann der Strom durch die Stammwicklung **28** und direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Primärklemme **172** fließen.

[0156] In dem zweiten Fall könnte aber auch der zweite Schalter **31** geschlossen werden. Folglich könnte der Strom durch die Stammwicklung **28** und zu einem Teil direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Primärklemme **172** fließen und zu einem anderen Teil durch die Regelwicklung **29** fließen und hierdurch zu einem Kreisstrom führen.

[0157] Bei dieser Ausführungsform hat die Sekundärseite **18** beispielhaft 100 Windungen, die Stammwicklung **28** beispielhaft 500 Windungen, und die Regelwicklung **29** beispielhaft 500 Windungen, sodass die Primärseite **17** insgesamt 1000 Windungen hat. Somit ist die Windungszahl der Regelwicklung **29** gleich 100% = 500/500 der Windungszahl der Stammwicklung **28** und gleich 50% = 500/1000 der Gesamtwindungszahl der Primärseite **17**, und die Windungszahl der Sekundärseite **18** gleich 10% = 100/1000 der Gesamtwindungszahl der Primärseite **17**.

[0158] Folglich kann in dem zweiten Fall die effektive Windungszahl der Primärseite **17**, also die Anzahl der stromdurchflossenen Windungen der Primärseite **17**, auf einen Wert von 500 = 500 ± 0 und somit auf ein Minimum von 50% = 500/1000 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis, also der Quotient aus der Windungszahl der Sekundärseite **18** und der effektiven Windungszahl der Primärseite **17**, auf einen Wert von 0,2 = 100/500 und somit auf das maximale Übersetzungsverhältnis. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die maximale Blindleistung bereitstellen, die proportional zum Quadrat des effektiven Übersetzungsverhältnisses, also zu $0{,}04 = 0{,}2^2$ ist.

[0159] Folglich kann in dem ersten Fall die effektive Windungszahl der Primärseite **17** auf einen Wert von 1000 = 500 + 500 und somit auf ein Maximum von 100% = 1000/1000 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,1 = 100/1000 und somit auf ein Minimum von 50% = 0,1/0,2 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die minimale Blindleistung bereitstellen, die proportional zu $0{,}01 = 0{,}1^2$ und gleich 25% = 0,01/0,04 der maximalen Blindleistung ist.

[0160] Folglich kann mithilfe von Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung die effektive Windungszahl der Primärseite **17** auf jeden übrigen Wert zwischen 500 = 500 ± 0 und 1000 = 500 + 500 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 50% = 500/1000 und 100% = 1000/1000 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf jeden übrigen Wert zwischen 0,2 = 100/500 und 0,1 = 100/1000 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 100% = 0,2/0,2 und 50% = 0,1/0,2 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** jede übrige Blindleistung bereitstellen, die zwischen 100% = 0,04/0,04 und 25% = 0,01/0,04 der maximalen Blindleistung liegt.

[0161] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Verbindung zwischen erster Netzleitung **101** und Primärseite **17** und/oder die Verbindung zwischen Primärseite **17** und Ableitung **19** trennen kann. Für den ersten Fall wird der dritte Schalter **32** geöffnet und der erste **30** und/oder der zweite Schalter **31** geschlossen. Für den zweiten Fall wird der dritte Schalter **32** geschlossen und der erste **30** und der zweite Schalter **31** geöffnet. Für den dritten Fall, in dem sowohl erste Netzleitung **101** als auch Ableitung **19** abgetrennt werden, werden der dritte **32**, der erste **30** und der zweite Schalter **31** geöffnet.

[0162] In der **Fig.** 9 ist eine sechste Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dar-

gestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0163] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer sechsten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0164] Bei dieser Ausführungsform umfasst die Regelwicklung **29** eine dritte Anzapfung **293**, die zwischen der ersten **291** und der zweiten Anzapfung **292** angeordnet und mit der Schalteinrichtung **14** elektrisch leitend verbunden ist und die Regelwicklung **29** in entsprechende Teile unterteilt. Die Schalteinrichtung **14** ist derart ausgebildet, dass sie zum Einstellen eines gewünschten Übersetzungsverhältnisses die Stammwicklung **28** und die geeigneten Teile der Regelwicklung **29** über die entsprechenden Anzapfungen **291**, **292**, **293** miteinander verbinden kann.

[0165] Bei dieser Ausführungsform ist der erste Schalter **30** als Wechselschalter mit einem ersten Außenkontakt, einem zweiten Außenkontakt und einem beweglichen Mittelkontakt ausgebildet. Der erste Außenkontakt ist mit der ersten Anzapfung **291** und der zweite Außenkontakt mit der dritten Anzapfung **293** elektrisch leitend verbunden. Der Mittelkontakt ist mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbunden und hat eine stabile Mittelstellung. Der erste Schalter **30** ist an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt und derart ausgebildet, dass er den Mittelkontakt in Abhängigkeit von dem dritten Einstellsignal entweder an den ersten oder den zweiten Außenkontakt anlegen oder in der Mittelstellung halten kann, in der der Mittelkontakt an keinem Außenkontakt anliegt, sodass der erste Schalter **30** geöffnet ist. Falls der Mittelkontakt an dem ersten Außenkontakt anliegt, so ist die erste Anzapfung **291** mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbunden. Falls der Mittelkontakt an dem zweiten Außenkontakt anliegt, so ist die dritte Anzapfung **293** mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbunden. Falls der Mittelkontakt in der Mittelstellung ist, so ist weder die erste **291** noch die dritte Anzapfung **293** über den ersten Schalter **30** mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbunden.

[0166] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Stammwicklung **28** in einem ersten Fall über die ganze, seriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem zweiten Fall unter Umgehung oder Auslassung oder Überbrückung der Regelwicklung **29** oder in einem dritten Fall über einen seriell geschalteten Teil der Regelwicklung **29** mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbinden kann. Für den ersten Fall wird der erste Schalter **30** geöffnet und der zweite Schalter **31** geschlossen. Folglich kann der Strom gleichsinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Primärklemme **172** fließen. Für den zweiten Fall wird der erste Schalter **30** durch Anlegen an den ersten Außenkontakt geschlossen und der zweite Schalter **31** geöffnet. Folglich kann der Strom durch die Stammwicklung **28** und direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Primärklemme **172** fließen. Für den dritten Fall wird der erste Schalter **30** durch Anlegen an den zweiten Außenkontakt geschlossen und der zweite Schalter **31** geöffnet. Folglich kann der Strom gleichsinnig durch die Stammwicklung **28** und den zwischen der ersten **291** und der dritten Anzapfung **293** liegenden Teil der Regelwicklung **29** zu der zweiten Primärklemme **172** fließen.

[0167] In dem zweiten Fall könnte aber auch der zweite Schalter **31** geschlossen werden. Folglich könnte der Strom durch die Stammwicklung **28** und zu einem Teil direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Primärklemme **172** fließen und zu einem anderen Teil durch die Regelwicklung **29** fließen und hierdurch zu einem Kreisstrom führen.

[0168] In dem dritten Fall könnte aber auch der zweite Schalter **31** geschlossen werden. Folglich könnte der Strom gleichsinnig durch die Stammwicklung **28**, den zwischen der ersten **291** und der dritten Anzapfung **293** liegenden Teil der Regelwicklung **29** und zu einem Teil direkt, also an dem zwischen der dritten **293** und der zweiten Anzapfung **292** liegenden Teil der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Primärklemme **172** fließen und zu einem anderen Teil durch den zwischen der dritten **293** und der zweiten Anzapfung **292** liegenden Teil der Regelwicklung **29** fließen und hierdurch zu einem Kreisstrom führen.

[0169] In der **Fig.** 10 ist eine siebente Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0170] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer siebenten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0171] Bei dieser Ausführungsform ist die Stammwicklung **28** galvanisch von der Regelwicklung **29** getrennt. Die Schalteinrichtung **14** umfasst den ersten **30** und den zweiten Schalter **31** und anstelle des dritten Schalters **32** einen vierten Schalter **33** und einen fünften Schalter **34**, die an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt sind. Der vierte Schalter **33** ist zwischen die Endanzapfung **281** und die zweite Anzapfung **292** geschaltet. Der fünfte Schalter **34** ist zwischen die Endanzapfung **281** und die erste Anzapfung **291** ge-

schaltet. Die Schalteinrichtung **14** umfasst somit vier Schalter **30**, **31**, **33**, **34**, die als Brücke mit einem Brückenzweig geschaltet sind, den die Regelwicklung **29** bildet. Somit ist die erste Anzapfung **291** über den fünften Schalter **34** mit der Endanzapfung **281** und die zweite Anzapfung **292** über den zweiten Schalter **31** mit der zweiten Primärklemme **172** verbunden.

[0172] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Stammwicklung **28** in einem ersten Fall über die ganze, seriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem zweiten Fall über die ganze, antiseriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem dritten Fall unter Umgehung oder Auslassung oder Überbrückung der Regelwicklung **29** mit der zweiten Primärklemme **172** elektrisch leitend verbinden kann. Für den ersten Fall wird der vierte Schalter **33** geöffnet, der fünfte Schalter **34** geschlossen, der erste Schalter **30** geöffnet und der zweite Schalter **31** geschlossen. Folglich kann der Strom gleichsinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Primärklemme **172** fließen. Für den zweiten Fall wird der fünfte Schalter **34** geöffnet, der vierte Schalter **33** geschlossen, der zweite Schalter **31** geöffnet und der erste Schalter **30** geschlossen. Folglich kann der Strom gegensinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Primärklemme **172** fließen. Für den dritten Fall werden der vierte **33** und der zweite Schalter **31** geschlossen, der fünfte Schalter **34** geöffnet oder geschlossen und der erste Schalter **30** geöffnet oder geschlossen. Folglich kann der Strom durch die Stammwicklung **28** und direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei zu der zweiten Primärklemme **172** fließen.

[0173] Für den dritten Fall könnte aber auch der fünfte **34** und der erste Schalter **30** geschlossen, der vierte Schalter **33** geöffnet oder geschlossen und der zweite Schalter **31** geöffnet oder geschlossen werden.

[0174] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Verbindung zwischen Primärseite **17** und Ableitung **19** trennen kann. Für diesen Fall werden der erste **30**, der zweite **31**, der vierte **33** und der fünfte Schalter **34** geöffnet, wobei der vierte **33** oder der fünfte Schalter **34** aber auch geschlossen werden kann. Folglich kann der Strom nicht von der Stammwicklung **28** zu der zweiten Primärklemme **172** und weiter zur Ableitung **19** fließen.

[0175] Für diesen Fall könnten aber auch der vierte **33** und der fünfte Schalter **34** geschlossen werden. Folglich würde der Strom von der Stammwicklung **28** zwar nicht zu der zweiten Primärklemme **172** und weiter zur Ableitung **19**, aber durch die Regelwicklung **29** fließen und hierdurch zu einem Kreisstrom führen.

[0176] Bei dieser Ausführungsform sind die Schalter **30**, **31**, **33**, **34** Halbleiterschalter, die jeweils ein Paar antiparallel geschalteter Thyristoren (nicht dargestellt) oder ein Paar antiseriell geschalteter IGBTs (nicht dargestellt) umfassen, und ist die Steuereinrichtung **15** derart ausgebildet, dass sie diese Schalter **30**, **31**, **33**, **34** und somit die Schalteinrichtung **14** durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung ansteuern kann. Hierdurch können auch beliebige virtuelle Zwischenwerte des Übersetzungsverhältnisses sehr schnell eingestellt werden.

[0177] Bei dieser Ausführungsform hat die Sekundärseite **18** beispielhaft 150 Windungen, die Stammwicklung **28** beispielhaft 500 Windungen, und die Regelwicklung **29** beispielhaft 250 Windungen, sodass die Primärseite **17** insgesamt 750 Windungen hat. Somit ist die Windungszahl der Regelwicklung **29** gleich 50% = 250/500 der Windungszahl der Stammwicklung **28** und gleich 33% = 250/750 der Gesamtwindungszahl der Primärseite **17**, und die Windungszahl der Sekundärseite **18** gleich 20% = 150/750 der Gesamtwindungszahl der Primärseite **17**.

[0178] Folglich kann in dem zweiten Fall die effektive Windungszahl der Primärseite **17** auf einen Wert von 250 = 500 – 250 und somit auf ein Minimum von 33% = 250/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,6 = 150/250 und somit auf das maximale Übersetzungsverhältnis. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die maximale Blindleistung bereitstellen, die proportional zum Quadrat des effektiven Übersetzungsverhältnisses, also zu $0{,}36 = 0{,}6^2$ ist.

[0179] Folglich kann in dem ersten Fall die effektive Windungszahl der Primärseite **17** auf einen Wert von 750 = 500 + 250 und somit auf ein Maximum von 100% = 750/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,2 = 150/750 und somit auf ein Minimum von 33% = 0,2/0,6 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die minimale Blindleistung bereitstellen, die proportional zu $0{,}04 = 0{,}2^2$ und gleich 11% = 0,04/0,36 der maximalen Blindleistung ist.

[0180] Folglich kann in dem dritten Fall die effektive Windungszahl der Primärseite **17** auf einen Wert von 500 = 500 ± 0 und somit auf 67% = 500/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,3 = 150/500 und somit auf 50% = 0,3/0,6 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** eine Blindleistung bereitstellen, die proportional zu $0{,}09 = 0{,}3^2$ und gleich 25% = 0,09/0,36 der maximalen Blindleistung ist.

[0181] Folglich kann mithilfe von Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung die effektive Windungszahl der Primärseite **17** auf jeden übrigen Wert zwischen 250 = 500 – 250 und 750 = 500 + 250 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 33% = 250/750 und 100% = 750/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf jeden übrigen Wert zwischen 0,6 = 150/250 und 0,2 = 150/750 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 100% = 0,6/0,6 und 33% = 0,2/0,6 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** jede übrige Blindleistung bereitstellen, die zwischen 100% = 0,36/0,36 und 11% = 0,04/0,36 der maximalen Blindleistung liegt.

[0182] In der **Fig.** 11 ist eine achte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0183] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer achten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der fünften Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0184] Bei dieser Ausführungsform ist nicht die Primärseite **17**, sondern die Sekundärseite **18** in Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** unterteilt. Die erste Anzapfung **291** ist mit der der ersten Sekundärklemme **181** fernen Endanzapfung **281** der Stammwicklung **28** und der Schalteinrichtung **14** elektrisch leitend verbunden. Die zweite Anzapfung **292** ist mit der zweiten Sekundärklemme **182** elektrisch leitend verbunden. Der erste Schalter **30** ist zwischen die erste Anzapfung **291** und die zweite Sekundärklemme **182** geschaltet. Der zweite Schalter **31** ist zwischen die zweite Anzapfung **292** und die zweite Sekundärklemme **182** geschaltet. Der dritte Schalter **32** ist zwischen die erste Sekundärklemme **181** und die erste Zweipolklemme **121** geschaltet.

[0185] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Stammwicklung **28** in einem ersten Fall über die ganze, seriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem zweiten Fall unter Umgehung oder Auslassung oder Überbrückung der Regelwicklung **29** mit der zweiten Sekundärklemme **182** elektrisch leitend verbinden kann. Für den ersten Fall wird der erste Schalter **30** geöffnet und der zweite Schalter **31** geschlossen. Folglich kann der Strom gleichsinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Sekundärklemme **182** fließen. Für den zweiten Fall wird der erste Schalter **30** geschlossen und der zweite Schalter **31** geöffnet. Folglich kann der Strom durch die Stammwicklung **28** und direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Sekundärklemme **182** fließen.

[0186] In dem zweiten Fall könnte aber auch der zweite Schalter **31** geschlossen werden. Folglich könnte der Strom durch die Stammwicklung **28** und zu einem Teil direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei, zu der zweiten Sekundärklemme **182** fließen und zu einem anderen Teil durch die Regelwicklung **29** fließen und hierdurch zu einem Kreisstrom führen.

[0187] Bei dieser Ausführungsform hat die Primärseite **17** beispielhaft 2500 Windungen, die Stammwicklung **28** beispielhaft 500 Windungen, und die Regelwicklung **29** beispielhaft 500 Windungen, sodass die Sekundärseite **18** insgesamt 1000 Windungen hat. Somit ist die Windungszahl der Regelwicklung **29** gleich 100% = 500/500 der Windungszahl der Stammwicklung **28** und gleich 50% = 500/1000 der Gesamtwindungszahl der Sekundärseite **18**, und die Gesamtwindungszahl der Sekundärseite **18** gleich 40% = 1000/2500 der Windungszahl der Primärseite **17**.

[0188] Folglich kann in dem ersten Fall die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18**, also die Anzahl der stromdurchflossenen Windungen der Sekundärseite **18**, auf einen Wert von 1000 = 500 + 500 und somit auf ein Maximum von 100% = 1000/1000 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis, also der Quotient aus der effektiven Windungszahl der Sekundärseite **18** und der Windungszahl der Primärseite **17**, auf einen Wert von 0,4 = 1000/2500 und somit auf das maximale Übersetzungsverhältnis. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die maximale Blindleistung bereitstellen, die proportional zu $0{,}16 = 0{,}4^2$ ist.

[0189] Folglich kann in dem zweiten Fall die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18** auf einen Wert von 500 = 500 ± 0 und somit auf ein Minimum von 50% = 500/1000 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,2 = 500/2500 und somit auf ein Minimum von 50% = 0,2/0,4 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die minimale Blindleistung bereitstellen, die proportional zum Quadrat des effektiven Übersetzungsverhältnisses, also zu $0{,}04 = 0{,}2^2$ und gleich 25% = 0,04/0,16 der maximalen Blindleistung ist.

[0190] Folglich kann mithilfe von Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18** auf jeden übrigen Wert zwischen 500 = 500 ± 0 und 1000 = 500 + 500 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 50% = 500/1000 und 100% = 1000/1000 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Überset-

zungsverhältnis auf jeden übrigen Wert zwischen 0, 2 = 500/2500 und 0,4 = 1000/2500 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 100% = 0,4/0,4 und 50% = 0,2/0,4 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** jede übrige Blindleistung bereitstellen, die zwischen 100% = 0, 16/0,16 und 25% = 0,04/0,16 der maximalen Blindleistung liegt.

[0191] Trotzdem müssen die Schalteinrichtung **14** und vor Allem die Schalter **30**, **31** lediglich auf 50% = 500/1000 der an der Sekundärseite **18** anliegenden Maximalspannung und der maximalen Blindleistung ausgelegt werden.

[0192] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Verbindung zwischen Sekundärseite **18** und erster Zweipolklemme **121** und/oder zweiter Zweipolklemme **122** trennen kann. Für den ersten Fall wird der dritte Schalter **32** geöffnet und der erste **30** und/oder der zweite Schalter **31** geschlossen. Für den zweiten Fall wird der dritte Schalter **32** geschlossen und der erste **30** und der zweite Schalter **31** geöffnet. Für den dritten Fall, in dem sowohl erste **121** als auch zweite Zweipolklemme **122** abgetrennt werden, werden der dritte **32**, der erste **30** und der zweite Schalter **31** geöffnet.

[0193] In der **Fig.** 12 ist eine neunte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der achten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0194] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer neunten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der achten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0195] Bei dieser Ausführungsform ist die Stammwicklung **28** galvanisch von der Regelwicklung **29** getrennt. Die Schalteinrichtung **14** umfasst den ersten **30** und den zweiten Schalter **31** und anstelle des dritten Schalters **32** einen vierten Schalter **33** und einen fünften Schalter **34**, die an die Steuereinrichtung **15** gekoppelt sind. Der vierte Schalter **33** ist zwischen die Endanzapfung **281** und die zweite Anzapfung **292** geschaltet. Der fünfte Schalter **34** ist zwischen die Endanzapfung **281** und die erste Anzapfung **291** geschaltet. Die Schalteinrichtung **14** umfasst somit vier Schalter **30**, **31**, **33**, **34**, die als Brücke mit einem Brückenzweig geschaltet sind, den die Regelwicklung **29** bildet. Somit ist die erste Anzapfung **291** über den fünften Schalter **34** mit der Endanzapfung **281** und die zweite Anzapfung **292** über den zweiten Schalter **31** mit der zweiten Sekundärklemme **182** verbunden.

[0196] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Stammwicklung **28** in einem ersten Fall über die ganze, seriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem zweiten Fall über die ganze, antiseriell geschaltete Regelwicklung **29** oder in einem dritten Fall unter Umgehung oder Auslassung oder Überbrückung der Regelwicklung **29** mit der zweiten Sekundärklemme **182** elektrisch leitend verbinden kann. Für den ersten Fall wird der vierte Schalter **33** geöffnet, der fünfte Schalter **34** geschlossen, der erste Schalter **30** geöffnet und der zweite Schalter **31** geschlossen. Folglich kann der Strom gleichsinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Sekundärklemme **182** fließen. Für den zweiten Fall wird der fünfte Schalter **34** geöffnet, der vierte Schalter **33** geschlossen, der zweite Schalter **31** geöffnet und der erste Schalter **30** geschlossen. Folglich kann der Strom gegensinnig durch Stammwicklung **28** und Regelwicklung **29** zu der zweiten Sekundärklemme **182** fließen. Für den dritten Fall werden der vierte **33** und der zweite Schalter **31** geschlossen, der fünfte Schalter **34** geöffnet oder geschlossen und der erste Schalter **30** geöffnet oder geschlossen. Folglich kann der Strom durch die Stammwicklung **28** und direkt, also an der Regelwicklung **29** vorbei zu der zweiten Sekundärklemme **182** fließen.

[0197] Für den dritten Fall könnte aber auch der fünfte **34** und der erste Schalter **30** geschlossen, der vierte Schalter **33** geöffnet oder geschlossen und der zweite Schalter **31** geöffnet oder geschlossen werden.

[0198] Bei dieser Ausführungsform ist die Schalteinrichtung **14** derart ausgebildet, dass sie, je nach Einstellsignal, die Verbindung zwischen Sekundärseite **18** und zweiter Zweipolklemme **122** trennen kann. Hierfür werden der erste **30** und der zweite Schalter **31** geöffnet, der vierte Schalter **33** geöffnet oder geschlossen und der fünfte Schalter **34** geöffnet oder geschlossen.

[0199] Bei dieser Ausführungsform sind die Schalter **30**, **31**, **33**, **34** Halbleiterschalter, die jeweils ein Paar antiparallel geschalteter Thyristoren (nicht dargestellt) oder ein Paar antiseriell geschalteter IGBTs (nicht dargestellt) umfassen, und ist die Steuereinrichtung **15** derart ausgebildet, dass sie diese die Schalter **30**, **31**, **33**, **34** und somit die Schalteinrichtung **14** durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung ansteuern. Hierdurch können auch beliebige virtuelle Zwischenwerte des Übersetzungsverhältnisses sehr schnell eingestellt werden.

[0200] Bei dieser Ausführungsform hat die Primärseite **17** beispielhaft 1500 Windungen, die Stammwicklung **28** beispielhaft 500 Windungen, und die Regelwicklung **29** beispielhaft 250 Windungen, sodass

die Sekundärseite **18** insgesamt 750 Windungen hat. Somit ist die Windungszahl der Regelwicklung **29** gleich 50% = 250/500 der Windungszahl der Stammwicklung **28** und gleich 33% = 250/750 der Gesamtwindungszahl der Sekundärseite **18**, und die Gesamtwindungszahl der Sekundärseite **18** gleich 50% = 750/1500 der Windungszahl der Primärseite **17**.

[0201] Folglich kann in dem ersten Fall die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18** auf einen Wert von 750 = 500 + 250 und somit auf ein Maximum von 100% = 750/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,5 = 750/1500 und somit auf das maximale Übersetzungsverhältnis. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die maximale Blindleistung bereitstellen, die proportional zu $0,25 = 0,5^2$ ist.

[0202] Folglich kann in dem zweiten Fall die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18** auf einen Wert von 250 = 500 – 250 und somit auf ein Minimum von 33% = 250/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,17 = 250/1500 und somit auf ein Minimum von 33% = 0,17/0,5 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** die minimale Blindleistung bereitstellen, die proportional zum Quadrat des effektiven Übersetzungsverhältnisses, also zu $0,03 = 0,17^2$ und gleich 11% = 0,03/0,25 der maximalen Blindleistung ist.

[0203] Folglich kann in dem dritten Fall die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18** auf einen Wert von 500 = 500 ± 0 und somit auf 67% = 500/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf einen Wert von 0,33 = 500/1500 und somit auf 67% = 0,33/0,6 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** eine Blindleistung bereitstellen, die proportional zu $0,11 = 0,33^2$ und gleich 44% = 0,11/0,25 der maximalen Blindleistung ist.

[0204] Folglich kann mithilfe von Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung die effektive Windungszahl der Sekundärseite **18** auf jeden übrigen Wert zwischen 250 = 500 – 250 und 750 = 500 + 250 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 33% = 250/750 und 100% = 750/750 der Gesamtwindungszahl eingestellt werden, und das effektive Übersetzungsverhältnis auf jeden übrigen Wert zwischen 0,5 = 750/1500 und 0,17 = 250/1500 und somit auf jeden übrigen Wert zwischen 100% = 0,5/0,5 und 33% = 0,17/0,5 des maximalen Übersetzungsverhältnisses. In diesem Fall kann also die Anlage **11** jede übrige Blindleistung bereitstellen, die zwischen 100% = 0,25/0,25 und 11% = 0,03/0,25 der maximalen Blindleistung liegt.

[0205] Trotzdem müssen die Schalteinrichtung **14** und vor Allem die Halbleiterschalter **30**, **31**, **33**, **34** lediglich auf 33% = 250/750 der an der Sekundärseite **18** anliegenden Maximalspannung und der maximalen Blindleistung ausgelegt werden.

[0206] In der **Fig.** 13 ist eine zehnte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der neunten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0207] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer zehnten Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der neunten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0208] Bei dieser Ausführungsform umfasst die Anlage **11** einen zweiten Zweipol **35** mit einer dritten Zweipolklemme **351** und einer vierten Zweipolklemme **352** und eine zweite Schalteinrichtung **14'**, und der Transformator **13** eine Tertiärseite **36** mit einer ersten Tertiärklemme **361** und einer zweiten Tertiärklemme **362**. Die zweite Schalteinrichtung **14'** dient zum Einstellen des zweiten Übersetzungsverhältnisses des Transformators **13** zwischen Tertiärseite **36** und Primärseite **17**. Die Tertiärseite **36** ist von der Primärseite **17** und der Sekundärseite **18** galvanisch getrennt

[0209] Der zweite Zweipol **35** hat wie der erste Zweipol **12** eine Reaktanz ungleich null. Der erste Zweipol **12** ist gemäß der ersten Ausführungsform eine Drossel **20**. Der zweite Zweipol **35** ist gemäß der zweiten Ausführungsform ein Kondensator **22**, dessen Kondensatorklemmen **221**, **222** die dritte **351** und die vierte Zweipolklemme **352** bilden.

[0210] Die erste Tertiärklemme **361** ist an die dritte Zweipolklemme **351** und die zweite Tertiärklemme **362** an die vierte Zweipolklemme **352** angeschlossen. Die Tertiärseite **36** weist wie die Sekundärseite **18** eine Stammwicklung **28** und eine Regelwicklung **29** auf, die galvanisch voneinander getrennt sind.

[0211] Die Steuereinrichtung **15** ist an die zweite Schalteinrichtung **14'** gekoppelt und derart ausgebildet, dass sie ein viertes Einstellsignal in Abhängigkeit von dem ersten Messsignal und somit von der Blindleistung erzeugen und an die zweite Schalteinrichtung **14'** senden kann. Die zweite Schalteinrichtung **14'** ist derart ausgebildet, dass sie das zweite Übersetzungsverhältnis in Abhängigkeit von dem vierten Einstellsignal einstellen kann. Durch Ändern des zweiten Übersetzungsverhältnisses wird die von der Anlage **11** bereitgestellte Blindleistung geändert.

[0212] Die zweite Schalteinrichtung **14'** ist analog zu der ersten Schalteinrichtung **14** ausgebildet und der-

art an die Stammwicklung **28** und die Regelwicklung **29** der Tertiärseite **36** gekoppelt, dass sie, je nach Einstellsignal, die Stammwicklung **28** über die ganze, seriell geschaltete Regelwicklung **29** oder über die ganze, antiseriell geschaltete Regelwicklung **29** oder unter Umgehung oder Auslassung oder Überbrückung der Regelwicklung **29** mit der zweiten Tertiärklemme **362** elektrisch leitend verbinden kann.

[0213] Die Steuereinrichtung **15** ist derart ausgebildet, dass sie die Schalteinrichtungen **14**, **14'** derart ansteuern kann, dass die erste Schalteinrichtung **14** den ersten Zweipol **12** an die Sekundärseite **18** koppelt oder von der Sekundärseite **18** entkoppelt und/oder die zweite Schalteinrichtung **14'** den zweiten Zweipol **35** an die Tertiärseite **36** koppelt oder von der Tertiärseite **36** entkoppelt.

[0214] In der **Fig.** 14 ist eine elfte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0215] Bei dieser Ausführungsform ist die Ableitung **19** nicht an Masse, sondern beispielhaft an die zweite Netzleitung **102** angeschlossen.

[0216] Bei dieser Ausführungsform ist die Anlage **11** gemäß einer elften Ausführungsform ausgebildet. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0217] Bei dieser Ausführungsform ist die interne Messeinrichtung **16** nicht nur an die erste Netzleitung **101**, sondern auch noch an die zweite Netzleitung **102** gekoppelt und derart ausgebildet sein, dass sie die Blindleistung und/oder eine andere elektrische Größe der zweiten Netzleitung **102** erfassen und ein entsprechendes viertes Messsignal erzeugen und an die Steuereinrichtung **15** senden kann.

[0218] Die Steuereinrichtung **15** ist derart ausgebildet, dass sie das erste Einstellsignal in Abhängigkeit von dem ersten Messsignal und/oder von dem vierten Messsignal und somit von der Blindleistung der zweiten Netzleitung **102** erzeugen und an die Schalteinrichtung **14** senden kann.

[0219] In der **Fig.** 15 ist eine zwölfte Ausführungsform des Wechselstromnetzes **10** schematisch dargestellt. Diese Ausführungsform ähnelt der ersten Ausführungsform, sodass im Folgenden vor Allem die Unterschiede näher erläutert werden.

[0220] Bei dieser Ausführungsform umfasst die erste Netzleitung **101** einen ersten Netzleitungsabschnitt **101a** und einen zweiten Netzleitungsabschnitt **101b**, die galvanisch voneinander getrennt sind. Die erste Primärklemme **171** ist an den ersten Netzleitungsabschnitt **101a** und die Ableitung **19** und somit die zweite Primärklemme **172** nicht an Masse, sondern an den zweiten Netzleitungsabschnitt **101b** angeschlossen. Somit sind die beiden durch diese Trennung definierten Netzleitungsabschnitte **101a**, **101b** über die seriell mit ihnen geschaltete Primärseite **17** elektrisch leitend verbunden.

Bezugszeichenliste

10	Wechselstromnetz
101/102	erste/zweite Netzleitung von **10**
101a/101b	erster/zweiter Netzleitungsabschnitt von **101**
11	Anlage zum Bereitstellen von Blindleistung
12	(erster) Zweipol
121/122	erste/zweite Zweipolklemme von **12**
13	Transformator
14/14'	Schalteinrichtung
15	Steuereinrichtung
16/16'	interne/externe Messeinrichtung
17	Primärseite
171/172	erste/zweite Primärklemme von **17**
18	Sekundärseite
181/182	erste/zweite Sekundärklemme von **18**
19	Ableitung
20	Drossel
201/202	erste/zweite Drosselklemme von **20**
21	Fernsteuereinrichtung
22	Kondensator
221/222	erste/zweite Kondensatorklemme von **22**
23	Auswahleinrichtung
24	Wechselschalter
241/242/243	erster/zweiter Außenkontakt/Mittelkontakt von **24**
25	erster Auswahlschalter
26	zweiter Auswahlschalter
27	Brückenzweig
28	Stammwicklung
281	Endanzapfung von **28**
29	Regelwicklung
291/292/293	erste/zweite/dritte Anzapfung von **29**
30	erster Schalter von **14**/**14'**
31	zweiter Schalter von **14**/**14'**
32	dritter Schalter von **14**/**14'**
33	vierter Schalter von **14**/**14'**
34	fünfter Schalter von **14**/**14'**
35	(zweiter) Zweipol

351/352	dritte/vierte Zweipolklemme von **35**
36	Tertiärseite
361/362	erste/zweite Tertiärklemme von **36**

Patentansprüche

1. Anlage (**11**), die Blindleistung in einem Wechselstromnetz (**10**) bereitstellen kann, umfassend
– einen Zweipol (**12**) mit einer ersten Zweipolklemme (**121**) und einer zweiten Zweipolklemme (**122**), der eine Reaktanz ungleich Null hat;
– einen Transformator (**13**) mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis, der eine Primärseite (**17**) mit einer ersten Primärklemme (**171**) und einer zweiten Primärklemme (**172**) und eine Sekundärseite (**18**) mit einer ersten Sekundärklemme (**181**) und einer zweiten Sekundärklemme (**182**) umfasst;
– eine Schalteinrichtung (**14**) zum Einstellen des Übersetzungsverhältnisses des Transformators (**13**);
wobei
– die erste Primärklemme (**171**) an eine Netzleitung (**101**) des Wechselstromnetzes angeschlossen werden kann;
– die erste Sekundärklemme (**181**) an die erste Zweipolklemme (**121**) und die zweite Sekundärklemme (**182**) an die zweite Zweipolklemme (**122**) angeschlossen ist;
– die Primärseite (**17**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die Schalteinrichtung (**14**) derart ausgebildet ist, dass sie auf der Primärseite (**17**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Primärklemme (**172**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Primärklemme (**172**) elektrisch leitend verbinden kann, und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbinden kann.

2. Anlage (**11**) nach dem vorigen Anspruch, wobei
– die Sekundärseite (**18**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die Schalteinrichtung (**14**) derart ausgebildet ist, dass sie auf der Sekundärseite (**18**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbinden kann.

3. Anlage (**11**), die Blindleistung in einem Wechselstromnetz (**10**) bereitstellen kann, umfassend
– einen Zweipol (**12**) mit einer ersten Zweipolklemme (**121**) und einer zweiten Zweipolklemme (**122**), der eine Reaktanz ungleich Null hat;
– einen Transformator (**13**) mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis, der eine Primärseite (**17**) mit einer ersten Primärklemme (**171**) und einer zweiten Primärklemme (**172**) und eine Sekundärseite (**18**) mit einer ersten Sekundärklemme (**181**) und einer zweiten Sekundärklemme (**182**) umfasst;
– eine Schalteinrichtung (**14**) zum Einstellen des Übersetzungsverhältnisses des Transformators (**13**);
wobei
– die erste Primärklemme (**171**) an eine Netzleitung (**101**) des Wechselstromnetzes angeschlossen werden kann;
– die erste Sekundärklemme (**181**) an die erste Zweipolklemme (**121**) und die zweite Sekundärklemme (**182**) an die zweite Zweipolklemme (**122**) angeschlossen ist;
– die Sekundärseite (**18**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– die Schalteinrichtung (**14**) derart ausgebildet ist, dass sie auf der Sekundärseite (**18**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbinden kann.

4. Anlage (**11**) nach einem der vorigen Ansprüche, wobei
– der Zweipol (**12**) eine Drossel (**20**) mit einer ersten Drosselklemme (**201**) und einer zweiten Drosselklemme (**202**) umfasst;
– die erste Drosselklemme (**201**) mit der ersten Zweipolklemme (**121**) und die zweite Drosselklemme (**202**) mit der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbunden ist;
und/oder wobei
– der Zweipol (**12**) einen Kondensator (**13**) mit einer ersten Kondensatorklemme (**131**) und einer zweiten Kondensatorklemme (**132**) umfasst;
– die erste Kondensatorklemme (**131**) mit der ersten Zweipolklemme (**121**) und die zweite Kondensatorklemme (**132**) mit der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbunden ist.

5. Anlage (**11**) nach dem vorvorigen Anspruch, wobei
– der Zweipol (**12**) eine Drossel (**20**), einen Kondensator (**13**) und eine Auswahleinrichtung (**23**) umfasst, die derart ausgebildet ist, dass sie die Drossel (**20**) oder den Kondensator (**13**) mit den Zweipolklemmen (**121**, **122**) elektrisch leitend verbinden kann.

6. Anlage (**11**) nach einem der vorigen Ansprüche, umfassend
– eine Steuereinrichtung (**15**), die derart ausgebildet ist, dass sie ein Einstellsignal an die Schalteinrichtung (**14**) senden kann;
– die Steuereinrichtung (**15**) derart ausgebildet ist, dass sie das Einstellsignal in Abhängigkeit von wenigstens einer elektrischen Größe der Netzleitung (**101**) und/oder des Wechselstromnetzes erzeugen kann.

7. Anlage (**11**) nach dem vorigen Anspruch, wobei
– die Steuereinrichtung (**15**) derart ausgebildet ist, dass sie die Schalteinrichtung (**14**) und/oder die Auswahleinrichtung (**23**) durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung ansteuern und/oder das Einstellsignal durch Pulsweitenmodulation und/oder Phasenanschnittsteuerung und/oder Phasenabschnittsteuerung erzeugen kann.

8. Anlage (**11**) nach einem der vorigen Ansprüche, umfassend
– einen zweiten Zweipol (**35**) mit einer dritten Zweipolklemme (**351**) und einer vierten Zweipolklemme (**352**), der eine Reaktanz ungleich Null hat;
wobei
– der Transformator (**13**) eine Tertiärseite (**36**) mit einer ersten Tertiärklemme (**361**) und einer zweiten Tertiärklemme (**362**) umfasst;
– die erste Tertiärklemme (**361**) an die dritte Zweipolklemme (**351**) und die zweite Tertiärklemme (**362**) an die vierte Zweipolklemme (**352**) angeschlossen ist;
– die Tertiärseite (**36**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist;
– die Schalteinrichtung (**14**) derart ausgebildet ist, dass sie auf der Tertiärseite (**36**) die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Tertiärklemme (**362**) oder der vierten Zweipolklemme (**352**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Tertiärklemme (**362**) oder der vierten Zweipolklemme (**352**) elektrisch leitend verbinden kann; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbinden kann.

9. Verfahren zum Bereitstellen von Blindleistung in einem Wechselstromnetz, wobei
– ein Zweipol (**12**) mit einer ersten Zweipolklemme (**121**) und einer zweiten Zweipolklemme (**122**) vorgesehen ist, der eine Reaktanz ungleich Null hat;
– ein Transformator (**13**) mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis vorgesehen ist, der eine Primärseite (**17**) mit einer ersten Primärklemme (**171**) und einer zweiten Primärklemme (**172**) und eine Sekundärseite (**18**) mit einer ersten Sekundärklemme (**181**) und einer zweiten Sekundärklemme (**182**) umfasst;
– die erste Primärklemme (**171**) an eine Netzleitung (**101**) des Wechselstromnetzes angeschlossen ist;
– die erste Sekundärklemme (**171**) an die erste Zweipolklemme (**121**) und die zweite Sekundärklemme (**172**) an die zweite Zweipolklemme (**122**) angeschlossen ist;
– die Primärseite (**17**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– das Übersetzungsverhältnis des Transformators (**13**) dadurch eingestellt wird, dass auf der Primärseite (**17**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Primärklemme (**172**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Primärklemme (**172**) elektrisch leitend verbunden wird, und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbunden wird.

10. Verfahren nach dem vorigen Anspruch, wobei
– die Sekundärseite (**18**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– das Übersetzungsverhältnis des Transformators (**13**) dadurch eingestellt wird, dass auf der Sekundärseite (**18**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbunden wird.

11. Verfahren zum Bereitstellen von Blindleistung in einem Wechselstromnetz, wobei
– ein Zweipol (**12**) mit einer ersten Zweipolklemme (**121**) und einer zweiten Zweipolklemme (**122**) vorgesehen ist, der eine Reaktanz ungleich Null hat;
– ein Transformator (**13**) mit einstellbarem Übersetzungsverhältnis vorgesehen ist, der eine Primärseite (**17**) mit einer ersten Primärklemme (**171**) und einer zweiten Primärklemme (**172**) und eine Sekundärsei-

te (**18**) mit einer ersten Sekundärklemme (**181**) und einer zweiten Sekundärklemme (**182**) umfasst;
– die erste Primärklemme (**171**) an eine Netzleitung (**101**) des Wechselstromnetzes angeschlossen ist;
– die erste Sekundärklemme (**171**) an die erste Zweipolklemme (**121**) und die zweite Sekundärklemme (**172**) an die zweite Zweipolklemme (**122**) angeschlossen ist;
– die Sekundärseite (**18**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist, die galvanisch voneinander getrennt sind;
– das Übersetzungsverhältnis des Transformators (**13**) dadurch eingestellt wird, dass auf der Sekundärseite (**18**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Sekundärklemme (**182**) oder der zweiten Zweipolklemme (**122**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbunden wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei
– der Zweipol (**12**) eine Drossel (**20**) und einen Kondensator (**13**) umfasst;
– die Drossel (**20**) oder der Kondensator (**13**) mit den Zweipolklemmen (**121**, **122**) elektrisch leitend verbunden wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei
– ein zweiter Zweipol (**35**) mit einer dritten Zweipolklemme (**351**) und einer vierten Zweipolklemme (**352**) vorgesehen ist, der eine Reaktanz ungleich Null hat;
wobei
– der Transformator (**13**) eine Tertiärseite (**36**) mit einer ersten Tertiärklemme (**361**) und einer zweiten Tertiärklemme (**362**) umfasst;
– die erste Tertiärklemme (**361**) an die dritte Zweipolklemme (**351**) und die zweite Tertiärklemme (**362**) an die vierte Zweipolklemme (**352**) angeschlossen ist;
– die Tertiärseite (**36**) eine Stammwicklung (**28**) und eine Regelwicklung (**29**) aufweist;
– das Übersetzungsverhältnis des Transformators (**13**) dadurch eingestellt wird, dass auf der Tertiärseite (**36**)
• die Stammwicklung (**28**) über zumindest einen Teil der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Tertiärklemme (**362**) oder der vierten Zweipolklemme (**352**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) unter Umgehung der Regelwicklung (**29**) mit der zweiten Tertiärklemme (**362**) oder der vierten Zweipolklemme (**352**) elektrisch leitend verbunden wird; und/oder
• die Stammwicklung (**28**) seriell oder antiseriell mit zumindest einem Teil der Regelwicklung (**29**) elektrisch leitend verbunden wird.

14. Verwendung einer Anlage (**11**), die gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist, für
– das Bereitstellen von Blindleistung in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Kompensieren und/oder Verkleinern und/oder Vergrößern von Blindleistung in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von Oberschwingungen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von niederfrequenten Schwingungen oder Subharmonischen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von Schwankungen und/oder Anstiegen und/oder Abfällen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von stehenden Wellen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– das Ausregeln und/oder Verringern und/oder Dämpfen von Schwebungen und/oder Pendelschwingungen der Spannung und/oder des Stroms in einem Wechselstromnetz; und/oder
– den Netzschutz in einem Wechselstromnetz.

15. Wechselstromnetz (**10**), umfassend
– eine erste Netzleitung (**101**);
– eine Anlage (**11**), die gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgebildet ist,
wobei
– die erste Primärklemme (**171**) an die erste Netzleitung (**101**) angeschlossen ist.

16. Wechselstromnetz (**10**) nach dem vorigen Anspruch, umfassend
– eine Ableitung (**19**), an die die zweite Primärklemme (**172**) angeschlossen ist.

17. Wechselstromnetz (**10**) nach dem vorigen Anspruch, umfassend
– eine zweite Netzleitung (**102**), an die die Ableitung (**19**) angeschlossen ist.

18. Wechselstromnetz (**10**) nach dem vorvorigen Anspruch, wobei
– die erste Netzleitung (**101**) einen ersten Netzleitungsabschnitt (**101a**) und einen zweiten Netzleitungsabschnitt (**101b**) umfasst, die galvanisch voneinander getrennt sind;

– die erste Primärklemme (**171**) an den ersten Netzleitungsabschnitt (**101a**) und die Ableitung (**19**) an den zweiten Netzleitungsabschnitt (**101b**) angeschlossen ist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

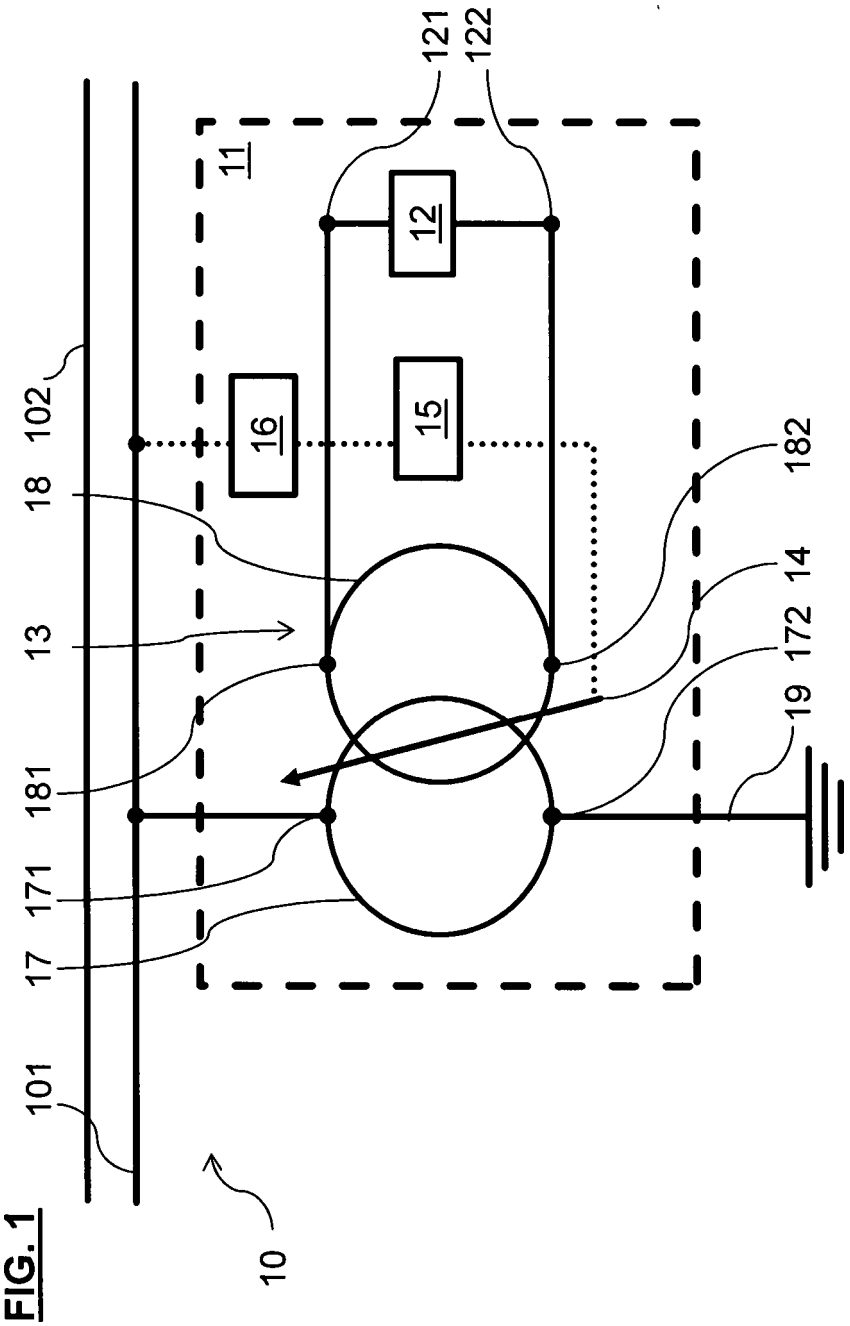


FIG. 1

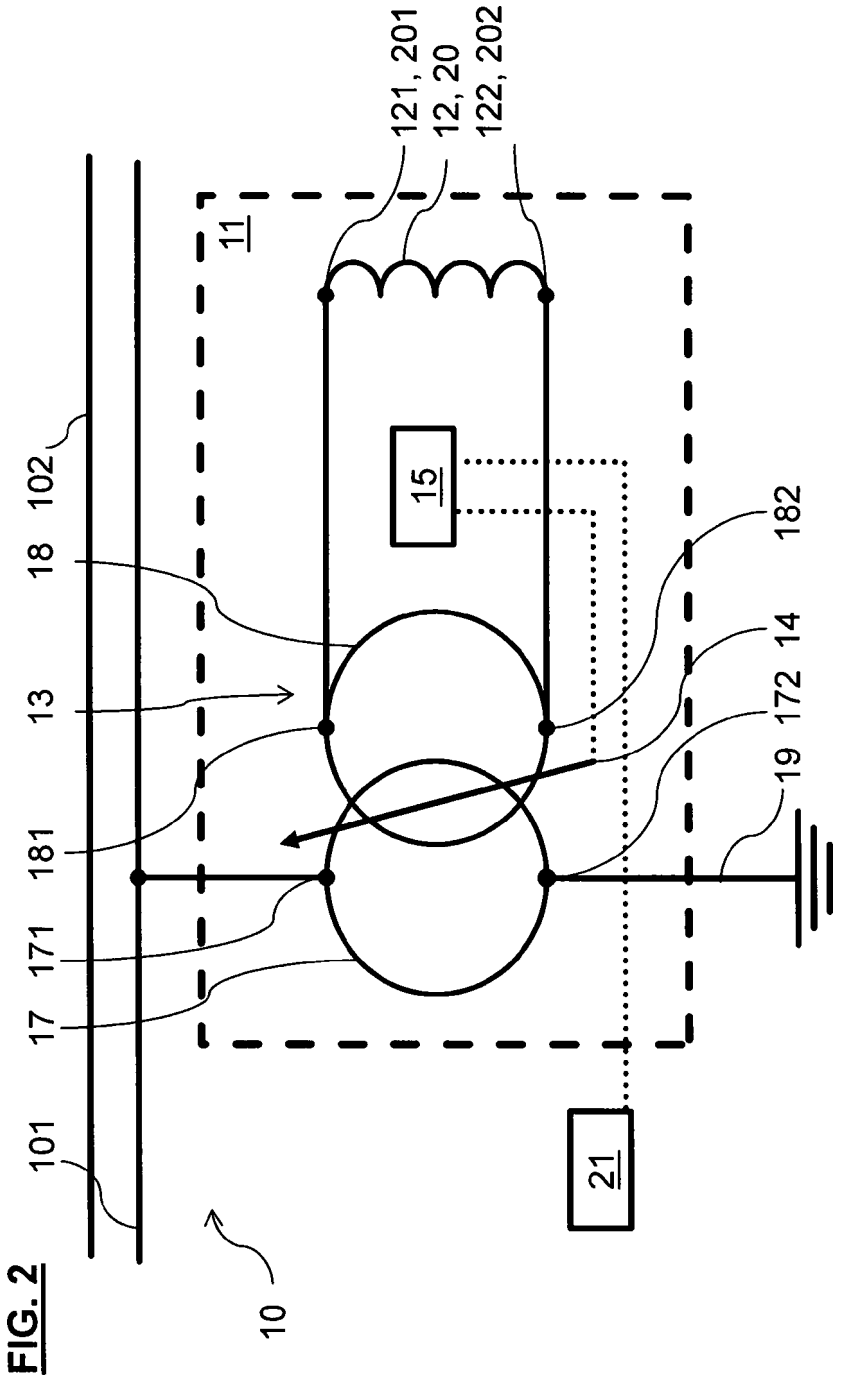

121, 201
12, 20
122, 202
11
15
102
18
13
181
171
17
101
182
14
172
19
21
10

FIG. 2

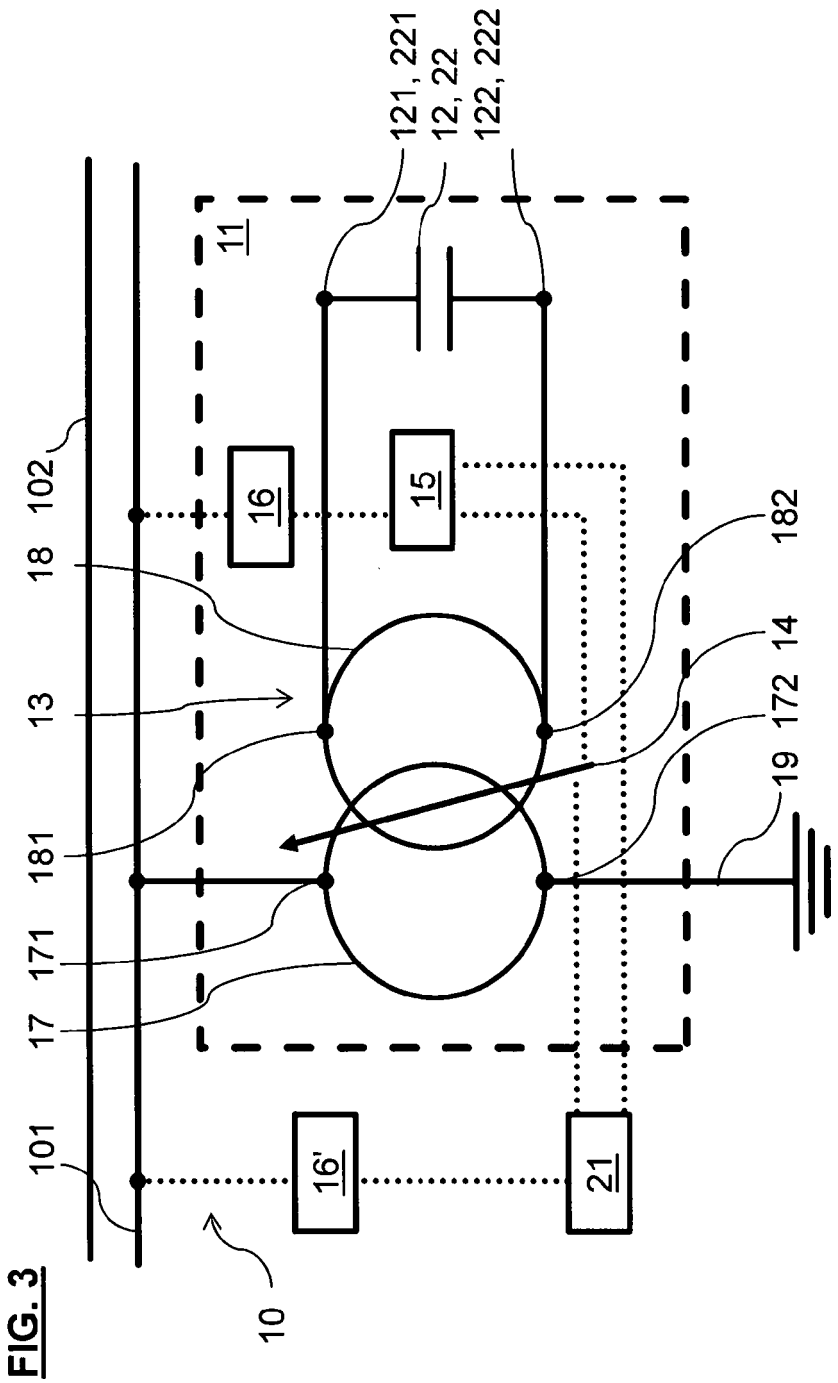

121, 221
12, 22
122, 222
11
102
18
13
181
171
17
101
16
15
16'
21
182
14
172
19
10

FIG. 3

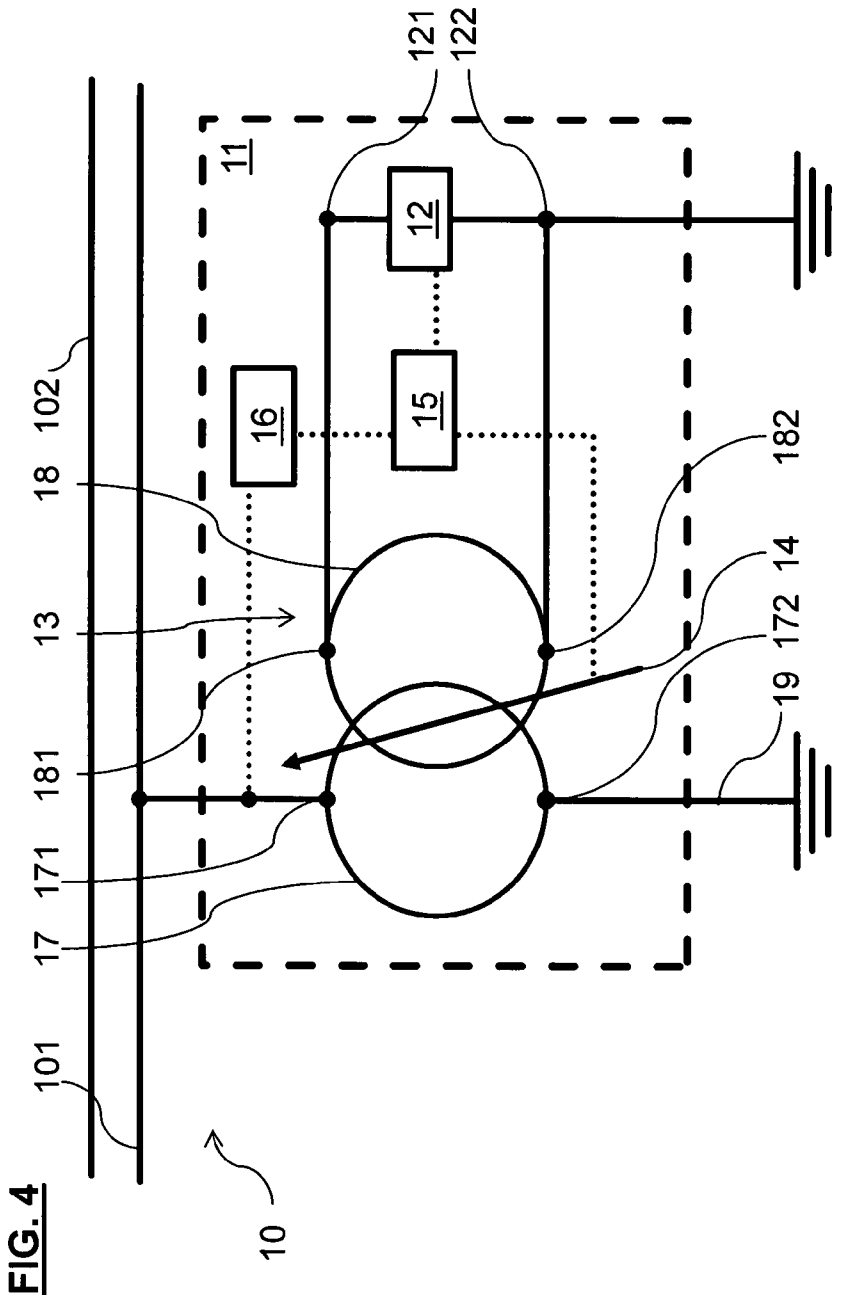


FIG. 4

FIG. 7

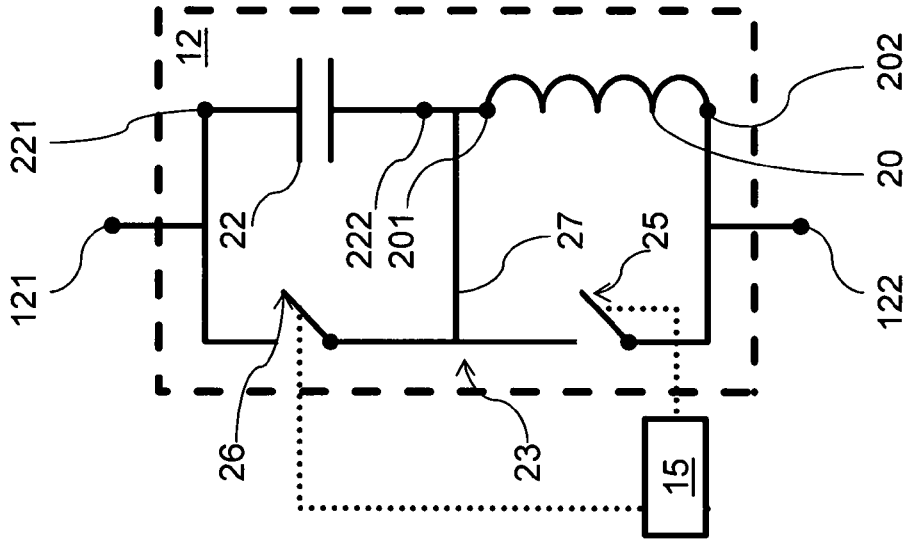


FIG. 6

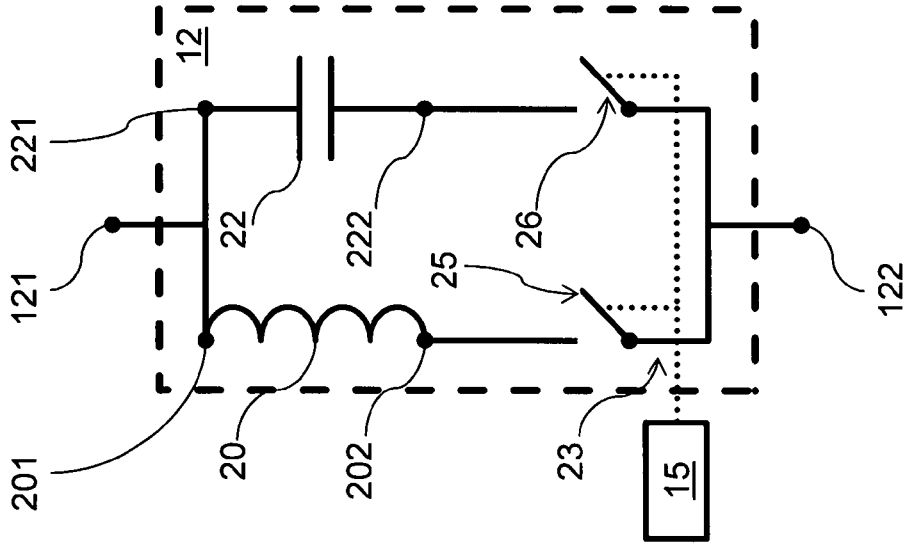
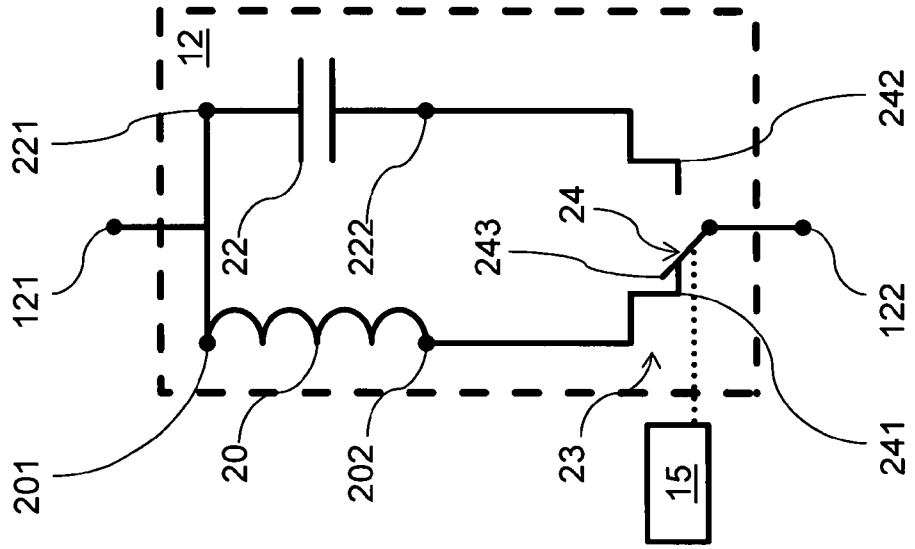


FIG. 5



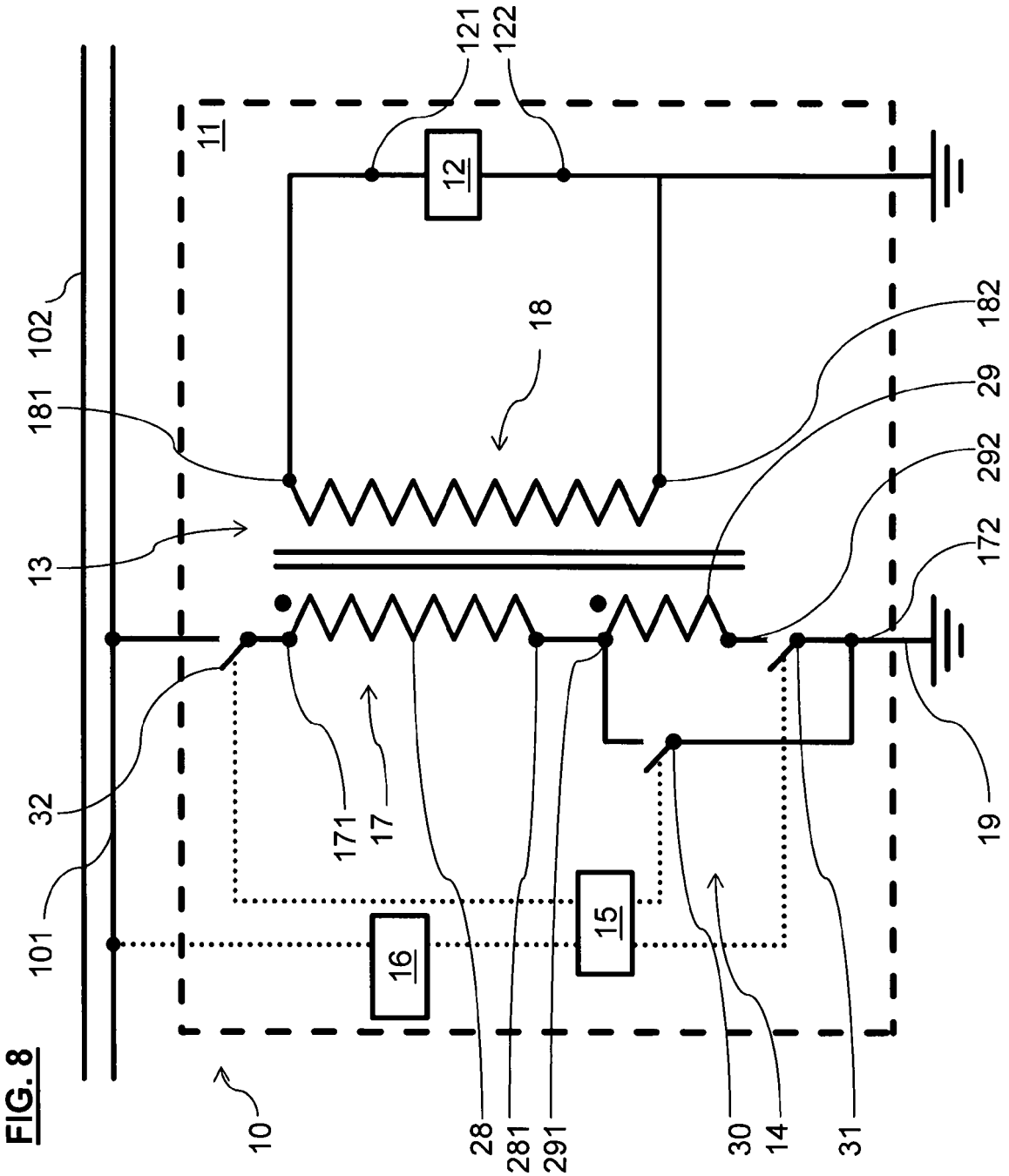

121
122
11
12
102
18
182
181
29
292
13
172
32
171
17
19
101
16
15
10
28
281
291
30
14
31

FIG. 8

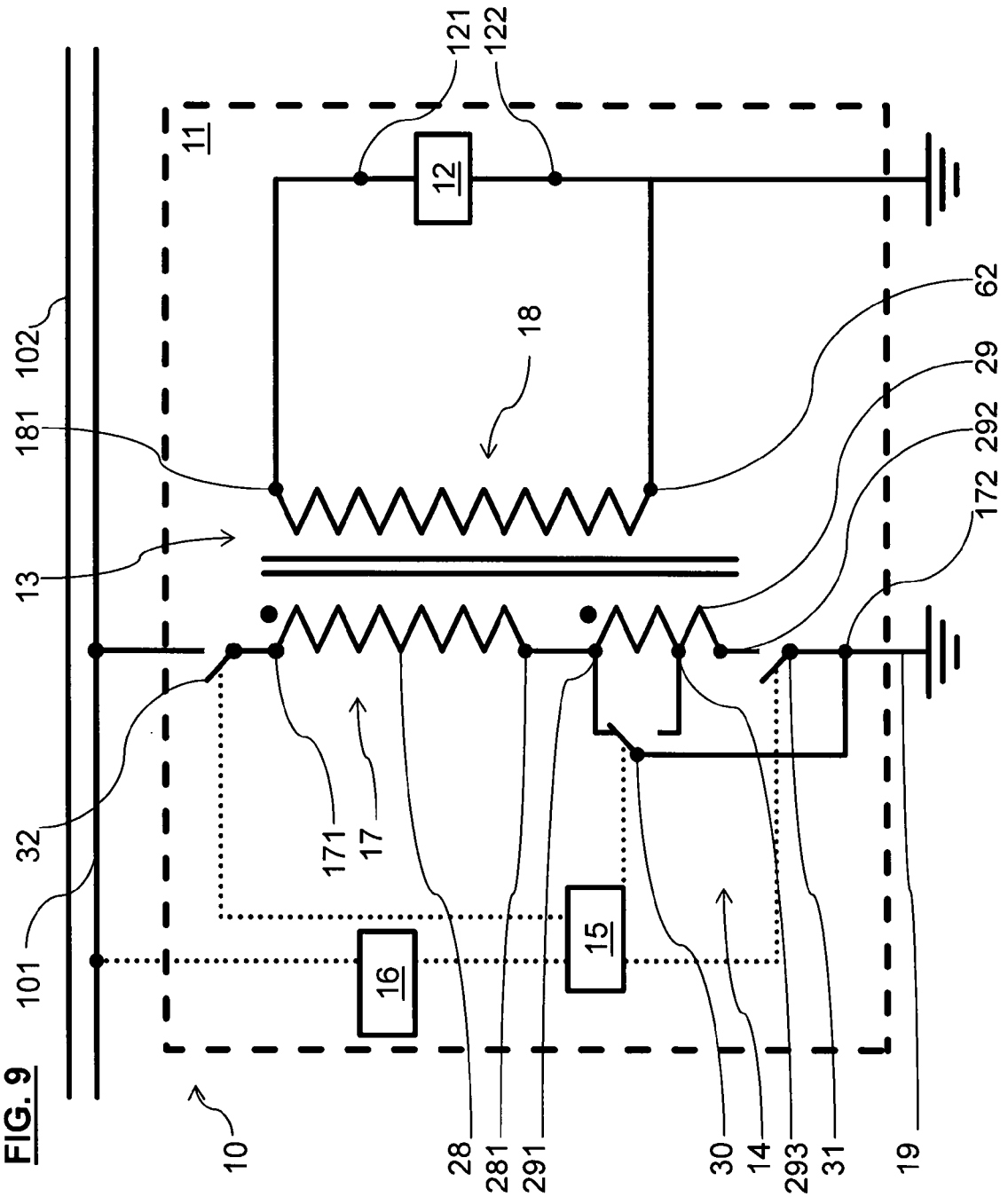

121
122
11
12
18
62
102
181
29
292
172
13
32
171
17
101
16
15
10
28
281
291
30
14
293
31
19

FIG. 9

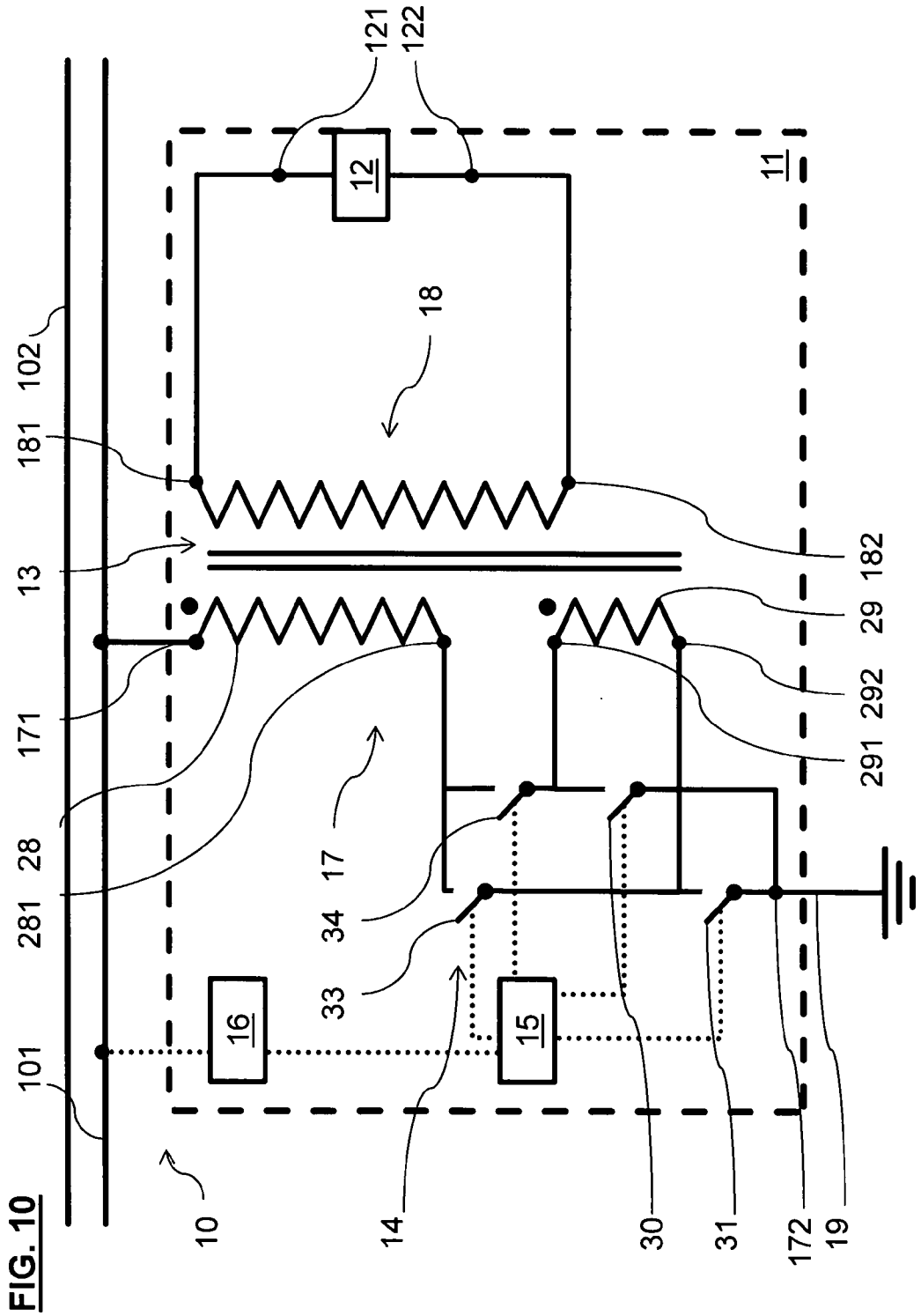

121
122
12
11
18
102
181
13
182
29
292
291
171
28
281
17
34
33
16
15
101
10
14
30
31
172
19

FIG. 10

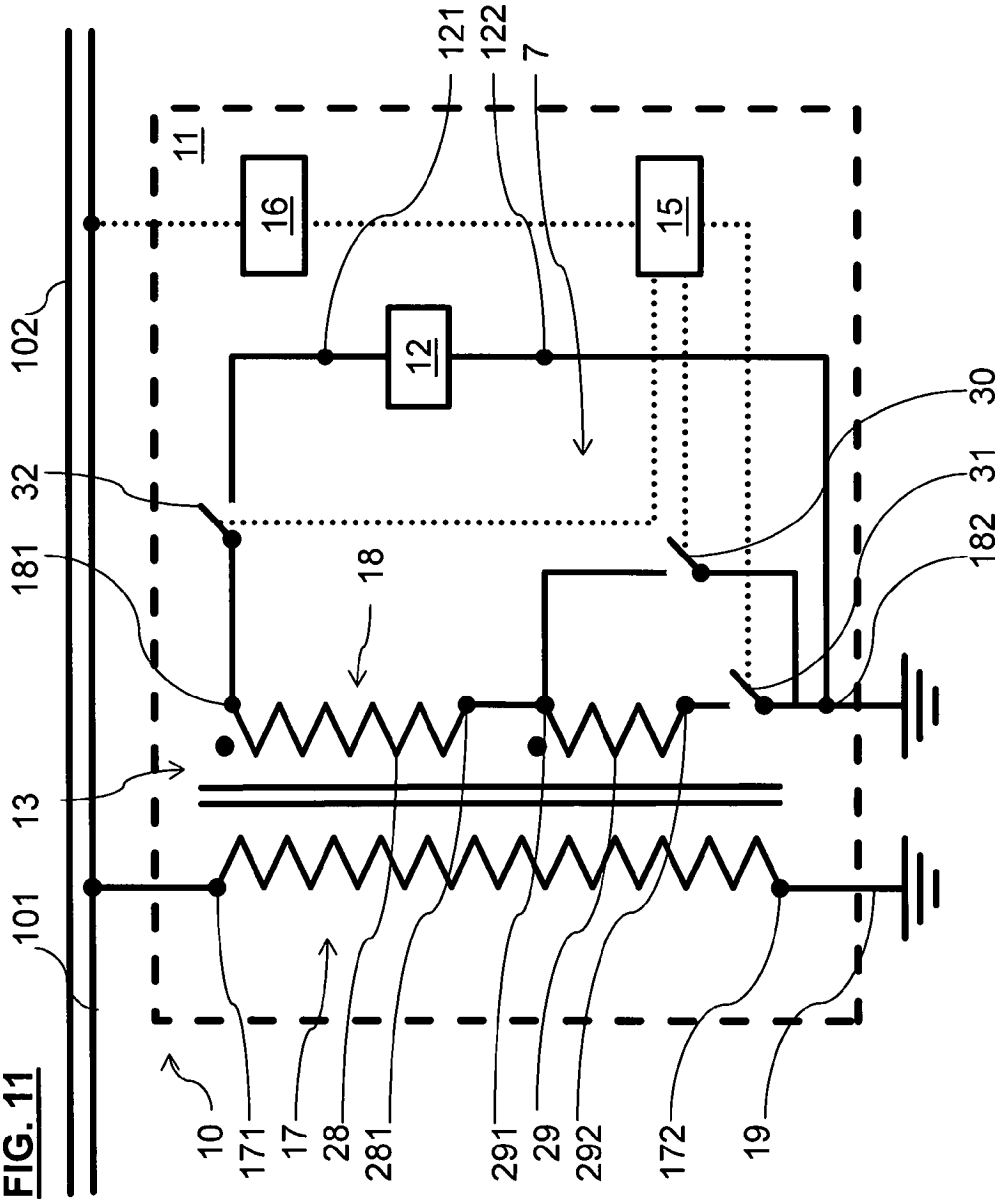

121
122
7
11
16
15
12
102
32
181
18
30
31
182
13
101
10
171
17
28
281
291
29
292
172
19

FIG. 11

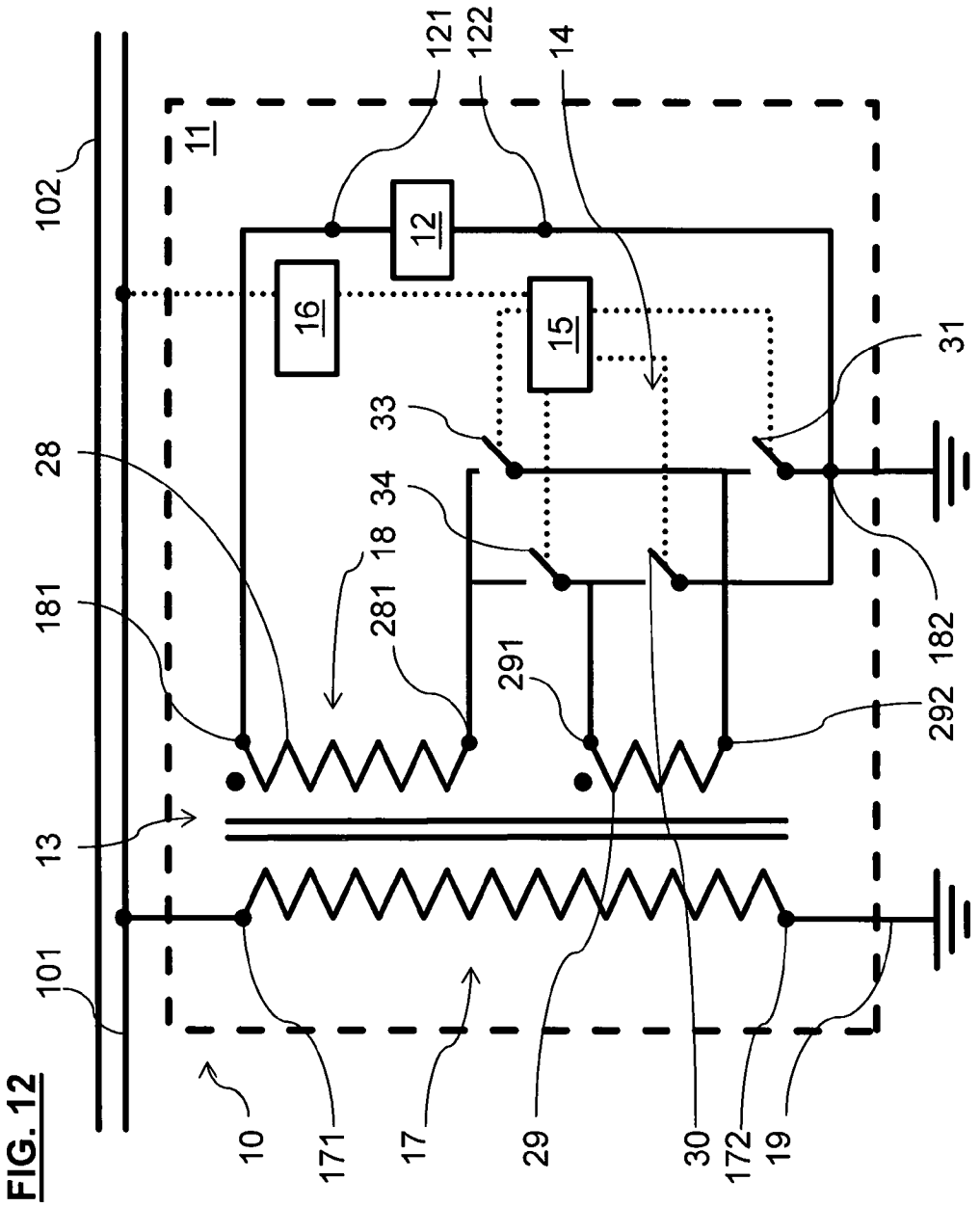

102
101
11
12
16
15
121
122
14
31
33
34
28
18
281
181
291
182
292
13
10
171
17
29
30
172
19

FIG. 12

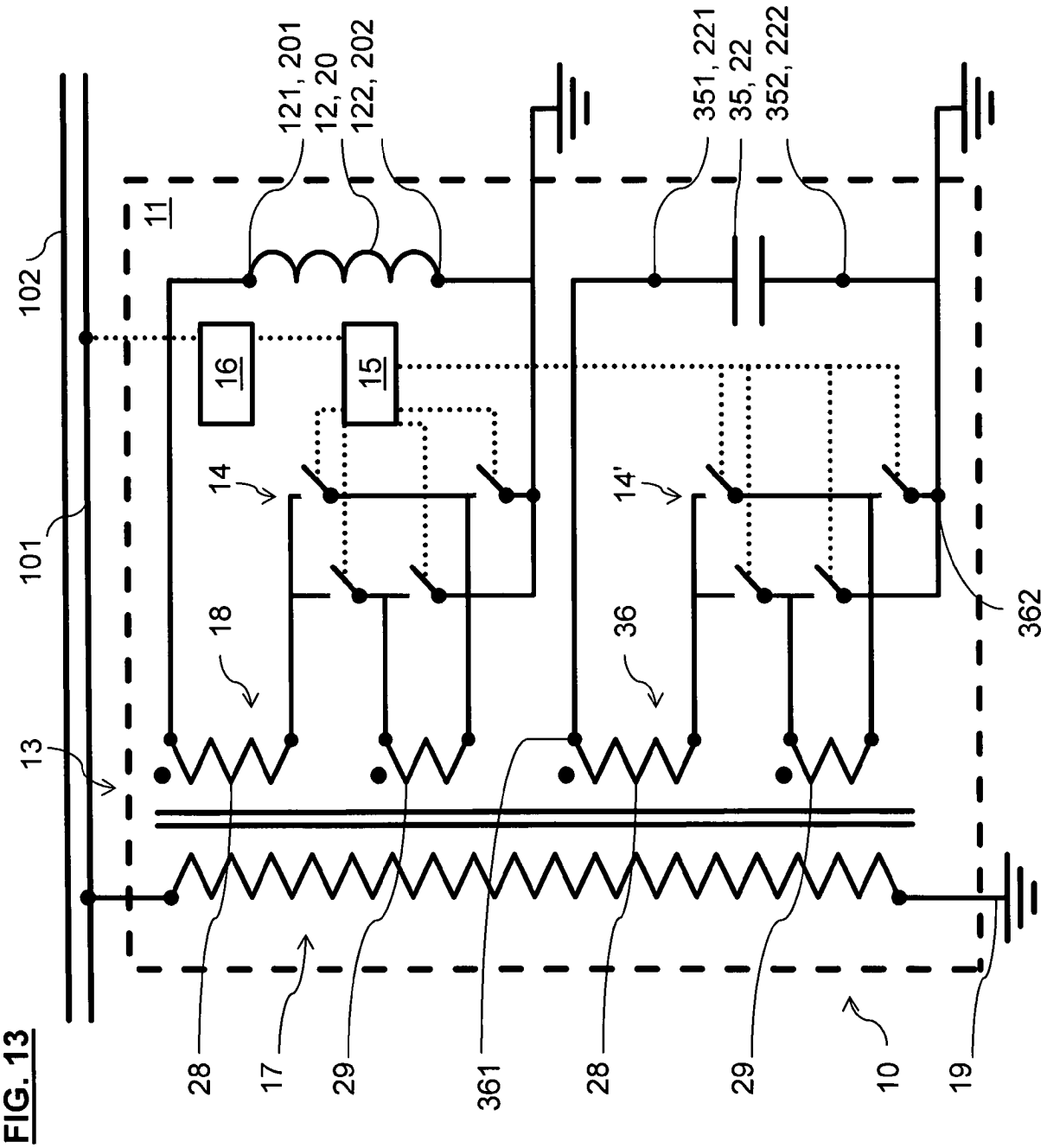

121, 201
12, 20
122, 202
351, 221
35, 22
352, 222
11
102
16
15
14
14'
101
18
36
362
13
28
17
29
361
28
29
10
19

FIG. 13

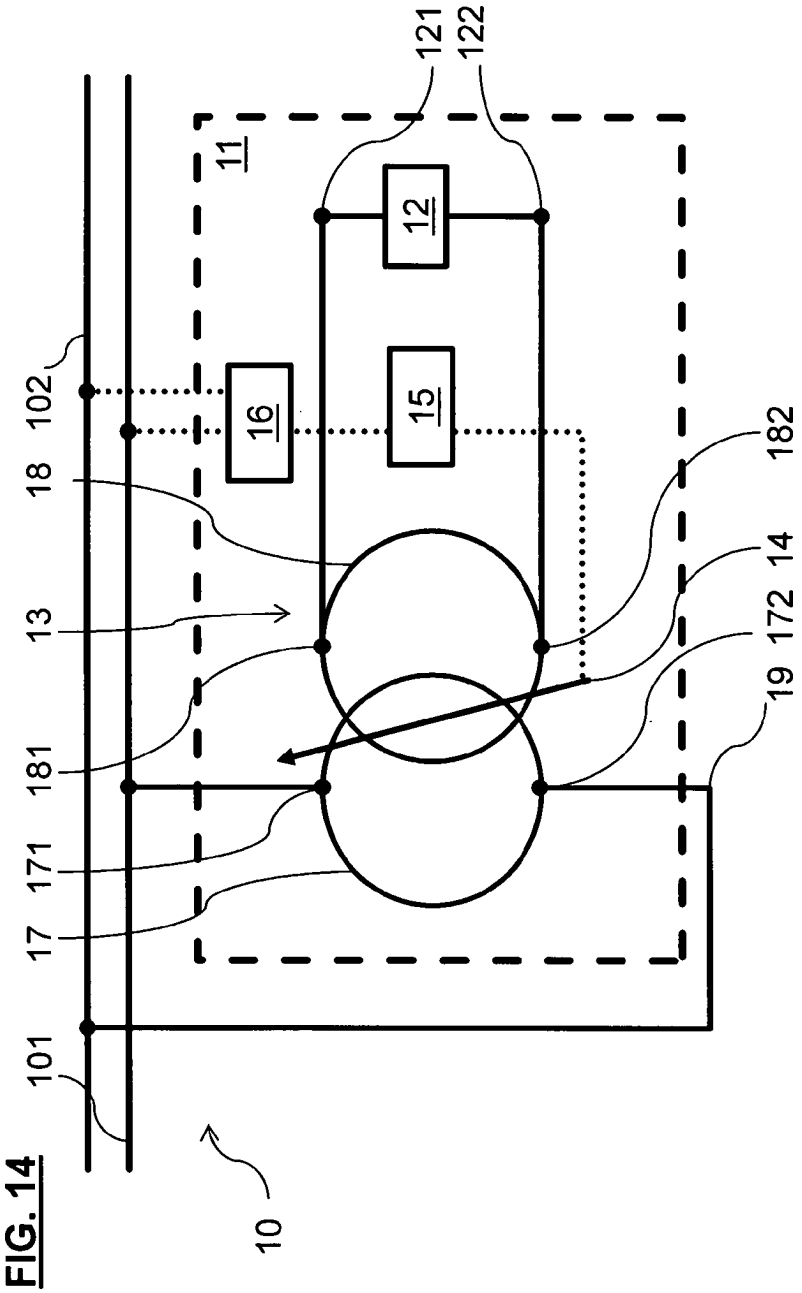


FIG. 14

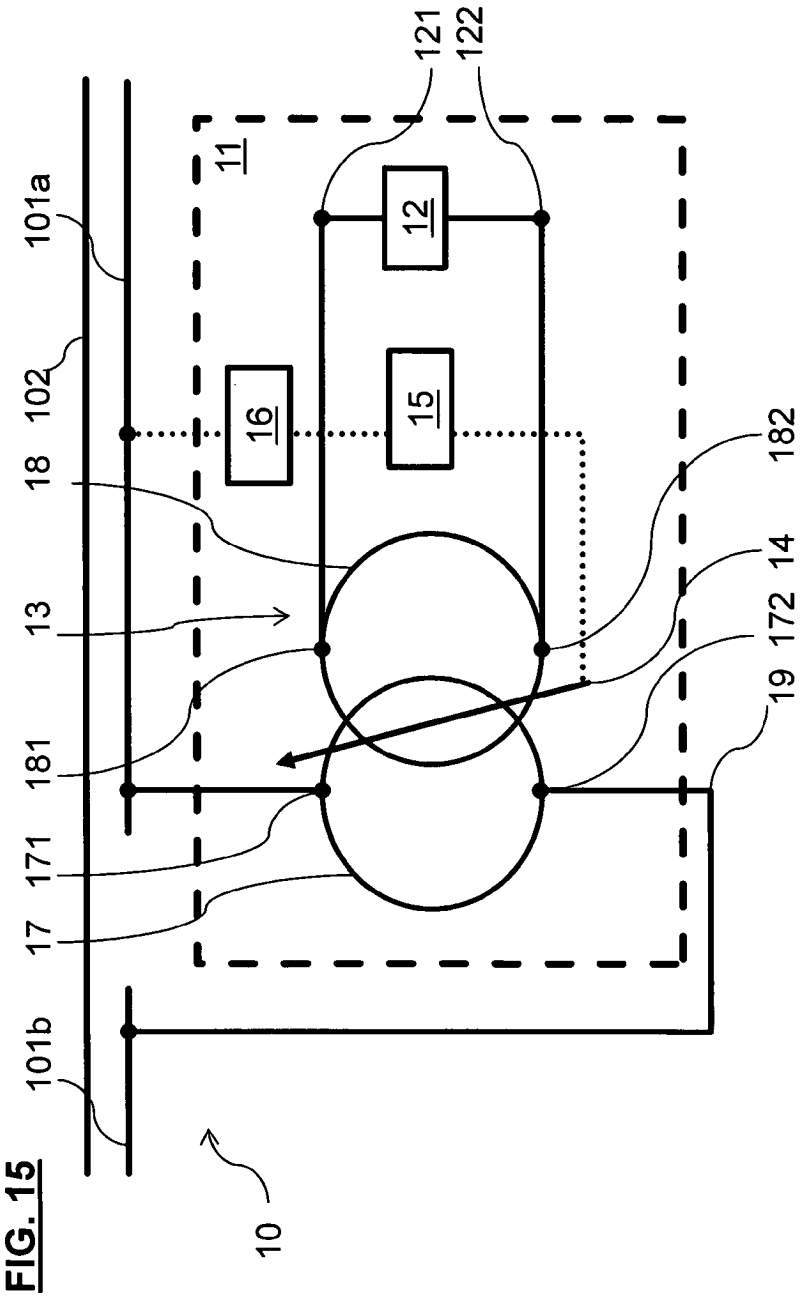


FIG. 15