



(11)

EP 2 357 657 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.11.2015 Patentblatt 2015/46

(51) Int Cl.:
H01F 27/00 ^(2006.01) **H01F 29/14** ^(2006.01)
H01F 38/14 ^(2006.01) **H01F 3/14** ^(2006.01)
H01F 21/08 ^(2006.01) **H01F 27/42** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11001711.8**

(22) Anmeldetag: **22.04.2009**

(54) **Anordnung**

Inductive Assembly

Agencement inductif

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **21.05.2008 DE 102008024602**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.08.2011 Patentblatt 2011/33

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
09749527.9 / 2 281 293

(73) Patentinhaber: **SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG
76646 Bruchsal (DE)**

(72) Erfinder:
• **Schneider, Bernhard
68794 Oberhausen-Rheinhausen (DE)**
• **Uhl, Thomas
76646 Bruchsal (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 0 443 342 WO-A1-2008/031491
US-A- 2 673 321 US-A- 3 631 534
US-A- 4 620 144 US-A- 5 319 343
US-A- 5 424 691**

- **BEN-YAAKOV S ET AL: "A self-adjusting sinusoidal power source suitable for driving capacitive loads", 2004 IEEE APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION, APEC 04, IEEE, ANAHEIM, CA, USA, Bd. 3, 22. Februar 2004 (2004-02-22), Seiten 1832-1837, XP010704504, DOI: 10.1109/APEC.2004.1296115 ISBN: 978-0-7803-8269-5**
- **MEDINI D ET AL: "A current-controlled variable-inductor for high frequency resonant power circuits", APPLIED POWER ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION, 1994. APEC '94. CONFERENCE PROCEEDINGS 1994., NINTH ANNUAL ORLANDO, FL, USA 13-17 FEB. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 13. Februar 1994 (1994-02-13), Seiten 219-225, XP010118568, DOI: 10.1109/APEC.1994.316396 ISBN: 978-0-7803-1456-6**

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

EP 2 357 657 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Anordnung.

[0002] Es ist bekannt, Induktivitäten mit Kapazitäten zu einer Resonanzschaltung zu verbinden.

[0003] Aus der WO 2008/031491 A1 ist ein System zur induktiven Übertragung von Energie **bekannt, wobei ein mittelfrequenter Strom in ein Primärleistersystem eingespeist wird, wobei das Primärleistersystem als langgestreckte Stromleiterschleife ausgeführt ist. Dabei werden Verbraucher aus Sekundärspulen versorgt, die induktiv ans Primärleistersystem gekoppelt sind.**

[0004] Aus der Veröffentlichung BEN-YAAKOV S ET AL: "A self-adjusting sinusoidal power source suitable for driving capacitive loads", 2004 IEEE APPLIED Power ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION, APEC 04, IEEE, ANAHEIM, CA, USA, Bd. 3, 22. Februar 2004, Seiten 1832-1837, ISBN 978-0-7803-8269-5 **ist die Selbstjustierung eines Schwingkreises bekannt.**

[0005] Aus der EP 0 443 342 A1 ist ein Verfahren zur Regelung der Energieübertragung in einem statischen Wandler bekannt.

[0006] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anlage mit Induktivitäten weiterzubilden.

[0007] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei der Anordnung nach den in Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0008] Wichtige Merkmale bei der Anordnung sind, dass sie zur berührungslosen Energieübertragung vorgesehen ist, wobei ein mittelfrequenter Strom in ein langgestreckt ausgeführtes Primärleistersystem eingespeist wird,

wobei Verbraucher aus einer mit dem Primärleistersystem induktiv gekoppelt vorgesehenen Sekundärspule versorgt sind,

wobei der Sekundärspule eine derartige Kapazität in Reihe oder parallel zugeschaltet ist, dass die zugehörige Resonanzfrequenz im Wesentlichen der Mittelfrequenz, insbesondere zwischen 10 und 500 kHz, des Stromes entspricht,

wobei eine steuerbare Induktivität vorgesehen ist

[0009] Von Vorteil ist dabei, dass ein auf Resonanz angelegter Schaltungsteil, wie beispielsweise ein Resonanzschwingkreis, eine Gyratoranordnung, oder auch ein Transformator auf einen gewünschten Wert hin regelbar sind.

[0010] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Induktivität die Sekundärspule. Von Vorteil ist dabei, dass auch bei einem Vierpol wie Trafo oder dergleichen die Induktivität steuerbar ist.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Induktivität in einer Gyratoranordnung vorgesehen ist. Von Vorteil ist dabei, dass die Gyratoranordnung auf den gewünschten Soll-Frequenzverlauf hin einstellbar ist

[0012] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Induktivität derart mit der Induktivität des Primärleistersystems verbunden ist und eine derartige Kapazität mit dem

Primärleistersystem in Wirkverbindung ist, dass die zugehörige resultierende Resonanzfrequenz auf die Mittelfrequenz abstimmbar ist. Von Vorteil ist dabei, dass der Wirkungsgrad optimierbar ist und alterungs-, witterungs- oder temperaturbedingte Veränderungen ausgleichbar sind.

[0013] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Kapazität in einer das Primärleistersystem direkt oder über einen Transformator speisenden Gyratoranordnung angeordnet und/oder die Kapazität ist in Reihe oder parallel beschaltet zur mit der Induktivität des Primärleistersystems verbundenen Induktivität vorgesehen. Von Vorteil ist dabei, dass die Abstimmung des Primärleistersystems ebenfalls mittels der steuerbaren Induktivität ausführbar ist. Hierbei wird die steuerbare Induktivität in Reihe geschaltet zum Primärleiter, also zur Induktivität des Primärleiters. Die zur Erreichung der Resonanz vorgesehene Kapazität ist innerhalb der Gyratoranordnung vorgesehen, aus der das Primärleistersystem über einen Transformator hinweg versorgt wird.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Reglerschaltung vorgesehen, deren Eingang mit einem Mittel zur Erfassung der relativen Phasenlage zwischen einer Spannung und einem Strom vorgesehen ist, insbesondere wobei der Strom der Primärstrom ist, und deren Ausgang mit der steuerbaren Induktivität als Stellglied verbunden ist. Von Vorteil ist dabei, dass eine automatische Regelung vorsehbar ist, die auch bei Veränderung von physikalischen Parametern den Wert der Resonanzfrequenz nachführt, indem sie die steuerbare Induktivität auf den gewünschten Wert hin regelt.

[0015] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Induktivität eine Hauptwicklung, die um zumindest einen Schenkel eines Kerns herum ausgeführt ist, wobei die Hauptwicklung mit Wechselstrom beaufschlagt ist, wobei eine Steuerwicklung auf zumindest einem Schenkel des Kerns vorgesehen ist, die mit unipolarem Strom beaufschlagt ist.

[0016] Von Vorteil ist dabei, dass der Wert der Induktivität auf einen gewünschten Sollwert hin veränderbar und abstimmbar ist.

[0017] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist die Steuerwicklung zumindest zwei Teilwicklungen auf, deren Wicklungssinn derart ausgeführt ist,

- dass die Richtung des im vom ersten Teilbereich der Steuerwicklung umfassten Bereich erzeugten Hauptflusses der Richtung des von der Hauptwicklung bei Beaufschlagung positivem Strom erzeugten Flusses in diesem Bereich entspricht,
- und dass die Richtung des im vom zweiten Teilbereich der Steuerwicklung umfassten Bereich erzeugten Hauptflusses der Richtung des von der Hauptwicklung bei Beaufschlagung mit negativem Strom erzeugten Flusses in diesem zweiten Bereich, insbesondere also im vom zweiten Teilbereich der Steuerwicklung umfassten Bereich, entspricht.

[0018] Von Vorteil ist dabei, dass die induzierte Spannung gering bleibt und trotzdem ein Feld erzeugbar ist, das den Kern der Hauptspule magnetisiert, insbesondere als Gleichfeld, also konstantes Feld.

[0019] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Steuerwicklung derart ausgeführt, dass jeweils abwechselnd nach Ausführung einer ersten Anzahl von Windungen eines Teilbereiches eine entsprechende Anzahl von Windungen des anderen Teilbereichs ausgeführt ist, insbesondere wobei die Anzahl einen Wert zwischen 1 und 10 annimmt. Von Vorteil ist dabei, dass die in den ersten Windungen induzierte Spannung gering bleibt und somit auch die Isolierung nur gegen geringe Spannungen ausgeführt werden muss.

[0020] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung ist eine Versorgungswicklung auf zumindest einem Schenkel des Kerns vorgesehen, mit der Mittel zur Erzeugung des unipolaren Stroms verbunden sind, insbesondere wobei die Mittel aus der induzierter Spannung, insbesondere also Sekundärspannung, der Versorgungswicklung versorgt sind. Von Vorteil ist dabei, dass die Versorgung der Steuerspule dezentral ermöglicht ist, Es muss also keine Versorgungsleitung zusätzlich zum Primärleiter verlegt werden sondern es genügt die Verlegung des Primärleiters, aus dem die Steuerspule induktiv über die Versorgungsspule versorgbar ist.

[0021] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen die Mittel zur Erzeugung des unipolaren Stroms eine steuerbare Anordnung, wie DC/DC-Wandler, Leistungsschalter und/oder steuerbarer Widerstand. Von Vorteil ist dabei, dass der Wert des Stromes in der Steuerspule stellbar ist, also steuerbar ist.

[0022] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung weist der Kern einen Luftspalt S auf, welcher im von der Hauptwicklung erzeugten Hauptfluss durchdrungen wird, wobei die von den jeweiligen

[0023] Teilwicklungen erzeugte Flüsse im Wesentlichen durch Bereiche des Kerns ohne Luftspalt geleitet sind. Von Vorteil ist dabei, dass ein nur geringer Steuerstrom notwendig ist, mit dem die Sättigung desjenigen Bereiches ermöglicht ist, der vom Hauptfluss der Teilwicklungen durchdrungen wird. Der Luftspalt ist nur in demjenigen Bereich des Kerns angeordnet, der vom Hauptfluss der Hauptwicklung im wesentlichen ausschließlich durchdrungen wird, wodurch die Steilheit der Magnetisierungskennlinie für die Hauptwicklung vermindert ist.

[0024] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung werden die Steuersignale zur Ansteuerung berührungslos und/oder galvanisch getrennt übertragen. Von Vorteil ist dabei, dass kein zusätzlicher Aufwand für galvanische Trennung betrieben werden muss. Außerdem ist es einfach ermöglicht, dass die mit der Steuerspule verbundene Steuerelektronik auf verschiedenem Potential arbeitet.

[0025] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die Mittel als Steuerglied einer Regelschaltung vorgesehen und mit dieser verbunden. Von Vorteil ist dabei, dass der

Wert des Steuerstromes regelbar ist, insbesondere also auf einen Sollwert hin.

[0026] Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

5 **[0027]** Die Erfindung wird nun anhand von Abbildungen näher erläutert:

In der Figur 1 ist der schematische Schaltplan eines ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels gezeigt. In der Figur 2 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, wobei statt des Schaltgliedes 1 ein steuerbarer Widerstand verwendet ist. In der Figur 3 ist ein anderes Ausführungsbeispiel gezeigt, wobei statt des Schaltgliedes 1 der Figur 1 ein DC/DC-Wandler gezeigt ist. In der Figur 4 ist eine Induktivität mit zwei zueinander zugewandten E-förmigem Kernen gezeigt, wobei Wicklungen symbolisch angedeutet sind.

20 **[0028]** In der Figur 1 ist die Hauptwicklung mit der Induktivität L dargestellt mit den Anschlüssen E1 und A1. Induktiv gekoppelt, also beispielsweise auf den Kern der Hauptwicklung gewickelt, sind die Steuerwicklung L2 mit den Anschlüssen E2 und A2 und die Versorgungswicklung L3 mit den Anschlüssen E3 und A3 vorgesehen. 25 Dabei wird die Wicklung der Hauptwicklung L mit einem Wechselstrom gespeist, wodurch an der induktiv gekoppelten Versorgungswicklung eine Spannung bereitstellbar ist, die einem Gleichrichter zugeführt wird. Die gleichgerichtete Spannung ist optional mit einem Kondensator glättbar und wird dann einem Schaltglied 1 zugeführt, wobei dieses getaktet betrieben wird, beispielsweise pulsweitenmoduliert. Hierbei wird in jeder Taktperiode für einen ersten Zeitabschnitt ein vom Schaltglied umfasster Schalter, beispielsweise ein steuerbarer Leistungshalbleiterschalter, geschlossen und in einem nachfolgenden Zeitabschnitt geöffnet. Auf diese Weise ist der durch die Steuerwicklung L2 fließende Strom steuerbar. Im zeitlichen Mittel fließt also ein Gleichstrom durch die 30 Steuerwicklung L2, wodurch somit der Kern der Hauptwicklung eine entsprechende Magnetisierung erfährt. Hierbei ist wichtig, dass die Magnetisierung des Kerns keine lineare Funktion des durch den Strom erzeugten Magnetfeldes ist sondern bei größeren Stromwerten sogar in ein Sättigungsverhalten übergeht.

35 **[0029]** Auf diese Weise ist also die effektive Induktivität L der Hauptwicklung veränderbar abhängig vom in die Steuerwicklung eingepprägten Strom. Mittels der Versorgungswicklung ist somit eine von weiteren elektronischen Schaltungen galvanisch getrennte Versorgung ermöglicht, die auch räumlich weit entfernt einsetzbar ist ohne hierzu notwendige Versorgungskabel.

40 **[0030]** Die Steuersignale für das Schaltglied 1 sind berührungslos und sogar galvanisch getrennt übertragbar. 45 Beispielsweise ist hierzu ein Optokoppler am Schaltglied 1 vorgesehen, das mit einer in der Figur nicht gezeigten zentralen Steuerung in Wirkverbindung ist. Alternativ ist auch ein auf den Primärleiter aufmodulierter hochfre-

quenter Stromanteil zur Übertragung der Steuersignale für das Schaltglied verwendbar. Die zugehörige Frequenz ist größer als die Mittelfrequenz des in den Primärleiter eingespeisten Stromes, also des für die Leistungsversorgung wesentlichen Stromanteils. Mittels der Versorgungsspule ist auch der hochfrequente Stromanteil detektierbar und somit im Schaltglied abkoppelbar vom Versorgungsstromanteil.

[0031] Anstatt der genannten Steuersignale sind in weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen auch nur Informationen übertragbar, wobei dann im Schaltglied eine elektronische Schaltung zur Erzeugung der Steuersignale umfasst ist.

[0032] Als Material zur Herstellung des Kerns eignen sich Ferrit-Materialien oder auch andere ferromagnetischen oder ferrimagnetischen Materialien.

[0033] Die erfindungsgemäße Anordnung ist bei einem System zur berührungslosen Energieübertragung verwendbar, bei dem ein langgestreckt verlegter Primärleiter vorgesehen ist, in den ein mittelfrequenter Stromeingeprägt wird, insbesondere mit einer Frequenz zwischen 10 und 500 kHz. Der entlang dem Primärleiter bewegbare Verbraucher weist eine Sekundärspule auf, die induktiv mit dem Primärleiter gekoppelt ist und der eine derartige Kapazität in Reihe oder parallel zugeschaltet ist, so dass die zugehörige Resonanzfrequenz im Wesentlichen der Mittelfrequenz entspricht. Hierbei ist die Hauptwicklung der erfindungsgemäßen Anordnung als Sekundärwicklung verwendbar und mittels des Stromes in der Steuerwicklung die Induktivität veränderbar, also die Resonanzfrequenz auf die Mittelfrequenz hin regelbar oder abstimmbar. Mittels der resonanten Übertragung sind aus der Sekundärwicklung versorgte Verbraucher mit einem nur geringfügig schwankenden Wirkungsgrad versorgbar bei schwankendem Abstand zwischen Primärleiter und Sekundärspule.

[0034] Des Weiteren wird zur Erzeugung des mittelfrequenten Stromes für den Primärleiter ein Umrichter verwendet, dessen Endstufe aus einer unipolaren Spannung, der sogenannten Zwischenkreisspannung, versorgt wird, die von einem netzgespeisten Gleichrichter erzeugt wird. Die Endstufe umfasst hierbei Halbbrücken, welche jeweils zwei in Reihe geschaltete pulsweitenmoduliert angesteuerte Leistungshalbleiterschalter umfassen. Auf diese Weise ist eine mittelfrequente Spannung erzeugbar, die zur Speisung einer Gyratoranordnung verwendet ist. Mittels der Gyratoranordnung wird aus der mittels der Endstufe realisierten Spannungsquelle eine mittelfrequente Stromquelle hergestellt, die zur Speisung einer Primärleiterschleife vorgesehen ist, wobei die Primärleiterschleife den Primärleiter umfasst.

[0035] Als Gyratoranordnung wird ein Vierpol verwendet, der mindestens eine Induktivität und mindestens eine Kapazität umfasst, wobei die Werte dieser Größen derart gewählt sind, dass die zugehörige Resonanzfrequenz der Mittelfrequenz im Wesentlichen entspricht. Hierzu ist als Induktivität wiederum eine erfindungsgemäße Anordnung verwendbar, so dass die Induktivität

auf den optimalen Wert abstimmbar oder darauf hin regelbar ist.

[0036] Vorteiligerweise sind somit alterungs-, feuchtigkeits-, witterungs-, temperaturbedingte oder anderweitig bedingte Abweichungen oder Drifte der Werte ausgleichbar und/oder nachregelbar.

[0037] Zwischen dem Ausgang des Gyrators und der Primärleiterschleife ist ein Transformator anordenbar, der zur Anpassung der Induktivität verwendbar ist. Auch für dessen Induktivitäten ist die erfindungsgemäße Anordnung einsetzbar, um diese abstimmbar auszuführen.

[0038] Dem langgestreckt verlegten Primärleiter ist insgesamt eine Kapazität in Reihe beschaltet, so dass die zugehörige Resonanzfrequenz auf die Mittelfrequenz abzustimmen ist. Bei räumlich weit ausgedehnten Anlagen ist es hierbei vorteilhaft, den Primärleiter in Abschnitte aufzuteilen und jedem Abschnitt eine Teilkapazität zuzuordnen. Zusätzlich ist zur Abstimmung auch eine Induktivität zuordenbar, beispielsweise in Reihe, wobei diese als erfindungsgemäße Anordnung ausführbar ist und somit eine Abstimmung auf die Resonanzfrequenz ermöglicht ist.

[0039] Die genannten Komponenten sind also mit erfindungsgemäß steuerbaren Induktivitäten ausstattbar und somit abstimmbar auf die gewünschten Sollwerte.

[0040] In der Figur 2 ist statt des steuerbaren Schaltgliedes 1 ein steuerbarer Widerstand R vorgesehen, der somit den Wert der Hauptinduktivität bestimmt. Die Funktionsweise ist der Figur 1 entsprechend ausgeführt.

[0041] In der Figur 3 ist statt des steuerbaren Schaltgliedes 1 der Figur 1 ein steuerbarer DC/DC-Wandler vorgesehen. Die Funktionsweise ist der Figur 1 entsprechend ausgeführt. Der Tastgrad oder das Tastverhältnis δ bestimmen somit die Induktivität.

[0042] In der Figur 4 ist eine beispielhafte Ausführung der steuerbaren Hauptinduktivität erfindungsgemäßen Anordnung gezeigt. Hierbei ist die Hauptwicklung L um den ersten E-förmigen Kern 2 gewickelt und weist die Anschlüsse E1 und A1 auf. Der zum Schließen des aus dem ersten E-förmigen Kern austretenden Magnetflusses vorgesehene zweite E-förmige Kern weist um seinen Mittelschenkel die Versorgungswicklung L3 auf, wobei die Anschlüsse mit E3 und A3 bezeichnet sind. Die Steuerwicklung L2 ist in zwei Teilwicklungen ausgeführt, wobei die erste Teilwicklung im rechten Hauptschenkel und die zweite Teilwicklung im linken Hauptschenkel vorgesehen ist. Die Wicklungssinne der beiden Teilwicklungen sind gegenläufig ausgeführt. Der von der Hauptwicklung L erzeugte Fluss geht vom Hauptschenkel des ersten E-förmigen Kerns 2 in den Hauptschenkel des zweiten E-förmigen Kerns 3 über und teilt sich dann in zwei Hälften auf, wobei die erste im ersten Hauptschenkel und die zweite Hälfte im zweiten Hauptschenkel fließt. Somit wird das von der ersten Teilwicklung der Steuerwicklung L2 erzeugte Feld im ersten Hauptschenkel auf den von der Hauptwicklung erzeugten Flussanteil aufaddiert und das von der zweiten Teilwicklung der Steuerwicklung L2 erzeugte Feld im zweiten Hauptschenkel auf den von der

Hauptwicklung erzeugten Flussanteil subtrahiert. Auf diese Weise ist eine Steuerung der Induktivität für die positive Halbwelle des in der Hauptwicklung L vorgesehenen Wechselstromes in gleicher Weise wie für die negative Halbwelle ausführbar.

[0043] Weiterer Vorteil ist bei der geschilderten Ausführung der Teilwicklung, dass die vom in die Hauptwicklung eingespeisten Wechselstrom in die Steuerwicklung induzierte Spannung im Wesentlichen verschwindet. Vorzugsweise wird die Wicklung der Steuerwicklung derart ausgeführt, dass nach einer ersten Windung der ersten Teilwicklung die erste Windung der zweiten Teilwicklung mit dem obenbeschriebenen Wicklungssinn ausgeführt wird. Danach wird wiederum eine Windung der ersten Teilwicklung ausgeführt und durch weiteres Abwechseln des Ausführens einer Windung der jeweiligen Teilwicklung fortgefahren.

[0044] Um den Fertigungsaufwand und die Wicklungslänge zu verringern, ist es auch vorteilig, statt in der geschilderten Weise in abwechselnder Reihenfolge nur eine Windung jeder Teilwicklung auszuführen, mehrere Windungen der jeweiligen Teilwicklung auszuführen. Auch auf diese Weise ist die an der Steuerwicklung insgesamt auftretende induzierte Spannung reduzierbar.

[0045] Vorzugsweise sind die E-förmigen Kerne rotationssymmetrisch um ihren Mittelschenkel herum ausgeführt und weisen somit den in der Figur 4 gezeigten E-förmigen Querschnitt auf.

[0046] Wichtig ist bei der Figur 4 auch, dass der Mittelschenkel einen Spalt, also einen Luftabstand umfasst. Vorteiligerweise sind die Hauptschenkel ohne Luftspalt ausgeführt und somit eine möglichst kleine Steuerleistung notwendig. In den von der Steuerwicklung erzeugten hauptsächlichen Feldlinien ist also kein Luftspalt vorhanden und somit nur ein kleiner Steuerstrom notwendig, also auch nur eine kleine Steuerleistung. Schon der kleine Strom hat also eine große Wirkung.

[0047] Anstatt einer Versorgungsspule ist auch eine Gleichstromversorgung von einer nicht gezeigten zusätzlichen Versorgungsschaltung ausführbar.

Bezugszeichenliste

[0048]

- 1 ansteuerbarer Schaltglied
- 2 erster E-förmiger Kern
- 3 zweiter E-förmiger Kern

- L Induktivität der Hauptwicklung
- L2 Induktivität der Steuerwicklung
- L3 Induktivität der Versorgungswicklung

- E1, A1 Anschlüsse der Hauptwicklung
- E2, A2 Anschlüsse der Steuerwicklung
- E3, A3 Anschlüsse der Versorgungswicklung

- S Luftspalt

- SW Schalterstellung
- R Widerstandswert
- δ Tastgrad, Tastverhältnis

5

Patentansprüche

1. Anordnung zur berührungslosen Energieübertragung, wobei ein mittelfrequenter Strom in ein langgestreckt ausgeführtes Primärleitersystem eingespeist wird,
wobei Verbraucher aus einer mit dem Primärleitersystem induktiv gekoppelt vorgesehenen Sekundärspule versorgt sind,
wobei der Sekundärspule eine derartige Kapazität in Reihe oder parallel zugeschaltet ist, dass die zugehörige Resonanzfrequenz im Wesentlichen der Mittelfrequenz, insbesondere zwischen 10 und 500 kHz, entspricht, des Stromes entspricht,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine steuerbare Induktivität (L) vorgesehen ist,
wobei die Induktivität (L) eine Hauptwicklung umfasst, die um zumindest einen Schenkel eines Kerns (2, 3) herum ausgeführt ist,
wobei die Hauptwicklung mit Wechselstrom beaufschlagt ist,
wobei eine Steuerwicklung auf zumindest einem Schenkel des Kerns (2, 3) vorgesehen ist, die mit unipolarem Strom beaufschlagt ist,
wobei die Steuerwicklung zumindest zwei Teilwicklungen aufweist, deren Wicklungssinn derart ausgeführt ist,

- dass die Richtung des im vom ersten Teilbereich der Steuerwicklung umfassten Bereich erzeugten Hauptflusses der Richtung des von der Hauptwicklung bei Beaufschlagung positivem Strom erzeugten Flusses in diesem Bereich entspricht,
- und dass die Richtung des im vom zweiten Teilbereich der Steuerwicklung umfassten Bereich erzeugten Hauptflusses der Richtung des von der Hauptwicklung bei Beaufschlagung mit negativem Strom erzeugten Flusses in diesem zweiten Bereich, also im vom zweiten Teilbereich der Steuerwicklung umfassten Bereich, entspricht,

wobei die Steuerwicklung derart ausgeführt ist, dass jeweils abwechselnd nach Ausführung einer ersten Anzahl von Windungen eines Teilbereiches eine entsprechende Anzahl von Windungen des anderen Teilbereiches ausgeführt ist, wobei die Anzahl einen Wert zwischen 1 und 10 annimmt,
wobei eine Versorgungswicklung auf zumindest einem Schenkel des Kerns (2, 3) vorgesehen ist, mit der Mittel zur Erzeugung des unipolaren

- Stroms verbunden sind, wobei die Mittel aus der induzierter Spannung, insbesondere also Sekundärspannung, der Versorgungswicklung versorgt sind,
wobei die Hauptwicklung L um einen ersten E-förmigen Kern (2) gewickelt ist,
wobei ein zum Schließen des aus dem ersten E-förmigen Kern (2) austretenden Magnetflusses vorgesehener zweiter E-förmiger Kern (3) um seinen Mittelschenkel die Versorgungswicklung L3 aufweist,
wobei die erste Teilwicklung der Steuerwicklung L2 im rechten Hauptschenkel und die zweite Teilwicklung der Steuerwicklung L2 im linken Hauptschenkel vorgesehen ist
wobei die Wicklungssinne der beiden Teilwicklungen gegenläufig ausgeführt sind.
2. Anordnung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Induktivität (L) die Sekundärspule ist.
3. Anordnung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Induktivität (L) in einer Gyratoranordnung vorgesehen ist.
4. Anordnung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Induktivität (L) derart mit der Induktivität (L) des Primärleitersystem verbunden ist und eine derartige Kapazität mit dem Primärleitersystem in Wirkverbindung ist, dass die zugehörige resultierende Resonanzfrequenz auf die Mittelfrequenz abstimmbar ist,
5. Anordnung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kapazität in einer das Primärleitersystem direkt oder über einen Transformator speisenden Gyratoranordnung angeordnet ist
und/oder dass die Kapazität in Reihe oder parallel beschaltet zur mit der Induktivität (L) des Primärleitersystem verbundenen Induktivität (L) vorgesehen ist.
6. Anordnung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
eine Reglerschaltung vorgesehen ist, deren Eingang mit einem Mittel zur Erfassung der relativen Phasenlage zwischen einer Spannung und einem Strom vorgesehen ist, wobei der Strom der Primärstrom ist, und deren Ausgang mit der steuerbaren Induktivität (L) als Stellglied verbunden ist.
7. Anordnung nach mindestens einem der vorange-
- gangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Mittel zur Erzeugung des unipolaren Stroms eine steuerbare Anordnung umfassen, wie DC/DC-Wandler, Leistungsschalter und/oder steuerbarer Widerstand.
8. Anordnung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Kern (2, 3) einen Luftspalt (S) aufweist, welcher im von der Hauptwicklung erzeugten Hauptfluss durchdrungen wird,
wobei die von den jeweiligen Teilwicklungen erzeugte Flüsse im Wesentlichen durch Bereiche des Kerns (2, 3) ohne Luftspalt (S) geleitet sind.
9. Anordnung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Mittel zur Erfassung der relativen Phasenlage als Steuerglied einer Regelschaltung vorgesehen und mit dieser verbunden sind.

25 Claims

1. Arrangement for contactless energy transmission, wherein a medium-frequency current is fed into an elongatedly formed primary conductor system, wherein consumers are supplied from a secondary coil provided inductively coupled to the primary conductor system, wherein there is connected in series or parallel to the secondary coil such a capacitance that the associated resonant frequency corresponds substantially to the medium frequency, in particular between 10 and 500 kHz, of the current,
characterised in that
a controllable inductance (L) is provided, wherein the inductance (L) comprises a main winding which is formed around at least one limb of a core (2, 3), wherein the main winding is supplied with alternating current, wherein a control winding is provided on at least one limb of the core (2, 3), which winding is supplied with unipolar current, wherein the control winding has at least two partial windings, the winding sense of which is arranged in such a manner
- that the direction of the main flux generated in the region comprised by the first partial region of the control winding corresponds to the direction of the flux generated by the main winding when being supplied positive current in this region,
- and that the direction of the main flux generated in the region comprised by the second partial

region of the control winding corresponds to the direction of the flux generated by the main winding when being supplied with negative current in this second region, thus in the region comprised by the second partial region of the control winding,

wherein the control winding is formed in such a manner that in each case alternately after performing a first number of turns of a partial region a corresponding number of turns of the other partial region is performed, wherein the number assumes a value between 1 and 10,

wherein a supply winding is provided on at least one limb of the core (2, 3), to which winding there are connected means for generating the unipolar current, wherein the means are supplied from the induced voltage, in particular therefore secondary voltage, of the supply winding,

wherein the main winding L is wound around a first E-shaped core (2),

wherein a second E-shaped core (3), provided for closing the magnetic flux coming from the first E-shaped core (2), has around its middle limb the supply winding L3,

wherein the first partial winding of the control winding L2 is provided in the right main limb and the second partial winding of the control winding L2 is provided in the left main limb wherein the winding senses of the two partial windings are arranged in opposite directions.

2. Arrangement according to Claim 1,
characterised in that
the inductance (L) is the secondary coil.

3. Arrangement according to at least one of the preceding claims,
characterised in that
the inductance (L) is provided in a gyrator arrangement.

4. Arrangement according to at least one of the preceding claims,
characterised in that
the inductance (L) is connected in such a manner to the inductance (L) of the primary conductor system, and such a capacitance is in operative connection with the primary conductor system, that the associated resulting resonant frequency is tunable to the medium frequency.

5. Arrangement according to Claim 4,
characterised in that
the capacitance is arranged in a gyrator arrangement feeding the primary conductor system directly or via a transformer
and/or **in that** the capacitance is connected in series

or parallel to the inductance (L) connected to the inductance (L) of the primary conductor system.

6. Arrangement according to at least one of the preceding claims,
characterised in that
a regulator circuit is provided, the input of which is provided with a means for detecting the relative phase position between a voltage and a current, wherein the current is the primary current, and the output of which is connected to the controllable inductance (L) as actuator.
7. Arrangement according to at least one of the preceding claims,
characterised in that
the means for generating the unipolar current comprise a controllable arrangement, such as a DC/DC converter, power switch and/or controllable resistance.
8. Arrangement according to at least one of the preceding claims,
characterised in that
the core (2, 3) has an air gap (S) which is penetrated in the main flux generated by the main winding, wherein the fluxes generated by the respective partial windings are conducted substantially through regions of the core (2, 3) without an air gap (S).
9. Arrangement according to Claim 6,
characterised in that
the means for detecting the relative phase position are provided as control element of a regulating circuit and are connected to the latter.

Revendications

1. Agencement pour la transmission d'énergie sans contact, dans lequel un courant à moyenne fréquence est injecté dans un système de conducteurs primaires étendu en longueur,
dans lequel des consommateurs sont alimentés par une bobine secondaire couplée par induction avec le système de conducteurs primaires,
dans lequel une capacité est branchée en série ou en parallèle avec la bobine secondaire de telle sorte que la fréquence de résonance associée corresponde sensiblement à la moyenne fréquence du courant, en particulier soit comprise entre 10 et 500 kHz,
caractérisé en ce
qu'une inductance commandable (L) est prévue,
l'inductance (L) comprenant un enroulement principal qui est réalisé autour d'au moins une branche d'un noyau (2, 3),
l'enroulement principal étant soumis à un courant alternatif,

un enroulement de commande, qui est soumis à un courant unipolaire, étant prévu sur au moins une branche du noyau (2, 3),
l'enroulement de commande comportant au moins deux enroulements partiels dont le sens d'enroulement est réalisé de telle sorte

- **que** la direction du flux principal généré dans la zone englobée par la première zone partielle de l'enroulement de commande corresponde à la direction du flux généré par l'enroulement principal dans cette zone lorsqu'il est soumis à un courant positif,

- **et que** la direction du flux principal généré dans la zone englobée par la deuxième zone partielle de l'enroulement de commande corresponde à la direction du flux généré par l'enroulement principal dans cette deuxième zone, donc dans la zone englobée par la deuxième zone partielle de l'enroulement de commande, lorsqu'il est soumis à un courant négatif,

l'enroulement de commande étant réalisé de façon que, chaque fois en alternance, après réalisation d'un premier nombre de tours d'une zone partielle, un nombre correspondant de tours de l'autre zone partielle soit réalisé, ledit nombre prenant une valeur comprise entre 1 et 10,

un enroulement d'alimentation étant prévu sur au moins une branche du noyau (2, 3), auquel sont reliés des moyens pour générer le courant unipolaire, les moyens étant alimentés par la tension induite, donc en particulier la tension secondaire, de l'enroulement d'alimentation,

l'enroulement principal L étant enroulé autour d'un premier noyau en forme de E (2),

un deuxième noyau en forme de E (3) prévu pour fermer le flux magnétique sortant du premier noyau en forme de E (2) présentant l'enroulement d'alimentation L3 autour de sa branche centrale,

le premier enroulement partiel de l'enroulement de commande L2 étant prévu dans la branche principale droite et le deuxième enroulement partiel de l'enroulement de commande L2 dans la branche principale gauche,

les sens d'enroulement des deux enroulements partiels étant contraires.

2. Agencement selon la revendication 1,
caractérisé en ce
que l'inductance (L) est la bobine secondaire.

3. Agencement selon au moins l'une des revendications précédentes,
caractérisé en ce
que l'inductance (L) est prévue dans un agencement gyrateur.

4. Agencement selon au moins l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce

que l'inductance (L) est reliée à l'inductance (L) du système de conducteurs primaires et une capacité coopère avec le système de conducteurs primaires de telle sorte que la fréquence de résonance résultante associée puisse être accordée sur la moyenne fréquence.

5. Agencement selon la revendication 4,

caractérisé en ce

que la capacité est disposée dans un agencement gyrateur qui alimente le système de conducteurs primaires directement ou via un transformateur et/ou que la capacité est branchée en série ou en parallèle avec l'inductance (L) reliée à l'inductance (L) du système de conducteurs primaires.

6. Agencement selon au moins l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce

qu'un circuit régulateur est prévu, dont l'entrée est prévue avec un moyen de détection de la position de phase relative entre une tension et un courant, le courant étant le courant primaire, et dont la sortie est reliée à l'inductance commandable (L) en tant qu'actionneur.

7. Agencement selon au moins l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce

que les moyens pour générer le courant unipolaire comprennent un agencement commandable tel qu'un convertisseur DC/DC, un commutateur de puissance et/ou une résistance commandable.

8. Agencement selon au moins l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce

que le noyau (2, 3) présente un entrefer (S), lequel est traversé par le flux principal généré par l'enroulement principal, les flux générés par les enroulements partiels respectifs sont conduits sensiblement à travers des zones du noyau (2, 3) sans entrefer (S).

9. Agencement selon la revendication 6,

caractérisé en ce

que les moyens pour détecter la position de phase relative sont prévus sous la forme d'un organe de commande d'un circuit de régulation et reliés à celui-ci.

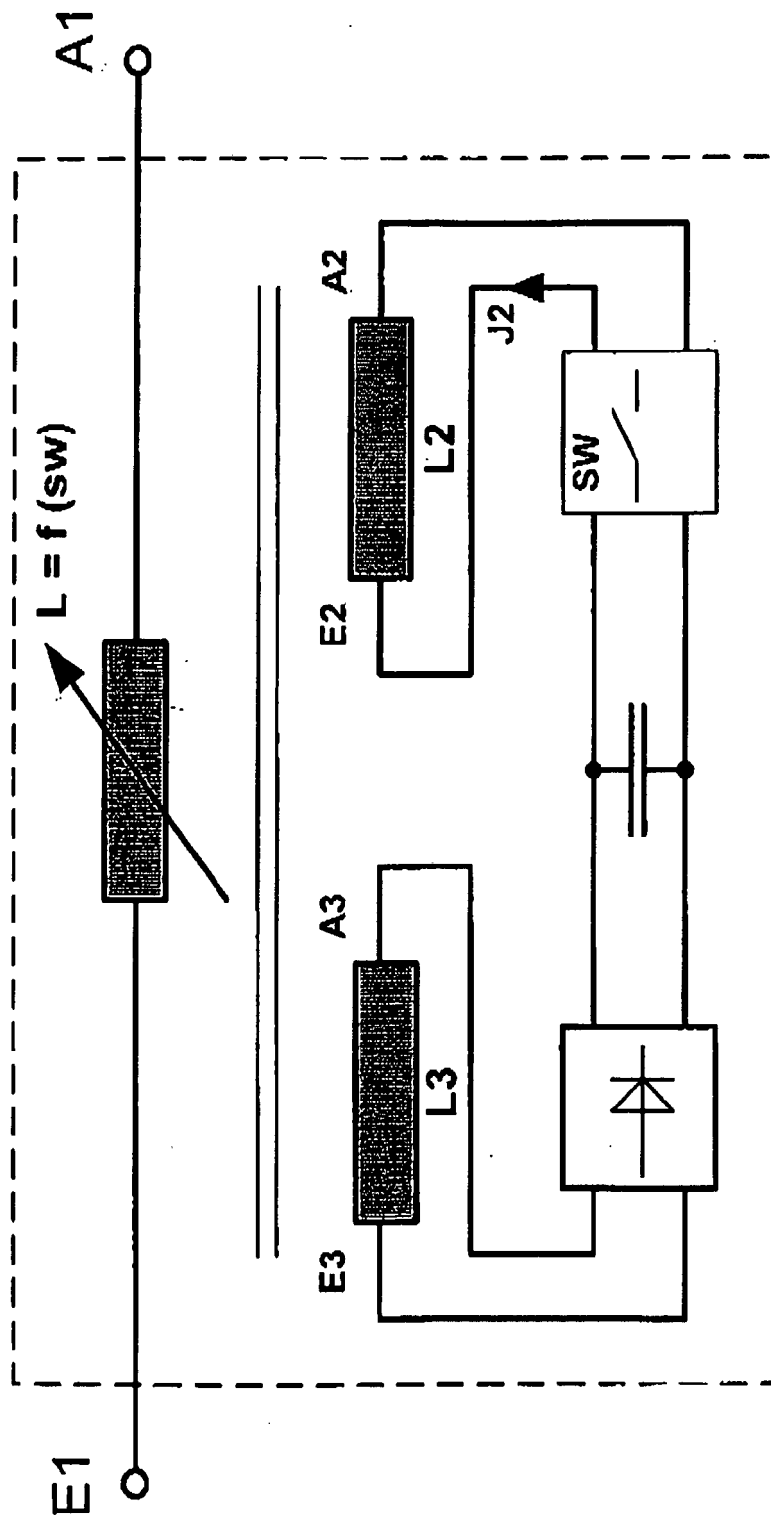


Fig. 1

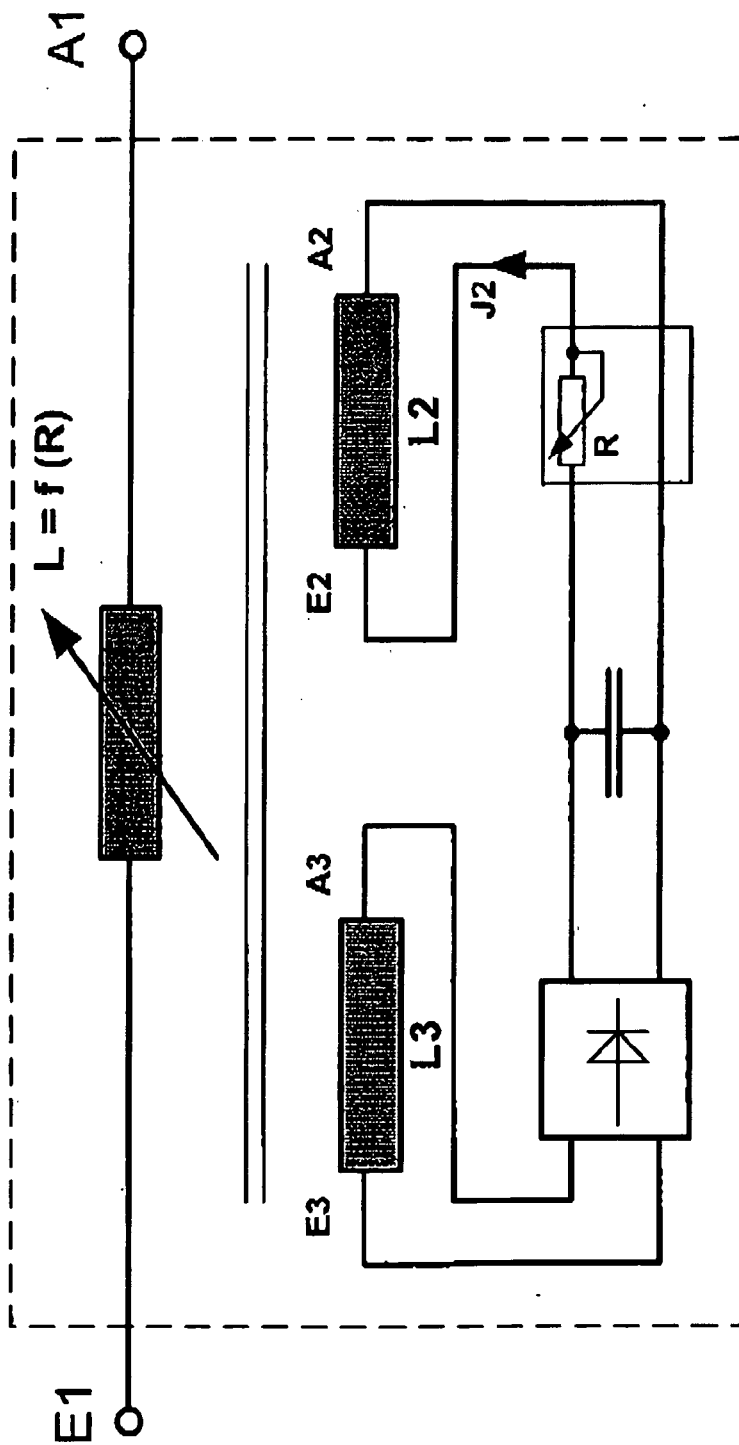
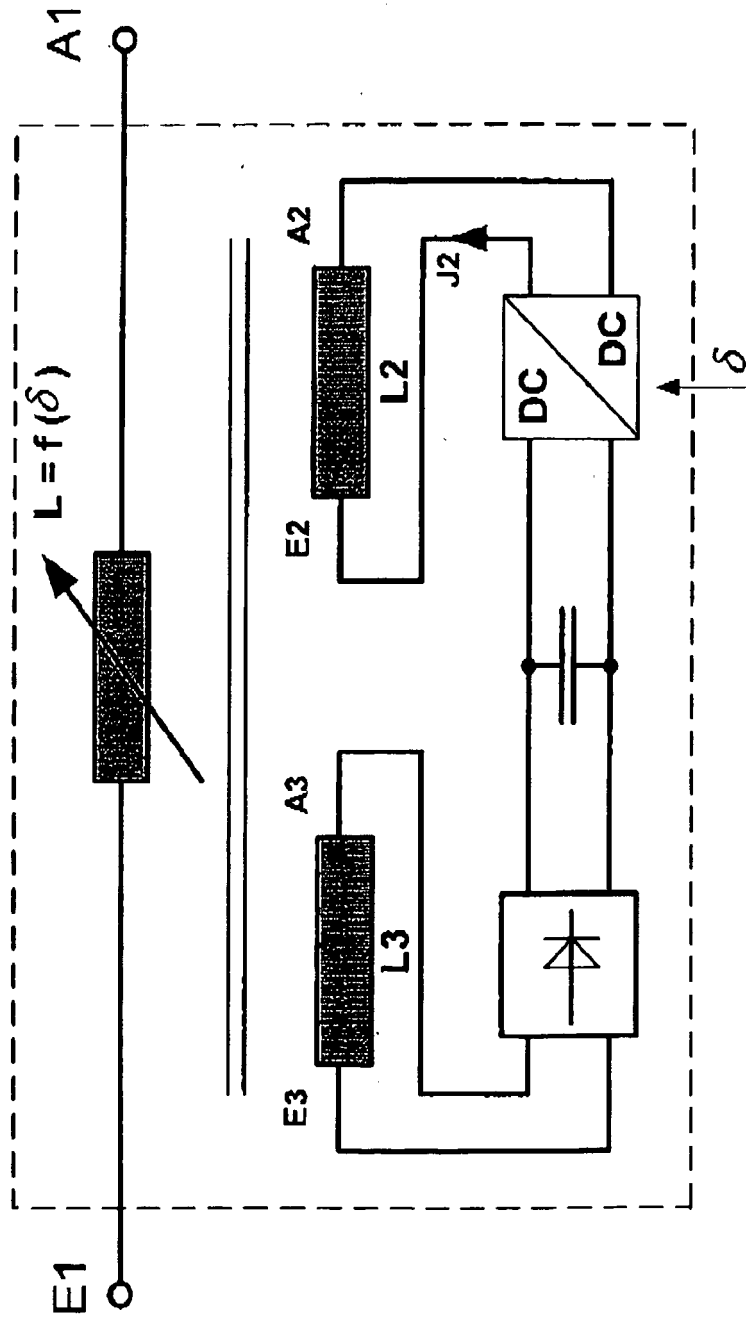


Fig. 2



3. 5.

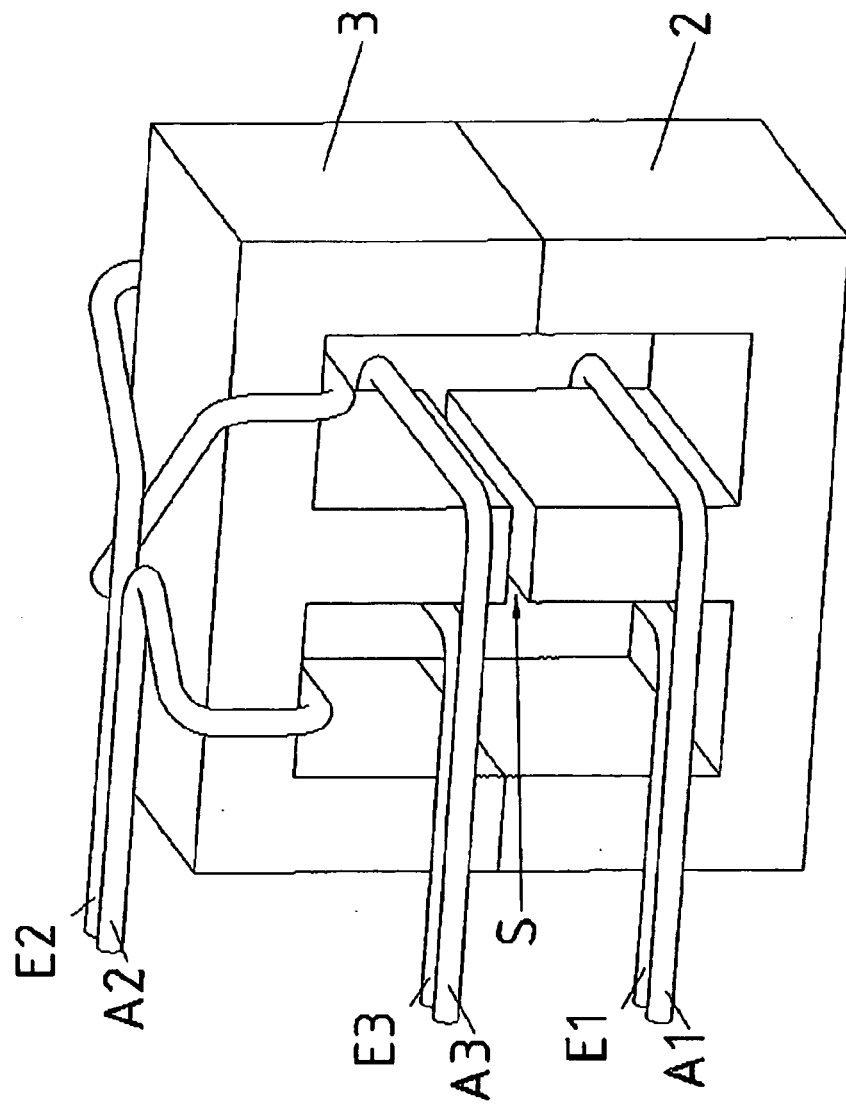


Fig. 4

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2008031491 A1 [0003]
- EP 0443342 A1 [0005]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- A self-adjusting sinusoidal power source suitable for driving capacitive loads. **BEN-YAAKOV S et al.** 2004 IEEE APPLIED Power ELECTRONICS CONFERENCE AND EXPOSITION, APEC 04. IEEE, 22. Februar 2004, vol. 3, 1832-1837 [0004]