



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH 704 852 B1

(51) Int. Cl.: H03J 7/04 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 00704/11

(22) Anmeldedatum: 21.04.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.10.2012

(24) Patent erteilt: 30.06.2015

(45) Patentschrift veröffentlicht: 30.06.2015

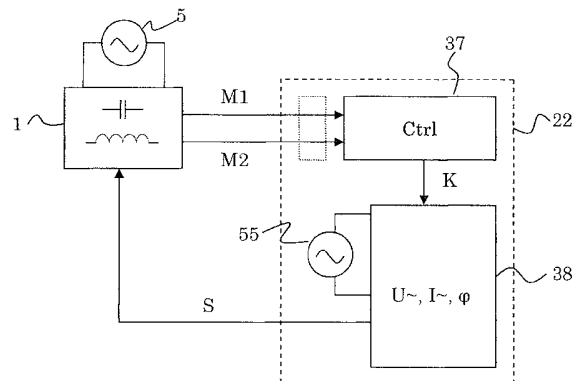
(73) Inhaber:
ETH Zürich ETH Transfer, HG E 47-49 Rämistrasse 101
8092 Zürich ETH-Zentrum (CH)

(72) Erfinder:
David Olivier Boillat, 3013 Bern (CH)
Thomas Friedli, 8044 Zürich (CH)
Johann Walter Kolar, 8044 Zürich (CH)
Christian Hafner, 8037 Zürich (CH)

(74) Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro AG, Postfach 1771
8032 Zürich (CH)

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Beeinflussung elektrischer Schaltungen, insbesondere zur Einstellung der Güte schwingfähiger elektrischer Systeme.

(57) Das Verfahren dient dem Beeinflussen einer elektrischen Schaltung (1), die durch eine Quelle (5) elektrischer Energie gespeist wird und mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement aufweist. An der elektrischen Schaltung (1) wird mindestens ein erstes Signal (M1; M2) gemessen, und eine Regeleinheit (22) erzeugt in Abhängigkeit von mindestens dem gemessenen ersten Signal (M1; M2) ein Stellsignal (S). Bei dem Stellsignal handelt es sich um eine Spannung, falls das erste Signal ein Strom ist, oder um einen Strom, falls das erste Signal eine Spannung ist. Das Stellsignal (S) wird der elektrischen Schaltung zugeführt, wobei die Regeleinheit (22) derart ausgelegt ist, dass sie es erlaubt, bei dem Zuführen des Stellsignals (S) wie eine in die elektrische Schaltung geschaltete Impedanz variabler Amplitude und variabler Phase, in allen vier Quadranten der komplexen Ebene, zu wirken. Vorzugsweise weist die entsprechende Vorrichtung einen Leistungssteller (38) auf, der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Elektrotechnik. Sie bezieht sich auf Vorrichtungen und Verfahren gemäss dem Oberbegriff der unabhängigen Patentansprüche. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auch auf Möglichkeiten, die Güte eines elektrischen Schwingkreises zu beeinflussen, und auf Möglichkeiten, elektrische Energie in ein System zu übertragen. Anwendungen kann die Erfindung in vielen Bereichen der Elektrotechnik finden, beispielsweise in der Schirmung magnetischer Wechselfelder und in der Energieübertragung, insbesondere in der induktiven Energieübertragung.

Stand der Technik

[0002] Um die Eigenresonanzfrequenz eines elektrischen Schwingkreises einer Quellenfrequenz anzupassen, können Kapazitäten nach einem bestimmten Algorithmus dazu- oder weggeschaltet werden. Somit wird die Gesamtkapazität in diskreten Schritten verändert, wodurch die auf diese Weise erreichbare maximale Güte entsprechend beschränkt ist. Damit in Verbindung stehende Veröffentlichungen sind: A. W. Green and J. T. Boys, «10 kHz inductively coupled power transfer – concept and control», Fifth International Conference on Power Electronics and Variable-Speed Drives, pp. 694-699, 1994 sowie D. Siemaszko, C. Rod and A. C. Rufer, «Controlled Resonant Circuit with Commutated Capacitors using Self-Switching Power Devices», IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), pp. 874-879, 2009.

[0003] In der Veröffentlichung B. Mortimer, T. du Bruyn, J. Davies and J. Tapson, «High power resonant tracking amplifier using admittance locking», Elsevier Science B.V., Ultrasonics 39, pp. 257-261, 2001 wird eine Regelstruktur vorgestellt, die das Minimum einer Impedanz (resp. das Maximum einer Admittanz) finden kann. Die Frequenz der Quelle dient dabei als Stellgrösse. Veränderungen in Bauteilen wie Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten können mit dieser Regelstruktur abgefangen werden. Jedoch ist die erreichbare Güte eines Schwingkreises auch in diesem Fall nach oben begrenzt.

[0004] Es besteht Bedarf an einer alternativen Möglichkeit zur Beeinflussung von elektrischen Schaltungen, insbesondere von Schwingkreisen, insbesondere, um deren Güte einzustellen bzw. diese zu maximieren.

Darstellung der Erfindung

[0005] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Alternative zum Beeinflussen einer elektrischen Schaltung zu schaffen, insbesondere eine solche, welche die oben genannten Nachteile nicht aufweist. Insbesondere soll ein entsprechendes Verfahren zum Beeinflussen einer elektrischen Schaltung geschaffen werden.

[0006] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine alternative Möglichkeit zur Einstellung einer Güte des elektrischen Schwingkreises zu schaffen.

[0007] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine alternative Möglichkeit zur Beeinflussung magnetischer Wechselfelder zu schaffen.

[0008] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, eine alternative Möglichkeit zur Einkopplung elektrischer Energie in eine Last einer elektrischen Schaltung zu schaffen.

[0009] Mindestens eine dieser Aufgaben wird durch eine Vorrichtung, ein Verfahren und eine Verwendung gemäss den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Aufgaben ergeben sich aus den folgenden Ausführungen.

[0010] Das Verfahren zum Beeinflussen einer elektrischen Schaltung, die durch eine Quelle elektrischer Energie gespeist wird und mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement (also ein Speicherelement zum Speichern elektrischer Energie) aufweist, beinhaltet,

dass an der elektrischen Schaltung mindestens ein erstes Signal gemessen wird,

dass eine Regeleinheit in Abhängigkeit von mindestens dem gemessenen ersten Signal ein Stellsignal erzeugt, bei dem es sich um eine Spannung handelt, falls das erste Signal ein Strom ist, oder um einen Strom handelt, falls das erste Signal eine Spannung ist,

dass das Stellsignal der elektrischen Schaltung zugeführt wird,

und dass die Regeleinheit derart ausgelegt ist, dass sie es erlaubt, bei dem Zuführen des Stellsignales so zu wirken wie eine in die elektrische Schaltung geschaltete Impedanz variabler Amplitude und variabler (insbesondere beliebiger) Phase in allen vier Quadranten der komplexen Ebene.

[0011] Dadurch kann, mittels der Regeleinheit, eine quasi beliebige Impedanz in die elektrische Schaltung geschaltet werden, wodurch das Verhalten der Schaltung, insbesondere ihr Schwingungsverhalten und die entsprechende Güte, geradezu beliebig einstellbar ist. Begrenzungen sind in der Praxis durch Dimensionierungsvorschriften gegeben; bspw. ist die maximal von der Regeleinheit abgebbare Leistung durch eine Speisung der Regeleinheit begrenzt, und/oder Ströme und/oder Spannungen erreichen ihre Dimensionierungsgrenzwerte. Wenn die elektrische Schaltung ein Schwingkreis ist, kann dieser beispielsweise im Punkt maximaler (oder zumindest sehr hoher) Güte gehalten werden, unabhängig von möglichen Frequenzänderungen der genannten Quelle elektrischer Energie und/oder von Änderungen in Teilen der Schaltung (z.B. thermisch oder frequenz-bedingte Änderungen von Widerständen, Induktivitäten und/oder Kapazitäten).

[0012] Wenn in der vorliegenden Patentanmeldung Spannungen oder Ströme erwähnt werden, sind damit im Allgemeinen elektrische Spannungen bzw. elektrische Ströme gemeint, insbesondere sind damit elektrische Wechselspannungen bzw. elektrische Wechselströme gemeint. Dabei beschränken sich die Begriffe Wechselstrom und Wechselspannung nicht auf sinusförmige Signale, sondern umfassen grundsätzlich beliebige Signalformen.

[0013] Wenn in der vorliegenden Patentanmeldung Signale erwähnt werden, sind damit Spannungen oder Ströme im vorgenannten Sinne gemeint.

[0014] Die entsprechende Vorrichtung zum Beeinflussen einer durch eine Quelle elektrischer Energie gespeisten und mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement aufweisenden elektrischen Schaltung weist eine Regeleinheit auf, wobei die Regeleinheit aufweist:

- einen Eingang mindestens für ein erstes an der elektrischen Schaltung gemessenes Signal;
- einen Ausgang mindestens für ein Stellsignal, über den das Stellsignal der elektrischen Schaltung zuführbar ist;
- einen Leistungssteller, der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht, zur Erzeugung des Stellsignals, wobei der Leistungssteller mindestens einen Steuereingang zur Steuerung des Stellsignals aufweist;
- eine Kontrolleinheit zur Steuerung des Leistungsstellers, mit einem Steuerausgang, der mit dem Steuereingang des Leistungsstellers wirkverbunden ist, und mit einem Eingang, der mit dem zuvor genannten Eingang identisch ist oder mit diesem wirkverbunden ist.

[0015] Wie bei der Beschreibung des Verfahrens klar geworden sein sollte, verhält sich die Regeleinheit im mit der elektrischen Schaltung verschalteten Zustand wie eine Impedanz, deren Amplitude variabel ist und deren Phase in allen vier Quadranten der komplexen Ebene variabel ist, insbesondere beliebig einstellbar ist.

[0016] Die Regeleinheit kann einen Leistungssteller aufweisen, der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht. Wenn der Leistungssteller alternativ Ströme mit variabler Phase und variabler Amplitude und Spannungen mit variabler Phase und variabler Amplitude erzeugen kann, dann kann vorgesehen sein, dass die beiden Grössen (Amplitude und Phase von Impedanz bzw. Stellsignal) unabhängig voneinander durch die Regeleinheit einstellbar sind.

[0017] Generell umfasst die Erfindung Vorrichtungen mit Merkmalen, die den Merkmalen von beschriebenen Verfahren entsprechen, sowie Verfahren mit Merkmalen, die den Merkmalen von den beschriebenen Vorrichtungen entsprechen.

[0018] Die elektrische Schaltung ist eine beliebige gegebene elektrische Schaltung, die die angegebenen Eigenschaften aufweist.

[0019] Die Quelle elektrischer Energie kann bspw. eine Spannungs- oder eine Stromquelle sein, insbesondere eine Wechselspannungs- oder eine Wechselstromquelle.

[0020] Das genannte elektrische Energiespeicherelement kann mindestens eine Kapazität oder Induktivität aufweisen, in der Praxis also mindestens einen Kondensator oder mindestens eine Spule.

[0021] Bei dem gemessenen (ersten) Signal handelt es sich beispielsweise um einen Strom oder eine Spannung, genauer: um einen elektrischer Wechselstrom oder eine elektrische Wechselspannung. Diese zeichnen sich meist durch ihre Eigenschaften Signalform, Amplitude (Maximalwert) und Phase aus.

[0022] Je nachdem, ob das Stellsignal eine Spannung oder ein Strom ist, wird man, um das Stellsignal der elektrischen Schaltung zuzuführen, eine Spannung in die Schaltung einspeisen oder der Schaltung einen Strom einprägen.

[0023] Die Angabe «variabel» bei den angegebenen variablen Grössen bedeutet, dass diese kontinuierlich oder quasi-kontinuierlich einstellbar sind, durch die Regeleinheit.

[0024] Die (variable) Phase kann bzgl. einer Referenzphase bestimmt werden, oder bzgl. eines an der elektrischen Schaltung gemessenen Signals.

[0025] In einer Ausführungsform der Erfindung sind durch die Regeleinheit Impedanzen variabler Amplitude und variabler Phase in allen vier Quadranten der komplexen Ebene modellierbar.

[0026] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist die Regeleinheit derart ausgelegt, dass eine Impedanz, die eine Relation des Stellsignals zu einem weiteren Signal beschreibt, welches zusammen mit dem Stellsignal ein leistungsbildendes Signalpaar bildet, eine variable Amplitude und eine variable Phase in allen vier Quadranten der komplexen Ebene haben kann.

[0027] Unter «leistungsbildendes Signalpaar» verstehen wir ein Strom-Spannungs-Paar, und zwar ein solches, bei dem durch die Punkte, zwischen denen die fragliche Spannung (gemessenes Spannungssignal oder Spannungs-Stellsignal) anliegt, der fragliche Strom (Strom-Stellsignal bzw. gemessenes Stromsignal) fliesst.

[0028] Der Leistungssteller ist typischerweise alternativ strom- und spannungssteuerbar ausgelegt.

[0029] Weiter kann der Leistungssteller typischerweise alternativ Leistung aufnehmen und abgeben.

[0030] Durch die Regeleinheit ist in Abhängigkeit von mindestens dem gemessenen ersten Signal ein Stellsignal erzeugbar, bei dem es sich um eine Spannung handelt, falls das erste Signal ein Strom ist, oder um einen Strom handelt, falls das erste Signal eine Spannung ist.

[0031] Man kann das Verfahren/die Vorrichtung auch als ein Verfahren/eine Vorrichtung zum Beeinflussen des Energieflusses einer elektrischen Schaltung auffassen.

[0032] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Kontrolleinheit mittels einer digitalen Recheneinheit realisiert, bspw. mittels eines DSP (Digital Signal Processor) oder eines Mikrokontrollers.

[0033] In einer Ausführungsform der Vorrichtung, die mit der zuvor genannten Ausführungsform kombinierbar ist, enthält diese eine weitere Quelle elektrischer Energie, nämlich vorgeschaltet dem Leistungssteller, also zum Beaufschlagen des Leistungsstellers mit elektrischer Energie.

[0034] In einer Ausführungsform des Verfahrens, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die Regeleinheit einen Leistungssteller auf, der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht.

[0035] Der genannte Leistungssteller kann insofern auch als Vierquadranten-Leistungssteller bezeichnet werden, als dass unabhängig von Amplitude und Phase eines Eingangssignals (Steuersignal, z.B. das gemessene erste Signal) die Amplitude und Phase des Ausgangssignals (also des Stellsignals) beliebig sein kann.

[0036] Durch den genannten Leistungssteller kann im Allgemeinen alternativ Leistung aufgenommen und Leistung abgegeben werden, und zwar sowohl Blind- als auch Wirkleistung in variablem Verhältnis.

[0037] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, wird, sofern nicht das gemessene erste Signal und das Stellsignal ein leistungsbildendes Signalpaar bilden, an der elektrischen Schaltung zusätzlich noch mindestens ein zweites Signal gemessen, wobei das erste und das zweite Signal ein leistungsbildendes Signalpaar bilden, und wobei das mittels der Regeleinheit erzeugte Stellsignal auch von dem gemessenen zweiten Signal abhängig ist.

[0038] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, stellt die elektrische Schaltung ein elektrisch schwingfähiges System oder ein zu elektrischen Schwingungen anregbares System dar oder beinhaltet ein solches.

[0039] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die elektrische Schaltung ausschliesslich passive Elemente auf. In diesem Fall ist die elektrische Schaltung also frei von aktiven Bauelementen. Die Schaltung besteht dann im Allgemeinen im Wesentlichen ausschliesslich aus Widerständen und/oder Kapazitäten und/oder Induktivitäten.

[0040] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die Regeleinheit einen Linearverstärker auf.

[0041] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, typischerweise aber nicht mit der letztgenannten, weist die Regeleinheit eine bidirektionale Leistungsfluss ermöglichende H-Brücke auf, beispielsweise eine H-Brücke mit geeigneten (bidirektionalen) Schalterelementen.

[0042] In einer Ausführungsform, die mit einer der beiden letztgenannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die Regeleinheit eine an den Linearverstärker oder die H-Brücke angeschlossene Quelle elektrischer Energie auf.

[0043] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, ist in der Regeleinheit ein Algorithmus implementiert zum Auffinden eines Stellsignals, durch das eine vorgebbare oder vorgegebene Bedingung erfüllt wird.

[0044] Diese Bedingung ist eine Bedingung, die die elektrische Schaltung, insbesondere deren Leistungsfluss, betrifft. Z.B. kann die Bedingung lauten, dass die Dämpfung der Schaltung reduziert und/oder die Eigenresonanzfrequenz der Schaltung auf eine gegebene Frequenz verschoben werden soll; oder das gemessene (erste) Signal ist ein Strom, dessen Amplitude maximiert werden soll; jeweils soll mittels des Algorithmus ein solches Stellsignal gefunden werden, das die Aufgabe löst (oder möglichst gut löst), und somit die Bedingung erfüllt.

[0045] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, ist die elektrische Schaltung ein elektrischer Schwingkreis, und das Verfahren/die Vorrichtung ist ein Verfahren/eine Vorrichtung zur Einstellung einer Güte des elektrischen Schwingkreises. Schwingkreise können in diesem Fall z.B. bei einer vorgebbaren Güte betrieben oder auf eine vorgebbare Frequenz abgestimmt werden, selbst wenn z.B. temperaturabhängige Veränderungen von Bauteilen der elektrischen Schaltung auftreten, denn diese können durch die Regeleinheit kompensiert werden.

[0046] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, ist die elektrische Schaltung ein Bestandteil einer Vorrichtung zur Beeinflussung, insbesondere zur Abschirmung, magnetischer Wechselfelder, die eine Vielzahl solcher elektrischer Schaltungen beinhaltet, wobei das Verfahren/die Vorrichtung ein Verfahren/eine Vorrichtung zur Beeinflussung magnetischer Wechselfelder ist. Beispielsweise in sogenannten Metamaterialien, die aus einer Vielzahl von Schwingkreisen bestehen, kann mittels der Erfindung eine Anpassung des elektrischen Verhaltens der Schwingkreise und dadurch eine Beeinflussung eines äusseren magnetischen Wechselfeldes durch das Metamaterial erreicht werden, wodurch sich bspw. ein magnetisches Abschirmverhalten des Metamaterials einstellen lässt.

[0047] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, beinhaltet die elektrische Schaltung eine Last, in die elektrische Energie aus der Quelle elektrischer Energie einzukoppeln ist, und das Verfahren ist ein Verfahren zur Einkopplung elektrischer Energie in die Last. In diesem Fall können z.B. bei induktiven Energieüberträgern, insbesondere bei Lufttransformatoren oder induktiv aufladbaren Geräten, die Bedingungen für die Energieübertragung optimiert werden und/oder konstant gehalten werden.

[0048] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die Vorrichtung eine Messeinheit zum Messen mindestens des ersten Signals an der elektrischen Schaltung auf.

[0049] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die Vorrichtung eine dem Eingang der Kontrolleinheit vorgeschaltete Signalaufbereitungseinheit zum Analysieren und/oder Bearbeiten mindestens des ersten Signals und zum Ausgeben von aus mindestens dem ersten Signal gewonnenen Steuersignalen an die Kontrolleinheit auf.

[0050] Eine zwischen Eingang der Regeleinheit und Eingang der Kontrolleinheit angeschlossene Signalaufbereitungseinheit kann z.B. Spitzenwert (Amplitude) und Phase einer als erstes Signal gemessenen Spannung bestimmen und/oder Signale skalieren, z.B. verstärken.

[0051] In einer Ausführungsform, die mit einer oder mehreren der zuvor genannten Ausführungsformen kombiniert werden kann, weist die Regeleinheit eine Logikeinheit auf, in der ein Algorithmus zum Auffinden eines solchen Stellsignals implementiert ist, durch das eine vorgebbare oder vorgegebene Bedingung erfüllt wird. Es kann also eine Logikeinheit implementiert sein, durch welche der Leistungssteller derart gesteuert wird, dass dieser ein solches Stellsignal ausgibt, durch das eine vorgebbare oder vorgegebene Bedingung für einen elektrischen Zustand der elektrischen Schaltung erfüllt wird. Geeignete Steueralgorithmen können vorprogrammiert oder programmierbar sein. Bspw. kann die Logikeinheit in Form eines DSP (digitaler Signalprozessor) implementiert sein.

[0052] Die Logikeinheit kann Bestandteil der Kontrolleinheit sein oder mit dieser identisch sein.

[0053] Weiter umfasst die Erfindung weitere Vorrichtungen, insbesondere elektrische Vorrichtungen, die eine der vorher genannten Vorrichtungen sowie die genannte elektrische Schaltung aufweisen, insbesondere wobei die genannte elektrische Schaltung ein elektrisch schwingfähiges System oder ein zu elektrischen Schwingungen anregbares System darstellt oder beinhaltet.

[0054] Die Erfindung umfasst auch weitere Vorrichtungen zur Einstellung einer Güte des elektrischen Schwingkreises, wobei in diesem Fall die elektrische Schaltung ein elektrischer Schwingkreis ist.

[0055] Die Erfindung umfasst auch weitere Vorrichtungen zur Beeinflussung, insbesondere zur Abschirmung, magnetischer Wechselfelder, wobei die elektrische Schaltung ein Bestandteil dieser Vorrichtung ist und die Vorrichtung eine Vielzahl solcher elektrischer Schaltungen beinhaltet.

[0056] Die Erfindung umfasst auch weitere Vorrichtungen zur Einkopplung elektrischer Energie in eine Last, wobei die elektrische Schaltung diese Last beinhaltet, und wobei in diese Last elektrische Energie aus der genannten Quelle elektrischer Energie einzukoppeln ist.

[0057] Weiter umfasst die Erfindung noch eine Verwendung eines Leistungsstellers, nämlich die Verwendung eines Leistungsstellers, der einen Vierquadrantenbetrieb erlaubt (und somit alternativ Ströme mit variabler Phase und Amplitude und Spannungen mit variabler Phase und Amplitude erzeugen kann), zur Beeinflussung einer elektrischen Schaltung, die durch eine Quelle elektrischer Energie gespeist wird und mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement aufweist, wobei mittels des Leistungsstellers Ströme oder Spannungen solcherart der elektrischen Schaltung zugeführt werden, dass diese so wirken wie eine in die elektrische Schaltung geschaltete Impedanz, die von einem elektrischen Zustand der elektrischen Schaltung abhängig gewählt ist und eine variable Amplitude und eine variable Phase in allen vier Quadranten der komplexen Ebene aufweisen kann. Insbesondere kann dabei der elektrische Zustand einen Strom (insbesondere einen Wechselstrom) oder eine Spannung (insbesondere eine Wechselspannung) der elektrischen Schaltung beschreiben.

[0058] Weitere Ausführungsformen und Vorteile gehen aus den abhängigen Patentansprüchen und den Figuren hervor.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0059] Im Folgenden wird der Erfindungsgegenstand anhand von Ausführungsbeispielen und der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen schematisch:

Fig. 1 einen erfindungsgemässen Aufbau, stark schematisiert;

Fig. 2 einen erfindungsgemässen Aufbau, stark schematisiert;

Fig. 3 eine Ausführungsform mit einem Serienschwingkreis, mit einer Wechselspannung als Stellsignal;

Fig. 4 eine Ausführungsform mit einem Serienschwingkreis, mit einem Wechselstrom als Stellsignal;

Fig. 5 ein Blockschaltbild einer Regeleinheit für die Ausführungsform gemäss Fig. 3.

[0060] Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezugszeichenliste zusammengefasst aufgelistet. Für das Verständnis der Erfindung nicht wesentliche Teile sind zum Teil nicht dargestellt. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele stehen beispielhaft für den Erfindungsgegenstand und haben keine beschränkende Wirkung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0061] Fig. 1 zeigt stark schematisiert einen erfindungsgemässen Aufbau. Eine durch eine Energiequelle 5 gespeiste elektrische Schaltung 1 weist, wie durch den Kondensator und die Spule bzw. durch Kapazität und Induktivität angedeutet, mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement auf (also mindestens ein Speicherelement für elektrische Energie). Die Energiequelle kann bspw. eine Spannungsquelle oder eine Stromquelle sein.

[0062] Typischerweise weist die elektrische Schaltung keine aktiven Bauelemente auf.

[0063] Die elektrische Schaltung 1 (kurz: Schaltung 1) kann ein zu elektrischen Schwingungen anregbares System sein (z.B. ein Schwingkreis). Es ist eine Regeleinheit 22 vorgesehen, mittels der die Schaltung 1 beeinflussbar ist. Insbesondere soll mittels der Regeleinheit 22 der Energiefluss und/oder die Güte der Schaltung 1 beeinflusst oder geregelt werden.

[0064] Die Regeleinheit 22 erhält mindestens ein erstes Signal M1, das an der Schaltung 1 gemessen ist (und in Fig. 1 noch ein zweites, als M2 bezeichnetes), und führt ein Stellsignal S zurück an die Schaltung 1. Jedes der Signale M1, M2, S ist ein (Wechsel-)Strom oder eine (Wechsel-)Spannung. Die Regeleinheit 22 weist einen Leistungssteller 38 auf, der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht und durch eine Kontrolleinheit 37 gesteuert wird. Letztere erhält die Signale M1, M2 direkt oder, wie durch die in Fig. 1 gepunktet dargestellte Einheit angedeutet, daraus abgeleitete Signale und gibt Kontrollsignale K an den Leistungssteller 38 ab.

[0065] Der Leistungssteller 38 ist in der Lage, (als Stellsignal S) alternativ Ströme variabler Amplitude und beliebiger Phase und Spannungen variabler Amplitude und beliebiger Phase zu erzeugen. Somit können mittels des Leistungsstellers 38 Stellsignale S erzeugt werden, die wie eine beliebige Impedanz wirken, wenn sie der Schaltung 1 zugeführt werden. Die Amplitude der Stellsignale S ist im allgemeinen nur durch die maximal tragbaren Ströme und/oder Spannungen nach oben begrenzt. Die Phase der modellierten Impedanz kann – abgesehen von eventuellen Quantisierungsschritten – jeden beliebigen Winkel annehmen, ist also in allen vier Quadranten der komplexen Ebene variabel einstellbar. Die Amplitude der Impedanz kann (in weiten Bereichen) variiert werden, kontinuierlich oder allenfalls in Quantisierungsschritten, und ist im Allgemeinen einzig durch Dimensionierungsvorgaben limitiert. Der Leistungssteller 38 kann Wirk- und/oder Blindleistung wahlweise aufnehmen und/oder abgeben; die Impedanz kann auch negative Real- und/oder Imaginärteile haben. Die auf diese Weise realisierte Impedanz kann auch als «elektronische Impedanz» bezeichnet werden.

[0066] Der Leistungssteller 38 kann bspw. ein Linearverstärker sein oder eine H-Brücke, die einen bidirektionalen Leistungsfluss ermöglicht. In der Regeleinheit 22 oder separat davon kann eine Energiequelle (Strom- oder Spannungsquelle) 55 vorgesehen sein.

[0067] Fig. 2 zeigt eine andere stark schematisierte Darstellung eines erfindungsgemässen Aufbaus. Die Schaltung 1 weist eine Last 8 auf und ist als ein Schaltungsteil 17 plus die Last 8 dargestellt. Dabei kann der Schaltungsteil 17 als ein Netzwerk 17 angesehen werden, insbesondere als ein Netzwerk 17 passiver Bauelemente. Zusätzlich zur Last 8 ist die Regeleinheit 22 (über Anschlüsse 15, 16), die Quelle 5 sowie eine Messeinheit 11 an das Netzwerk 17 angeschlossen.

[0068] Die Messeinheit 11 kann Teil der Regeleinheit 22 sein oder, wie in Fig. 2 dargestellt, als eine separate Einheit ausgebildet sein. Sie ist über das Netzwerk 17 mit der Regeleinheit 22 wirkverbunden. Alle in Fig. 2 dargestellten Einheiten sind mindestens über das Netzwerk 17 miteinander wirkverbunden. Die Messeinheit 11 dient der Messung des ersten Signals M1 und ggf. auch der Messung des zweiten Signals M2, vgl. Fig. 1. Es ist auch möglich, vorzusehen, dass mittels der Messeinheit 11 noch weitere Signale gemessen werden.

[0069] Die von der Quelle 5 aus «gesehene» Impedanz Z_{in} 43 ist mittels der Regeleinheit 22 regelbar und kann gemäss vorgebbaren Kriterien oder Zielen eingestellt werden.

[0070] Fig. 3 zeigt als Blockschaltbild eine Ausführungsform mit einem Serienschwingkreis als elektrische Schaltung und mit einer Wechselspannung als Stellsignal S. Die durch Quelle 5 gespeiste elektrische Schaltung 1 weist einen Widerstand 28, eine Induktivität 29 und eine Kapazität 30 sowie eine Last 8 auf. An den Anschlüssen 15, 16 ist die Regeleinheit 22 angeschlossen. Als an der Schaltung 1 gemessenes Signal M1 wird der Strom i_1 zugeführt (gestrichelte Verbindung), und als Stellsignal S wird die Spannung u_1 von der Regeleinheit 22 ausgegeben. In dieser Ausführungsform bilden die Signale M1 und S ein leistungsbildendes Signalpaar, so dass der Regeleinheit 22 kein zweites an der Schaltung 1 gemessenes Signal (zur Bildung der Impedanz) zugeführt werden muss.

[0071] In dem Schwingkreis kann durch die Regeleinheit 22 eine Güte des Schwingkreises eingestellt (zum Beispiel maximal eingestellt), oder die Einkopplung von Energie der Quelle 5 in die Last 8 optimiert werden; dies jeweils unabhängig von zeitlichen Schwankungen der Bauelemente (28, 29, 30, 8), z.B. im Falle der Erwärmung dieser.

[0072] Fig. 4 zeigt in der gleichen Weise wie Fig. 3 den gleichen Serienschwingkreis 1 wie Fig. 3, doch die Regeleinheit 22 ist anders mit der Schaltung 1 verschaltet. In diesem Fall ist der Strom i_2 das Stellsignal S der Regeleinheit 22, und es werden zwei an der Schaltung 1 gemessene Signale M1, M2 (nämlich u_1 und i_1) benötigt, um die Regeleinheit 22 in geeigneter Weise betreiben zu können.

[0073] Fig. 5 zeigt schematisch ein Blockschaltbild einer Regeleinheit 22 für die Ausführungsform gemäss Fig. 3. Die Regeleinheit 22 weist eine Messeinheit 11 auf, die eine Phasemesseinheit 35 (zur Bestimmung der Phase 39 des Stromsignals M1) und eine Amplitudenmesseinheit 36 (zur Bestimmung der Amplitude 40 des Stromsignals M1) aufweist, so dass das Signal M1 komplett erfasst werden kann.

[0074] In Logikeinheit 37', die wahlweise als ein Bestandteil einer Kontrolleinheit der Regeleinheit 22 oder als die Kontrolleinheit selbst betrachtet werden kann, ist ein Algorithmus, z.B. zur Maximierung des Stromsignals M1, implementiert, weshalb die Stromamplitude 40 der Logikeinheit 37' zugeführt wird. Als Kontrollsignale K1, K2 gibt Logikeinheit 37' eine Amplitude Z_s und eine Phase $\Delta\phi_s$ der zu erzeugenden «elektronischen Impedanz» aus. Der Leistungssteller 38 kann, wie in Fig. 5 dargestellt, als eine stromgesteuerte Spannungsquelle (CCVS, Current Controlled Voltage Source) implementiert sein und erzeugt aufgrund der Steuersignale K1, K2 ein geeignetes Stellsignal S (Spannung u_1), das in den Schwingkreis 1 eingekoppelt wird.

[0075] Zur Maximierung der Amplitude des Stromsignals M1 (i_1) kann bspw. bei zunächst fixem $\Delta\phi_s$ die Amplitude Z_s variiert werden, bis ein Maximum der Stromamplitude 40 erreicht ist. Anschliessend kann die Phase $\Delta\phi_s$ geändert werden und daraufhin wiederum die Amplitude Z_s (der modellierten Impedanz) variiert werden, bis wieder ein Maximum der Stromamplitude 40 erreicht ist. Bei weiterer Wiederholung der beschriebenen Schritte erreicht man schliesslich eine Stromamplitude i_1 , die nicht weiter erhöht werden kann. Fortsetzen der Prozedur erlaubt es, das Regelziel (maximale Stromamplitude von i_1) auch dann zu erreichen bzw. beizubehalten, wenn sich Eigenschaften der Schaltung 1 oder der Quelle 5 ändern, was z.B. bei Änderungen der Frequenz der Quelle 5 und/oder bei temperatur- oder frequenzbedingten Änderungen der Komponenten (28, 8, 29, 30) der Fall wäre.

[0076] Die Übertragung der oben dargelegten Gedanken auf weitere Anordnungen ist für den Fachmann nun auf einfache Weise möglich. Dies betrifft unter anderem die Übertragung auf einen Aufbau gemäss Fig. 4 oder auf einen Parallel- statt Serienschwingkreis oder auch auf andere elektrische Schaltungen. Selbstverständlich sind die Überlegungen auch auf elektrische Schaltungen übertragbar, die andere (nicht sinusförmige) Schwingungsformen zeigen und/oder durch Schwingungen anderer (nicht sinusförmiger) Schwingungsform (aus der Quelle 5) angeregt werden.

[0077] Insbesondere sind die dargelegten Gedanken auch direkt auf mehrphasige Systeme übertragbar; bspw. kann die Regeleinheit mehrere Stellsignale erzeugen (z.B. eines pro Phase), wobei diese in Abhängigkeit von mehreren an dem mehrphasigen System gemessenen Signalen (z.B. eines oder zwei pro Phase) erzeugt werden. Dabei sind die ausgegebenen Stellsignale bevorzugt unabhängig voneinander einstellbar. Ein dafür geeigneter Leistungssteller kann bspw. aus mehreren parallel oder seriell verschalteten Leistungsstellern gebildet sein, z.B. aus einem pro Phase.

Bezugszeichenliste

[0078]

1	elektrische Schaltung, Netzwerk aus passiven Bauelementen, Schwingkreis
5	Quelle elektrischer Energie, Energiequelle, Quelle, Spannungsversorgung, Stromversorgung
8	Last
11	Messeinheit
15, 16	Ausgang, Stellsignalanschlüsse
17	Schaltungsteil, Netzwerk
22	Regeleinheit
28	Bauelement, Widerstand
29	Bauelement, Induktivität
30	Bauelement, Kapazität
37	Kontrolleinheit
37'	Logikeinheit
38	Leistungssteller, z.B. Linearverstärker oder geeignete H-Brücke

39	Phase
40	Amplitude
43	Impedanz
55	Quelle elektrischer Energie, Energiequelle, Quelle, Spannungsversorgung, Stromversorgung
i_1	Strom, Wechselstromsignal
i_2	Strom, Wechselstromsignal
K, K1, K2	Steuersignale
M1	Signal, erstes an der Schaltung gemessenes elektrisches Signal, Strom- oder Spannungs-Signal
M2	Signal, zweites an der Schaltung gemessenes elektrisches Signal, Strom- oder Spannungs-Signal
S	Stellsignal, Strom- oder Spannungs-Signal
u_1	Spannung, Signal, Wechselspannungssignal

Patentansprüche

1. Verfahren zum Beeinflussen einer elektrischen Schaltung (1), die durch eine Quelle (5) elektrischer Energie gespeist wird und mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement (29;30) aufweist, wobei an der elektrischen Schaltung (1) mindestens ein erstes Signal (M1; M2) gemessen wird, wobei eine Regeleinheit (22) in Abhängigkeit von mindestens dem gemessenen ersten Signal (M1; M2) ein Stellsignal (S) erzeugt, bei dem es sich um eine Spannung handelt, falls das erste Signal ein Strom ist, oder um einen Strom handelt, falls das erste Signal eine Spannung ist, wobei das Stellsignal (S) der elektrischen Schaltung zugeführt wird, und wobei die Regeleinheit (22) derart ausgelegt ist, dass sie es erlaubt, bei dem Zuführen des Stellsignales (S) so zu wirken wie eine in die elektrische Schaltung geschaltete Impedanz variabler Amplitude und variabler Phase in allen vier Quadranten der komplexen Ebene.
2. Verfahren gemäss Anspruch 1, wobei die Regeleinheit einen Leistungssteller (38) aufweist, der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht.
3. Verfahren gemäss Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei, sofern nicht das gemessene erste Signal (M1; M2) und das Stellsignal (S) ein leistungsbildendes Signalkonstellationspaar bilden, an der elektrischen Schaltung (1) zusätzlich noch mindestens ein zweites Signal gemessen wird, wobei das erste und das zweite Signal ein leistungsbildendes Signalkonstellationspaar bilden, und wobei das mittels der Regeleinheit (22) erzeugte Stellsignal auch von dem gemessenen zweiten Signal abhängig ist.
4. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die elektrische Schaltung (1) ein elektrisch schwingfähiges System oder ein zu elektrischen Schwingungen anregbares System darstellt oder beinhaltet.
5. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die elektrische Schaltung (1) ausschliesslich passive Elemente aufweist.
6. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Regeleinheit (22) einen Linearverstärker oder eine einen bidirektionalen Leistungsfluss ermöglichende H-Brücke aufweist, und insbesondere wobei die Regeleinheit (22) eine an den Linearverstärker oder die H-Brücke angeschlossene Quelle elektrischer Energie aufweist.
7. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei in der Regeleinheit (22) ein Algorithmus implementiert ist zum Auffinden eines Stellsignals (S), durch das eine vorgebbare oder vorgegebene Bedingung erfüllt wird.
8. Verfahren gemäss einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei
 - die elektrische Schaltung (1) ein elektrischer Schwingkreis ist und das Verfahren ein Verfahren zur Einstellung einer Güte des elektrischen Schwingkreises ist; oder
 - die elektrische Schaltung (1) ein Bestandteil einer Vorrichtung zur Beeinflussung, insbesondere zur Abschirmung, magnetischer Wechselfelder ist, die eine Vielzahl solcher elektrischer Schaltungen beinhaltet, und wobei das Verfahren ein Verfahren zur Beeinflussung magnetischer Wechselfelder ist; oder
 - die elektrische Schaltung (1) eine Last (8) beinhaltet, in die elektrische Energie aus der Quelle elektrischer Energie einzukoppeln ist, und das Verfahren ein Verfahren zur Einkopplung elektrischer Energie in die Last (8) ist.
9. Vorrichtung zum Beeinflussen einer durch eine Quelle (5) elektrischer Energie gespeisten und mindestens ein elektrisches Energiespeicherelement (29; 30) aufweisenden elektrischen Schaltung (1), aufweisend eine Regeleinheit (22), wobei die Regeleinheit (22) aufweist:

- einen Eingang mindestens für ein erstes an der elektrischen Schaltung (1) gemessenes Signal (M1; M2);
 - einen Ausgang mindestens für ein Stellsignal (S), über den das Stellsignal der elektrischen Schaltung zuführbar ist;
 - einen Leistungssteller (38), der einen Vierquadrantenbetrieb ermöglicht, zur Erzeugung des Stellsignals (S), bei dem es sich um eine Spannung handelt, falls das erste Signal ein Strom ist, oder um einen Strom handelt, falls das erste Signal eine Spannung ist, wobei der Leistungssteller mindestens einen Steuereingang zur Steuerung des Stellsignals (S) aufweist;
 - eine Kontrolleinheit (37) zur Steuerung des Leistungsstellers (38), mit einem Steuerausgang, der mit dem Steuereingang des Leistungsstellers wirkverbunden ist, und mit einem Eingang, der mit dem zuvor genannten Eingang identisch ist oder mit diesem wirkverbunden ist.
10. Vorrichtung gemäss Anspruch 9, aufweisend eine Messeinheit (11) zum Messen mindestens des ersten Signals (M1) an der elektrischen Schaltung (1).
 11. Vorrichtung gemäss Anspruch 9 oder Anspruch 10, aufweisend eine dem Eingang der Kontrolleinheit (37) vorgeschaltete Signalaufbereitungseinheit zum Analysieren und/oder Bearbeiten mindestens des ersten Signals (M1; M2) und zum Ausgeben von aus mindestens dem ersten Signal (M1; M2) gewonnenen Steuersignalen an die Kontrolleinheit.
 12. Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die Regeleinheit (22) eine Logikeinheit (37') aufweist, in der ein Algorithmus zum Auffinden eines solchen Stellsignals implementiert ist, durch das eine vorgebbare oder vorgegebene Bedingung erfüllbar ist.
 13. Weitere Vorrichtung aufweisend eine Vorrichtung gemäss einem der Ansprüche 9 bis 12 sowie die genannte, von der Vorrichtung beeinflussbare elektrische Schaltung (1), insbesondere wobei die genannte elektrische Schaltung (1) ein elektrisch schwingfähiges System oder ein zu elektrischen Schwingungen anregbares System darstellt oder beinhaltet.
 14. Weitere Vorrichtung gemäss Anspruch 13, wobei
 - die elektrische Schaltung (1) ein elektrischer Schwingkreis ist und die weitere Vorrichtung eine Vorrichtung zur Einstellung einer Güte des elektrischen Schwingkreises ist; oder
 - die elektrische Schaltung eine Last beinhaltet, in die elektrische Energie aus der Quelle elektrischer Energie einzukoppeln ist, und die weitere Vorrichtung eine Vorrichtung zur Einkopplung elektrischer Energie in die Last ist.

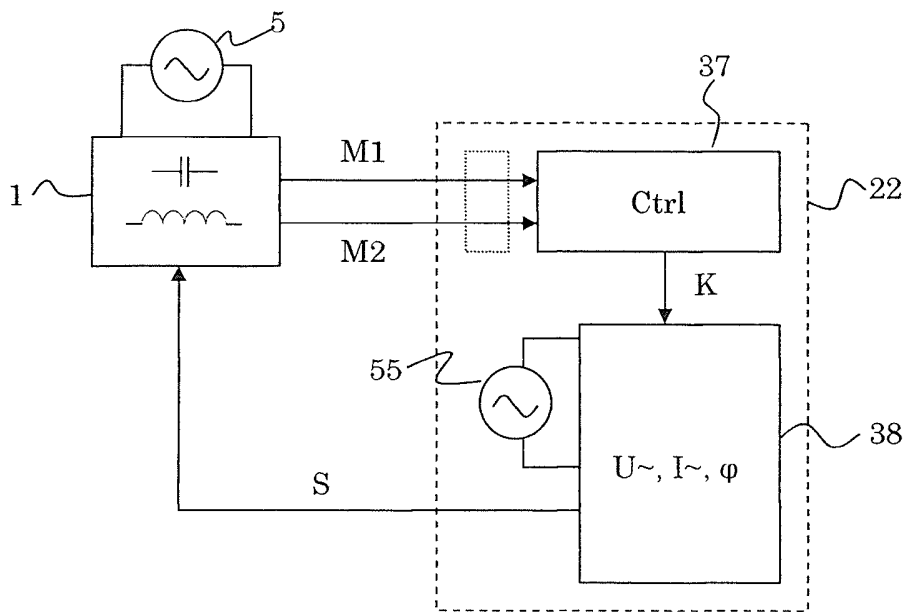


Fig. 1

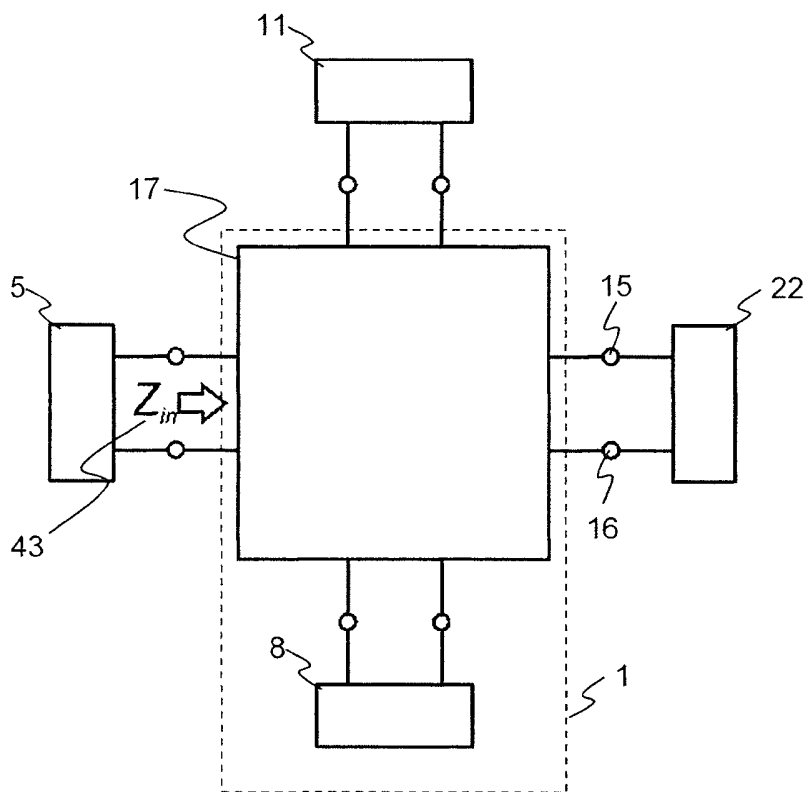


Fig. 2

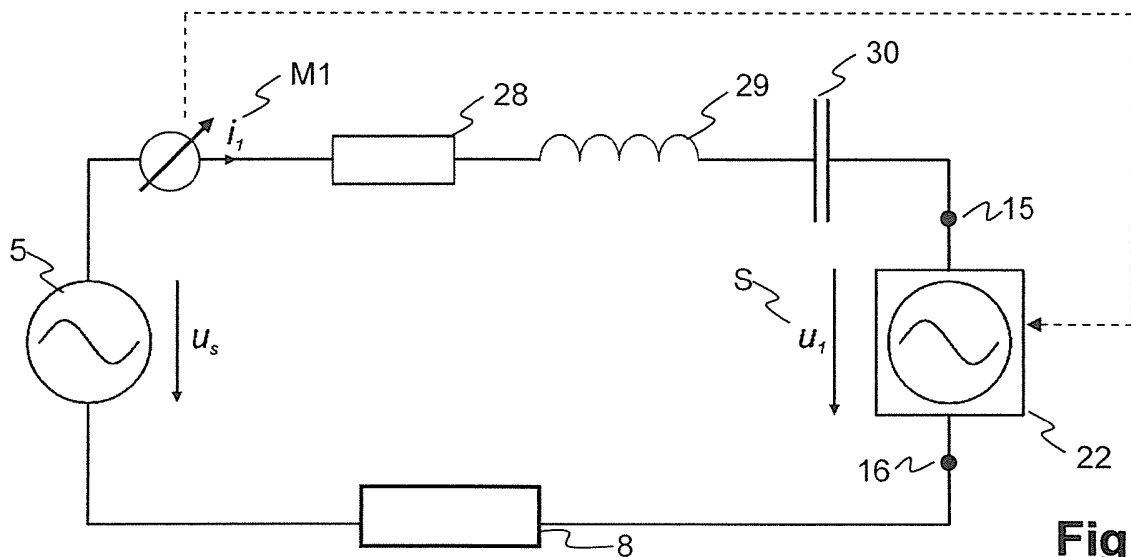


Fig. 3

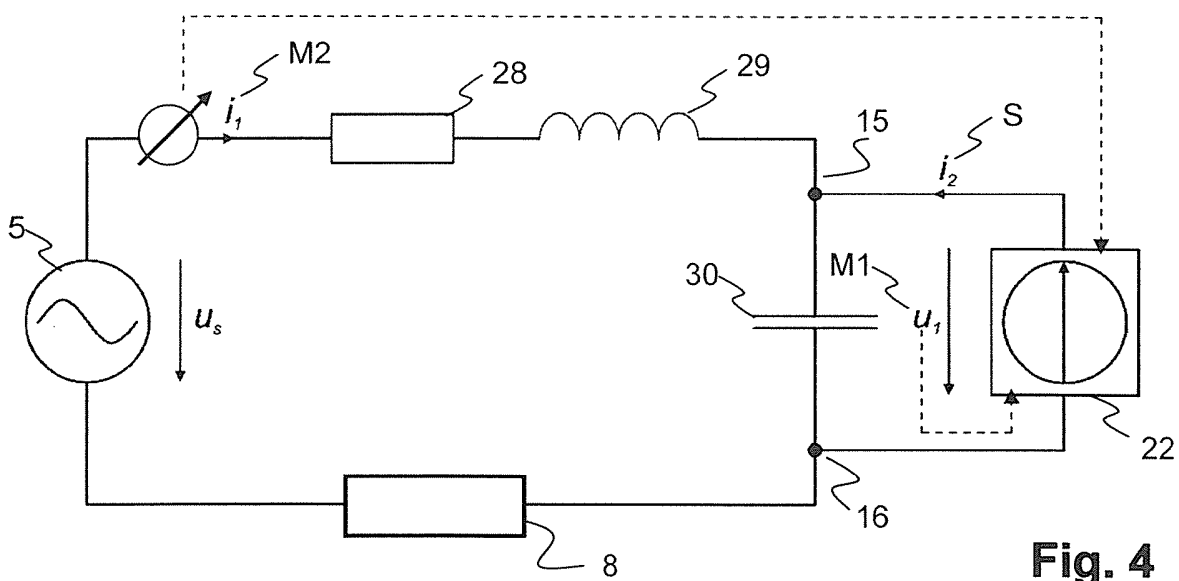


Fig. 4

