



(10) **DE 10 2013 219 533 A1** 2015.04.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 219 533.8**

(22) Anmeldetag: **27.09.2013**

(43) Offenlegungstag: **02.04.2015**

(51) Int Cl.: **H01F 38/14 (2006.01)**

H02J 7/00 (2006.01)

H02J 17/00 (2006.01)

B60L 11/18 (2006.01)

(71) Anmelder:

Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

WO 2011/ 032 752 A2

(72) Erfinder:

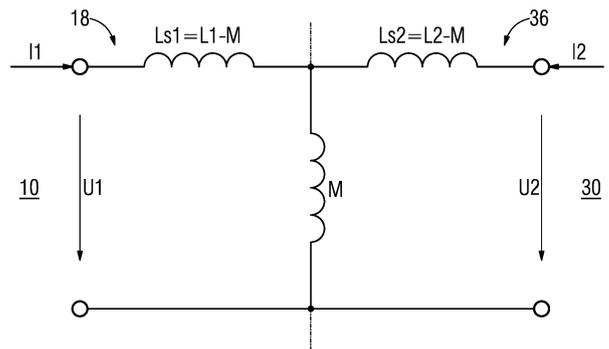
**Blum, Manuel, 85521 Ottobrunn, DE; Komma,
Thomas, 85521 Ottobrunn, DE; Mantel, Mirjam,
81667 München, DE; Poehl, Monika, 81667
München, DE**

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Drahtlose energietechnische Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung (10, 30) für eine drahtlose energietechnische Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes (28), mit einer Spulenschaltung (18, 36) mit wenigstens einer elektronischen Spule (20, 38) zum Bereitstellen der drahtlosen energietechnischen Kopplung mit einer externen Spulenschaltung (18, 36) und einem an eine elektrische Energiequelle und/oder eine elektrische Energiesenke anschließbaren Konverter zum Versorgen der Spulenschaltung (18, 36) mit elektrischer Energie aus der elektrischen Energiequelle oder zum Abführen von elektrischer Energie der Spulenschaltung (18, 36) zur elektrischen Energiesenke, wobei die Spulenschaltung (18, 36) an den Konverter angeschlossen ist. Mit der Erfindung wird vorgeschlagen, dass eine Wicklung der elektronischen Spule (20, 38) hinsichtlich ihrer Geometrie und ihrer Windungszahl derart bemessen ist, dass ein möglichst weiter Bereich für eine Kompensation erreichbar ist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für eine drahtlose energietechnische Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes, mit einer Spulenschaltung mit wenigstens einer elektronischen Spule zum Bereitstellen der drahtlosen energietechnischen Kopplung mit einer externen Spulenschaltung und einem an eine elektrische Energiequelle und/oder eine elektrische Energiesenke anschließbaren Konverter zum Versorgen der Spulenschaltung mit elektrischer Energie aus der elektrischen Energiequelle oder zum Abführen von elektrischer Energie der Spulenschaltung zur elektrischen Energiesenke, wobei die Spulenschaltung an den Konverter angeschlossen ist. Die Erfindung betrifft ferner ein elektrisch antreibbares Fahrzeug mit einer Antriebsvorrichtung, die eine elektrische Maschine umfasst, einem elektrischen Energiespeicher zum Versorgen der elektrischen Maschine mit elektrischer Energie in einem Fahrbetrieb des Fahrzeugs und einer Ladeeinrichtung zum Zuführen von elektrischer Energie zum elektrischen Energiespeicher, zu welchem Zweck die Ladeeinrichtung eine Schaltungsanordnung für eine drahtlose energietechnische Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes aufweist, welche Schaltungsanordnung eine Spulenschaltung mit wenigstens einer elektronischen Spule zum Bereitstellen der drahtlosen energietechnischen Kopplung mit einer externen Spulenschaltung und einen an den elektrischen Energiespeicher angeschlossenen Konverter zum Abführen von elektrischer Energie der Spulenschaltung zum elektrischen Energiespeicher aufweist, wobei die Spulenschaltung an den Konverter angeschlossen ist.

[0002] Fahrzeuge der gattungsgemäßen Art mit einer Ladeeinrichtung zum drahtlosen Übertragen von Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes sind dem Grunde nach bekannt, so dass es eines gesonderten druckschriftlichen Nachweises hierfür nicht bedarf. Das elektrisch antreibbare Fahrzeug weist die Ladeeinrichtung auf, damit dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug Energie zugeführt werden kann, die vorzugsweise in einem Energiespeicher des Fahrzeugs zum Zwecke einer Ausführung eines bestimmungsgemäßen Betriebs, nämlich des Fahrbetriebs, gespeichert wird. Die Energie wird in der Regel mittels einer Ladestation bereitgestellt, die ihrerseits an eine elektrische Energiequelle, beispielsweise an ein öffentliches Energieversorgungsnetz, an einen elektrischen Generator, an eine Batterie und/oder dergleichen angeschlossen ist. Die Ladestation erzeugt das magnetische Wechselfeld unter Aufnahme elektrischer Energie der elektrischen Energiequelle. Die Ladeeinrichtung des Fahrzeugs erfasst das magnetische Wechselfeld, entnimmt diesem Energie und stellt elektrische Energie fahrzeugseitig bereit, insbesondere, um den elektrischen En-

ergiespeicher des Fahrzeugs und/oder die elektrische Maschine der Antriebsvorrichtung mit elektrischer Energie zu versorgen.

[0003] Eine Möglichkeit der Zuführung der Energie von der Ladestation zur Ladungseinrichtung des Fahrzeugs besteht darin, dass eine elektrische Verbindung als energietechnische Kopplung mittels eines Kabels zwischen dem Fahrzeug und der Ladestation hergestellt wird. Darüber hinaus ist es bekannt, gemäß einer weiteren Möglichkeit eine drahtlose energietechnische Kopplung herzustellen, die eine aufwändige mechanische Anbindung mittels Kabel vermeidet. Zu diesem Zweck ist ladestationsseitig und fahrzeugseitig in der Regel jeweils eine Spulenschaltung vorgesehen, die während eines Ladevorgangs im Wesentlichen gegenüberliegend zueinander angeordnet sind und eine energietechnische Kopplung unter Nutzung eines magnetischen Wechselfeldes ermöglichen. Eine solche Anordnung ist beispielsweise aus der KR 10 2012 0 016 521 A bekannt.

[0004] In Systemen, bei denen Energie mittels eines magnetischen Wechselfeldes übertragen wird, auch induktive Energieübertragung genannt, verändern sich durch Variation eines Abstandes und/oder eines Versatzes Induktivitäten der beteiligten Spulenschaltungen zum Teil wesentlich. Bei bekannten Systemen resultiert dies in einer wesentlichen Änderung der Arbeitsfrequenz, das heißt, der Frequenz des magnetischen Wechselfeldes. Ändern sich die Parameter der Spulenschaltungen über einen Vergleichswert hinaus, bewirkt dies eine Verringerung des Wirkungsgrades, so dass eine vorgegebene Bemessungsleistung nicht mehr übertragen werden kann.

[0005] Eine Möglichkeit, eine Anpassung der Arbeitsfrequenz vornehmen zu können, basiert auf der Nutzung von Kapazitätsdioden, um eine Frequenzabstimmung erreichen zu können. Eine Anwendung dieser Art der Frequenzabstimmung bei Systemen zur induktiven Energieübertragung, beispielsweise zum Zwecke des Ladens eines Energiespeichers eines Elektrofahrzeugs, gestaltet sich als aufwändig. Es ist lediglich ein geringer Abstimmungsbereich erreichbar. Darüber hinaus ist aufgrund der im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Spannungen und zu übertragenden Leistungen eine aufwändige Reihen- und Parallelschaltung von Kapazitätsdioden erforderlich. Um der im bestimmungsgemäßen Betrieb auftretenden Änderung der Arbeitsfrequenz entgegenwirken zu können, ist ein entsprechend hoher Schaltungsaufwand erforderlich.

[0006] Die induktive Energieübertragung weist den Mangel auf, dass die übertragbare Leistung und der Wirkungsgrad von einem Luftspalt zwischen der Ladestation und dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug sowie einem Versatzbereich abhängig sind.

Bei einer vorgegebenen Systemauslegung kann somit nur ein zufriedenstellender bestimmungsgemäßer Betrieb innerhalb eines engen Luftspaltbereichs sowie eines engen Last- und Versatzbereichs erreicht werden. Die übertragene Leistung kann dort nur noch durch eine Änderung der Arbeitsfrequenz eingestellt werden. Diese Maßnahme ist jedoch aufgrund normativer Grenzen und Vorgaben nur stark eingeschränkt nutzbar.

[0007] Im Stand der Technik ist zur Kompensation deshalb vorgesehen, dass Kompensationsschaltungen zwischen dem Konverter und den Spulenordnungen geschaltet sind, die mit Hilfe von Kondensatoren die elektrischen Blindspannungen kompensieren können. Diese können sowohl primär- als auch sekundärseitig vorgesehen sein. Im praktischen Betrieb zeigt es sich, dass eine hinreichende Kompensation mit einer gewöhnlichen kondensatorbasierten Kompensationsschaltung nicht in allen Betriebszuständen erreichbar ist.

[0008] Hieraus ergibt sich die Aufgabe der Erfindung, eine gattungsgemäße Schaltungsanordnung sowie ein elektrisch antreibbares Fahrzeug derart weiterzubilden, dass eine verbesserte Leistungsübertragung basierend auf einem induktiven Übertragungssystem erreicht werden kann.

[0009] Als Lösung schlägt die Erfindung eine Schaltungsanordnung gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 vor. Darüber hinaus schlägt die Erfindung ein elektrisch antreibbares Fahrzeug gemäß dem weiteren unabhängigen Anspruch 7 vor. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich durch Merkmale und Eigenschaften der abhängigen Ansprüche.

[0010] Elektronische Spulen für die drahtlose energietechnische Kopplung beziehungsweise induktive Energieübertragung können sowohl ladestationsseitig als auch fahrzeugseitig unterschiedliche Geometrien und Windungszahlen aufweisen.

[0011] Eine Wirksamkeit der Spulen lässt sich anhand einer Streuinduktivität ermitteln. Der Begriff der Streuinduktivität beschreibt jenen Induktivitätsanteil einer elektronischen Spule, welcher bei magnetisch gekoppelten Systemen durch einen sogenannten magnetischen Streufluss gebildet wird. Die Streuinduktivität spielt beispielsweise im Modell des Transformators eine wesentliche Rolle. Der Zustand der energietechnischen Kopplung der Ladestation mit dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug lässt sich mittels des Modells des Transformators beschreiben. Die Streuinduktivität wird mit denselben Verfahren und Methoden wie jede andere Induktivität ermittelt, nur dass dabei ausschließlich der magnetische Streufluss berücksichtigt wird.

[0012] Im bestimmungsgemäßen Betrieb können Betriebszustände auftreten, bei denen eine oder beide der Streuinduktivitäten den Wert 0 oder sogar negative Werte für die Induktivität annehmen. Mit herkömmlichen, kondensatorbasierten Kompensationsschaltungen lässt sich einem solchen Fall eine Kompensation nicht erreichen. Vielmehr bewirkt eine solche Kompensationsschaltung eine weitere nachteilige Einwirkung auf die übertragbare Leistung.

[0013] Bezüglich der Schaltungsanordnung schlägt die Erfindung insbesondere vor, dass eine Wicklung der elektronischen Spule hinsichtlich ihrer Geometrie und ihrer Windungszahl derart bemessen ist, dass ein möglichst weiter Bereich für eine Kompensation erreichbar ist. Die Erfindung berücksichtigt, dass die elektronische Spule der Spulenschaltung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs in der Regel kleiner, insbesondere hinsichtlich der Geometrie, eines Wertes der Induktivität oder dergleichen, ausgebildet ist als die elektronische Spule der Schaltungsanordnung der Ladestation. Dies ist unter anderem durch Anforderungen der Fahrzeughersteller bedingt, die eine möglichst kleine elektronische Spule beim elektrisch antreibbaren Fahrzeug wünschen, die vorzugsweise möglichst wenig Einfluss auf einen Fahrzeugaufbau des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs nimmt.

[0014] Gerade kleine Abstände der Spulenschaltung des elektrisch antreibbaren Fahrzeug zur Spulenschaltung der Ladestation während des Ladebetriebs können dazu führen, dass die vorgenannte Streuinduktivität fahrzeugseitig einen negativen Wert annimmt. In dieser Konstellation ist eine Kompensation mit Kondensatoren nicht erreichbar. Die Erfindung schlägt deshalb vor, dass die Kompensationsschaltung eine Induktivität als passiven elektronischen Energiespeicher aufweist, mittels dem in dieser Konstellation eine zuverlässige Kompensation für eine möglichst große Leistungsübertragung erreicht werden kann. Vorzugsweise sieht die Kompensationsschaltung vor, dass die Induktivität in Reihe zur elektronischen Spule geschaltet ist.

[0015] Ladestationsseitig weist der Konverter zu meist einen Umrichter, insbesondere einen Wechselrichter auf, der von der Energiequelle zugeführte Energie in eine Wechselspannung wandelt, die in der elektronischen Spule einen Wechselstrom bewirkt, mittels dem die elektronische Spule das magnetische Wechselfeld erzeugt. Fahrzeugseitig kann der Konverter durch einen Gleichrichter gebildet sein, dem darüber hinaus ein DC/DC-Wandler nachgeschaltet sein kann. Fahrzeugseitig dient der Konverter dazu, die mit der fahrzeugseitigen elektronischen Spule dem magnetischen Wechselfeld entnommene Energie in eine für das elektrisch antreibbare Fahrzeug geeignete Energie umzuwandeln. Die Ladestation und das elektrisch antreibbare Fahrzeug bilden mit ihren jeweiligen Schaltungsanordnungen ein indukti-

ves Übertragungssystem zur drahtlosen energietechnischen Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes. Dieses System lässt sich mit Hilfe eines Ersatzschaltbildes eines Transformators beschreiben. Eine besondere Darstellung eines Ersatzschaltbildes für das induktive Übertragungssystem weist eine primäre und eine sekundäre Streuinduktivität sowie eine Kopplungsinduktivität auf. Über den Streuinduktivitäten bilden sich elektrische Blindspannungen aus, die bei der Energieübertragung von der Ladestation zum elektrisch antreibbaren Fahrzeug stören, weil sie die übertragbare Energie reduzieren.

[0016] Induktive Energieübertragung beziehungsweise drahtlose energietechnische Kopplung im Sinne der Erfindung ist eine Kopplung zum Zwecke der Übertragung von Energie, die es ermöglicht, zumindest unidirektional Energie von einer Energiequelle zu einer Energiesenke zu übertragen. Die Energiequelle kann beispielsweise ein öffentliches Energieversorgungsnetz, ein elektrischer Generator, eine Solarzelle, eine Brennstoffzelle, eine Batterie, Kombinationen hiervon und/oder dergleichen sein. Die Energiesenke kann beispielsweise eine Antriebsvorrichtung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs sein, insbesondere eine elektrische Maschine der Antriebsvorrichtung und/oder ein elektrischer Energiespeicher der Antriebsvorrichtung, beispielsweise ein Akkumulator oder dergleichen. Es kann aber auch eine bidirektionale Energieübertragung vorgesehen sein, das heißt, eine Energieübertragung wechselweise in beide Richtungen. Diesem Zweck dient unter anderem die Ladestation, die Energie an das elektrisch antreibbare Fahrzeug übertragen soll, zu welchem Zweck sie von einer Energiequelle elektrische Energie bezieht, an die sie elektrisch angeschlossen ist.

[0017] Drahtloses energietechnisches Koppeln beziehungsweise induktive Energieübertragung im Sinne der Erfindung meint, dass zwischen der Ladestation und dem elektrisch antreibbaren Fahrzeug keine mechanische Verbindung zum Herstellen einer elektrischen Kopplung vorgesehen zu werden braucht. Insbesondere kann das Herstellen einer elektrischen Verbindung mittels eines Kabels vermieden werden. Stattdessen erfolgt die energietechnische Kopplung im Wesentlichen allein aufgrund eines Energiefeldes, vorzugsweise eines magnetischen Wechselfeldes.

[0018] Die Ladestation ist deshalb dazu eingerichtet, ein entsprechendes Energiefeld, insbesondere ein magnetisches Wechselfeld, zu erzeugen. Fahrzeugseitig ist entsprechend vorgesehen, dass ein derartiges Energiefeld beziehungsweise magnetisches Wechselfeld erfasst werden kann und daraus Energie für den bestimmungsgemäßen Betrieb des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs gewonnen wird. Mittels der Ladeeinrichtung des Fahrzeugs wird die mittels des Energiefeldes, insbesondere des magnetischen Wechselfeldes, zugeführte Energie in eine

elektrische Energie umgewandelt, die sodann vorzugsweise in dem Energiespeicher des Fahrzeugs für dessen bestimmungsgemäßen Betrieb gespeichert werden kann. Zu diesem Zweck kann die Ladeeinrichtung einen Konverter aufweisen, der die mittels der Spule dem magnetischen Wechselfeld entnommene und dem Konverter zugeführte elektrische Energie in eine für das Fahrzeug geeignete elektrische Energie umwandelt, beispielsweise gleichrichtet, spannungswandelt oder dergleichen. Darüber hinaus kann die Energie auch unmittelbar der elektrischen Maschine der Antriebsvorrichtung des Fahrzeugs zugeführt werden. Die energietechnische Kopplung dient also im Wesentlichen dem Übertragen von Energie und nicht zuvorderst dem Übertragen von Informationen. Dementsprechend sind die Mittel zur Durchführung der Erfindung für einen entsprechend hohen Leistungsdurchsatz im Unterschied zu einer drahtlosen Kommunikationsverbindung ausgelegt.

[0019] Ein wesentliches Element für eine drahtlose energietechnische Kopplung, insbesondere mittels des magnetischen Wechselfeldes, ist eine Spulenschaltung, die wenigstens eine elektronische Spule, gelegentlich auch mehrere elektronische Spulen, umfasst, die fahrzeugseitig vom Energiefeld, insbesondere dem magnetischen Fluss bei einem magnetischen Wechselfeld als Energiefeld, durchflutet werden und an ihren entsprechenden Anschlüssen eine elektrische Energie bereitstellen. Entsprechend ist ladestationsseitig die Spulenschaltung elektrisch mit einer einen Wechselstrom bewirkenden Wechselspannung beaufschlagt, so dass die Spulenschaltung mittels ihrer Spule beziehungsweise Spulen ein magnetisches Wechselfeld bereitstellt, mittels dem Energie abgegeben werden kann. Über das magnetische Wechselfeld ist die Spulenschaltung der Ladestation mit der Spulenschaltung des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs während eines Ladevorgangs gekoppelt.

[0020] In der Regel weist die Spule eine Wicklung mit mehreren Windungen eines elektrischen Leiters auf, wobei die Wicklung in der Regel einen ferromagnetischen Körper, der häufig durch einen Ferrit gebildet ist, umfasst beziehungsweise umschließt. Mittels des ferromagnetischen Körpers kann der magnetische Fluss in gewünschter Weise geführt werden, so dass die Wirksamkeit der energietechnischen Kopplung aufgrund des magnetischen Wechselfeldes zwischen den Spulenschaltungen der Ladestation und des elektrisch antreibbaren Fahrzeugs verstärkt werden kann.

[0021] Der die Windungen bildende elektrische Leiter der elektronischen Spule ist häufig als sogenannte Hochfrequenzlitze ausgebildet, das heißt, er besteht aus einer Vielzahl von gegeneinander elektrisch isolierten Einzelleitern beziehungsweise Drähten, die

entsprechend, den Leiter bildend zusammengefasst sind. Dadurch wird erreicht, dass bei Frequenzanwendungen wie bei der Erfindung ein Stromverdrängungseffekt reduziert ist beziehungsweise im Wesentlichen vermieden wird. Um eine möglichst gleichmäßige Stromverteilung auf die einzelnen Drähte der Hochfrequenzlitze verbessern zu können, ist in der Regel noch ein Verdrillen der Einzeldrähte vorgesehen. Das Verdrillen kann auch umfassen, dass Bündel aus einer bestimmten Anzahl von Einzeldrähten gebildet werden, die in sich selbst verdrillt sind, und wobei diese Bündel, den elektrischen Leiter bildend, ebenfalls verdrillt sind.

[0022] Eine Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Induktivität der Kompensationsschaltung einstellbar ausgebildet ist. Dies kann beispielsweise mittels einer Steuereinheit erreicht werden, die von der Schaltungsanordnung vorzugsweise umfasst sein kann. Zu diesem Zweck ist die wenigstens eine Induktivität der Kompensationsschaltung einstellbar ausgebildet. Zum Beispiel kann die Induktivität durch eine Serienschaltung mehrerer Induktivitäten gebildet sein, die bedarfsweise mittels eines Schaltelements aktiviert beziehungsweise deaktiviert werden können.

[0023] Ein passiver elektronischer Energiespeicher zeichnet sich dadurch aus, dass er im Wesentlichen keine elektrische Energie erzeugt und/oder verbraucht. Er ist vorzugsweise ein elektronisches Bauteil wie eine Induktivität, beispielsweise eine Spule, ein Kondensator oder dergleichen. Der passive elektronische Energiespeicher dient dazu, Eigenschaften der Spulenschaltung in gewünschter vorgegebener Weise zu beeinflussen, um eine möglichst gute Kopplung und/oder einen möglichst hohen Wirkungsgrad bei der Energiekopplung erreichen zu können. Er ist folglich insbesondere keine galvanische Zelle, also keine Batterie oder auch kein Akkumulator. Insofern ist der passive elektronische Energiespeicher vom elektrischen Energiespeicher zu unterscheiden, der durch einen Akkumulator, eine Batterie oder dergleichen gebildet sein kann und im Wesentlichen als Teil einer elektrischen Energieversorgung, beispielsweise als Energiequelle und/oder Energiesenke dient.

[0024] Die Induktivitäten können beispielsweise mittels eines ihnen zugeordneten Schaltelements kurzgeschlossen werden, um ihre Wirkung zu deaktivieren. Vorzugsweise ist dieses Schaltelement steuerbar, insbesondere mittels der bereits vorgenannten Steuereinheit. Natürlich können auch mehrere benachbarte Windungen mittels eines jeweiligen Schaltelements aktiviert beziehungsweise deaktiviert werden, insbesondere kurzgeschlossen werden.

[0025] Ein Schaltelement im Sinne dieser Offenbarung ist vorzugsweise ein steuerbares elektronisches Schaltelement, beispielsweise ein elektromechani-

sches Schaltelement in Form eines Relais, eines Schützes oder dergleichen oder, alternativ, ein steuerbarer elektronischer Halbleiterschalter, beispielsweise ein Transistor, ein Thyristor, Kombinationschaltungen hiervon, insbesondere eine Antiparallelschaltung zweier Thyristoren, eine Antiseriellschaltung zweier Transistoren, vorzugsweise mit parallelgeschalteten Freilaufdioden, ein TRIAC, ein GTO, IGBT, Kombinationen hiervon oder dergleichen. Vorzugsweise ist das Schaltelement durch die Steuereinheit steuerbar. Die Steuereinheit ermittelt vorzugsweise die Bedingungen, die die Aktivierung beziehungsweise Deaktivierung des entsprechenden Teils des mehrteiligen passiven elektronischen Energiespeichers bedingen. Zu diesem Zweck kann die Steuereinheit über Sensoren relevante Parameter, beispielsweise des Konverters, der Kompensationsschaltung, der Spulenschaltung oder dergleichen, erfassen. Parameter können beispielsweise ein elektrischer Strom, eine elektrische Spannung, eine elektrische Leistung, eine Phasenverschiebung zwischen einer elektrischen Spannung und einem zugehörigen elektrischen Strom, eine lokale Magnetfeldstärke, eine elektrische Leistung, Kombinationen hiervon und/oder dergleichen sein.

[0026] Gemäß einer Weiterbildung ist das Schaltelement durch ein Halbleiterschaltelement oder durch eine mehrere Halbleiterschaltelemente umfassende Schalteinheit gebildet. Vorzugsweise ist das Schaltelement dazu eingerichtet, einen elektrischen Strom in jede Stromrichtung führen zu können. Ein Halbleiterschaltelement kann wie oben bereits diskutiert, ein Transistor, ein Thyristor oder dergleichen sein. Die Schalteinheit ist vorzugsweise durch wenigstens zwei Halbleiterschaltelemente gebildet, die in geeigneter Weise zur Erreichung der bestimmungsgemäßen Funktion verschaltet sind. Beispielsweise kann eine Parallelschaltung von Thyristoren vorgesehen sein, die hinsichtlich ihrer Durchlassrichtung entgegengesetzt parallelgeschaltet, das heißt antiparallel geschaltet sind. Alternativ kann anstelle einer solchen Parallelschaltung auch ein TRIAC eingesetzt werden, der ein gesteuertes Schalten in beide Stromrichtungen im Unterschied zu einem einzigen Thyristor erlaubt. Die Schalteinheit kann, wenn sie Transistoren aufweist, beispielsweise eine Serienschaltung zweier Transistoren aufweisen, wobei bei bipolaren Transistoren die Injektoren, bei MOSFET die entsprechenden Source-Anschlüsse miteinander elektronisch verbunden sind. Die Anschlüsse des hierdurch als Schalteinheit gebildeten Schaltelements sind jeweils durch die Kollektoren beziehungsweise Drain-Anschlüsse gebildet. Bei der Schalteinheit mit Transistoren können darüber hinaus Freilaufdioden vorgesehen sein. Mit der Schalteinheit beziehungsweise dem Halbleiterschaltelement kann eine hoch variable effiziente und schnelle Steuerung beziehungsweise Durchführung von Schaltvorgängen erreicht werden. Gegenüber einem elektromechani-

nischen Schaltelement können eine geringere Verlustleistung, eine höhere Schaltgeschwindigkeit und auch eine höhere Zuverlässigkeit aufgrund eines geringeren Verschleißes erreicht werden.

[0027] Demzufolge ist ein Aspekt der Erfindung, dass die Kompensationsschaltung ein erstes Schaltelement aufweist, mittels dem die Induktivität aktivierbar ist. Natürlich ist sie mittels des Schaltelements vorzugsweise auch wieder deaktivierbar.

[0028] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Kompensationsschaltung einen mittels eines zweiten Schaltelements zuschaltbaren Kondensator aufweist. Der Kondensator kann derart vorgesehen sein, dass er zur elektronischen Spule der Spulenschaltung in Serie geschaltet werden kann. Darüber hinaus kann natürlich vorgesehen sein, dass der Kondensator parallel zu der elektronischen Spule geschaltet werden kann. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass der Kondensator zusammen mit der Induktivität der Kompensationsschaltung ein Netzwerk bildet, um die Kompensation weiter zu verbessern. Vorteilhaft ist dies insbesondere dann, wenn sich aufgrund unterschiedlicher Betriebseigenschaften an unterschiedlichen Ladestationen unterschiedliche Werte für die Streuinduktivität ergeben, die bei einer Ladestation beispielsweise negativ und bei einer anderen Ladestation beispielsweise positiv sein kann. Dadurch ist es möglich, die Schaltungsanordnung an die jeweiligen Verhältnisse anzupassen und eine Kompensation über einen weiten Betriebsbereich erreichen zu können.

[0029] Besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn der Kondensator einstellbar ausgebildet ist. Der Kondensator kann zu diesem Zweck aus mehreren Einzelkondensatoren gebildet sein, die jeweils über eigene, ihnen zugeordnete Schaltelemente aktivierbar bzw. deaktivierbar sind. Dadurch kann der Einstellbereich der Kompensation weiter verbessert werden.

[0030] Weitere Vorteile und Merkmale sind der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Figuren zu entnehmen. In den Figuren sind gleich Bauteile und Funktionen mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0031] Es zeigen:

[0032] Fig. 1 ein schematische Prinzipschaltbild für eine drahtlose energietechnische Kopplung einer Ladestation mit einem elektrisch antreibbaren Fahrzeug während eines Ladebetrieb ohne Kompensationsschaltung,

[0033] Fig. 2 ein schematisches Ersatzschaltbild für die Anordnung gemäß Fig. 1 und

[0034] Fig. 3 ein schematisches Ersatzschaltbild wie Fig. 2 mit einer kapazitätsbasierten Kompensation.

[0035] Fig. 1 zeigt in schematischer Schaltbildansicht eine drahtlose energietechnische Kopplung zwischen einer Schaltungsanordnung **10** einer nicht weiter dargestellten Ladestation und einer Schaltungsanordnung **30** eines nicht weiter dargestellten elektrisch antreibbaren Fahrzeugs. Die drahtlose energietechnische Kopplung ist mittels eines magnetischen Wechselfeldes **28** bewirkt. Zu diesem Zweck weist die Schaltungsanordnung **10** eine Spulenschaltung **18** mit einer elektronischen Spule **20** auf, die aus einem nicht näher bezeichneten Wechselrichter mit einer Wechselspannung U_1 beaufschlagt wird, so dass durch die elektronische Spule **20** ein Wechselstrom I_1 fließt. Mittels des Wechselstromes I_1 wird das Magnetfeld **28** erzeugt, welches zur induktiven Energieübertragung dient.

[0036] Fahrzeugseitig weist die Schaltungsanordnung **30** eine elektronische Spule **38** auf, die vom Magnetfeld **28** durchflutet ist. Aufgrund der Durchflutung durch das Magnetfeld **28** erzeugt die Spule **38** eine elektrische Wechselspannung U_2 , die einem nicht weiter dargestellten Konverter zugeführt wird, der unter Nutzung eines Wechselstromes I_2 die von der Spule **38** bereitgestellte Leistung in eine für das elektrisch antreibbare Fahrzeug angepasste Leistung wandelt. Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass eine Kompensation nicht erforderlich ist.

[0037] Fig. 2 zeigt ein entsprechendes Ersatzschaltbild für die Anordnung der Fig. 1 basierend auf dem Modell des Transformators, woraus ersichtlich ist, dass neben einer Kopplungsinduktivität M ladestationsseitig eine Streuinduktivität L_{s1} und fahrzeugseitig eine Streuinduktivität L_{s2} wirksam sind.

[0038] Bei induktiven Übertragungssystemen fallen über die parasitären Streuinduktivitäten L_{s1} und L_{s2} Blindspannungen ab, die fahrzeugseitig zur optimalen Energieübertragung fehlen. Im konventionellen Betrieb (Fig. 3) sind zum Zwecke der Kompensation Kompensationsschaltungen **12**, **34** vorgesehen, die mit Hilfe von Kondensatoren die Blindspannungen kompensieren.

[0039] Die elektronischen Spulen **20**, **38** für die drahtlose Energieübertragung können ladestationsseitig und/oder fahrzeugseitig unterschiedliche Geometrien und Windungszahlen aufweisen. Unter Beachtung der Darstellung gemäß Fig. 2 können unterschiedliche Geometrien und Windungszahlen ladestationsseitig und fahrzeugseitig verursachen, dass eine der beiden Induktivitäten L_{s1} beziehungsweise L_{s2} den Wert 0 oder sogar negative Werte annimmt. In diesem Fall ist mittels einer Kompensationsschaltung, wie in Fig. 3 dargestellt, eine Kompensation nicht zu erreichen, sondern sie führt in diesem Fall zu

einer zusätzlichen Blindspannung, die die Leistungsübertragung weiter einschränkt.

richtungsmerkmale auch durch entsprechende Verfahrensschritte und umgekehrt angegeben sein.

[0040] Bisher war es üblich, ein induktives Übertragungssystem derart auszulegen, dass von der Annahme ausgegangen wird, dass die Streuinduktivitäten L_{s1} und L_{s2} immer positive Werte aufweisen. Der hierdurch verursachte Blindspannungsabfall kann dann, wie in **Fig. 3** dargestellt, mit den Kompensationsschaltungen **12**, **34** kompensiert, die vorsehen, dass zu den Streuinduktivitäten L_{s1} und L_{s2} jeweils in Serie ein Kondensator C_{s1} und C_{s2} geschaltet ist.

[0041] Tritt jedoch aufgrund der Geometrie- und Windungszahlenverhältnisse des induktiven Übertragungssystems (**Fig. 1**) eine negative Streuinduktivität L_{s1} , L_{s2} auf (**Fig. 2**), so addiert sich der hierdurch verursachte Blindspannungsabfall (vgl. auch **Fig. 3**). Damit verringert sich die im elektrisch antreibbaren Fahrzeug verfügbare Spannung. Das induktive Übertragungssystem arbeitet deshalb auch hier wieder nur mit einer reduzierten Leistung.

[0042] Gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass durch gezielte Dimensionierung von Geometrie und Windungszahl der induktiven Übertragungsstrecke, die Streuinduktivität L_{s1} beziehungsweise L_{s2} einen kleineren Wert oder den Wert 0 annimmt. Die bisher übliche Kompensation mittels der Kompensationsschaltungen **12** beziehungsweise **34** kann somit entfallen.

[0043] Eine besondere Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass durch die gezielte Dimensionierung von Geometrie und Windungszahl der induktiven Übertragungsstrecke die Streuinduktivität L_{s1} , L_{s2} (**Fig. 2**) einen Wert kleiner als 0 annimmt. In diesem Fall kann die Kompensation mittels einer Kompensationsschaltung erreicht werden, die eine Induktivität aufweist. Vorzugsweise ist die Induktivität in Serie zu der jeweiligen elektronischen Spule **20**, **38** geschaltet.

[0044] Besonders vorteilhaft erweist es sich, wenn die Dimensionierung derart gewählt wird, dass die fahrzeugseitige Kompensationsschaltung **34** eingespart werden kann. Dies kommt dem Bedürfnis der Fahrzeugkonstruktion entgegen, Bauteile einzusparen und Bauraum einzusparen.

[0045] Das vorangehende Ausführungsbeispiel soll die Erfindung lediglich erläutern und diese nicht beschränken. Selbstverständlich wird der Fachmann bei Bedarf entsprechende Variationen vorsehen, ohne den Kerngedanken der Erfindung zu verlassen.

[0046] Natürlich können auch einzelne Merkmale bedarfsgerecht in beliebiger Weise miteinander kombiniert werden. Darüber hinaus können natürlich Vor-

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- KR 1020120016521 A [0003]

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung (**10, 30**) für eine drahtlose energietechnische Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes (**28**), mit einer Spulenschaltung (**18, 36**) mit wenigstens einer elektronischen Spule (**20, 38**) zum Bereitstellen der drahtlosen energietechnischen Kopplung mit einer externen Spulenschaltung (**18, 36**) und einem an eine elektrische Energiequelle und/oder eine elektrische Energiesenke anschließbaren Konverter zum Versorgen der Spulenschaltung (**18, 36**) mit elektrischer Energie aus der elektrischen Energiequelle oder zum Abführen von elektrischer Energie der Spulenschaltung (**18, 36**) zur elektrischen Energiesenke, wobei die Spulenschaltung (**18, 36**) an den Konverter angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wicklung der elektronischen Spule (**20, 38**) hinsichtlich ihrer Geometrie und ihrer Windungszahl derart bemessen ist, dass ein möglichst weiter Bereich für eine Kompensation erreichbar ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Kompensationsschaltung (**12, 34**) mit einer Induktivität als passiven elektronischen Energiespeicher.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Induktivität der Kompensationsschaltung (**12, 34**) einstellbar ausgebildet ist.

4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationsschaltung (**12, 34**) ein erstes Schaltelement aufweist, mittels dem die Induktivität aktivierbar ist.

5. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kompensationsschaltung (**12, 34**) einen mittels eines zweiten Schaltelements zuschaltbaren Kondensator (Cs1, Cs2) aufweist.

6. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kondensator (Cs1, Cs2) einstellbar ausgebildet ist.

7. Elektrisch antreibbares Fahrzeug mit einer Antriebsvorrichtung, die eine elektrische Maschine umfasst, einem elektrischen Energiespeicher zum Versorgen der elektrischen Maschine mit elektrischer Energie in einem Fahrbetrieb des Fahrzeugs und einer Ladeeinrichtung zum Zuführen von elektrischer Energie zum elektrischen Energiespeicher, zu welchem Zweck die Ladeeinrichtung eine Schaltungsanordnung (**10**) für eine drahtlose energietechnische Kopplung mittels eines magnetischen Wechselfeldes (**28**) aufweist, welche Schaltungsanordnung (**10**) eine Spulenschaltung (**18**) mit wenigstens einer elektronischen Spule (**20**) zum Bereitstellen der drahtlo-

sen energietechnischen Kopplung mit einer externen Spulenschaltung und einen an den elektrischen Energiespeicher (**16**) angeschlossenen Konverter zum Abführen von elektrischer Energie der Spulenschaltung zum elektrischen Energiespeicher aufweist, wobei die Spulenschaltung (**18**) an den Konverter (**14**) angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltungsanordnung (**10**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

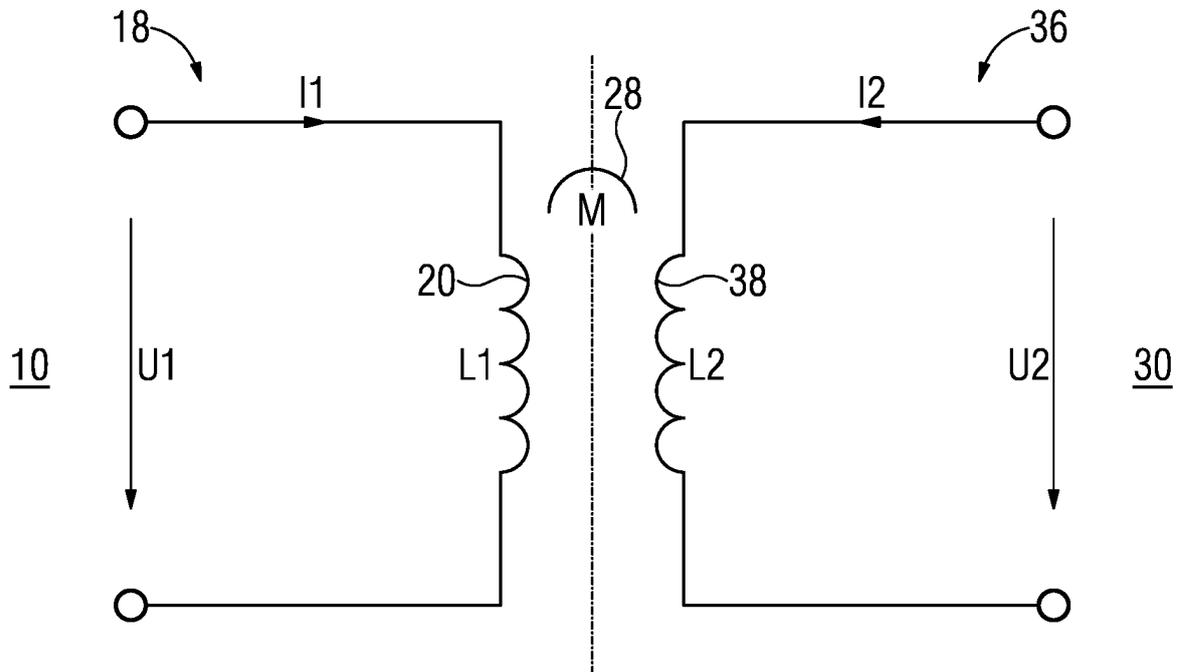
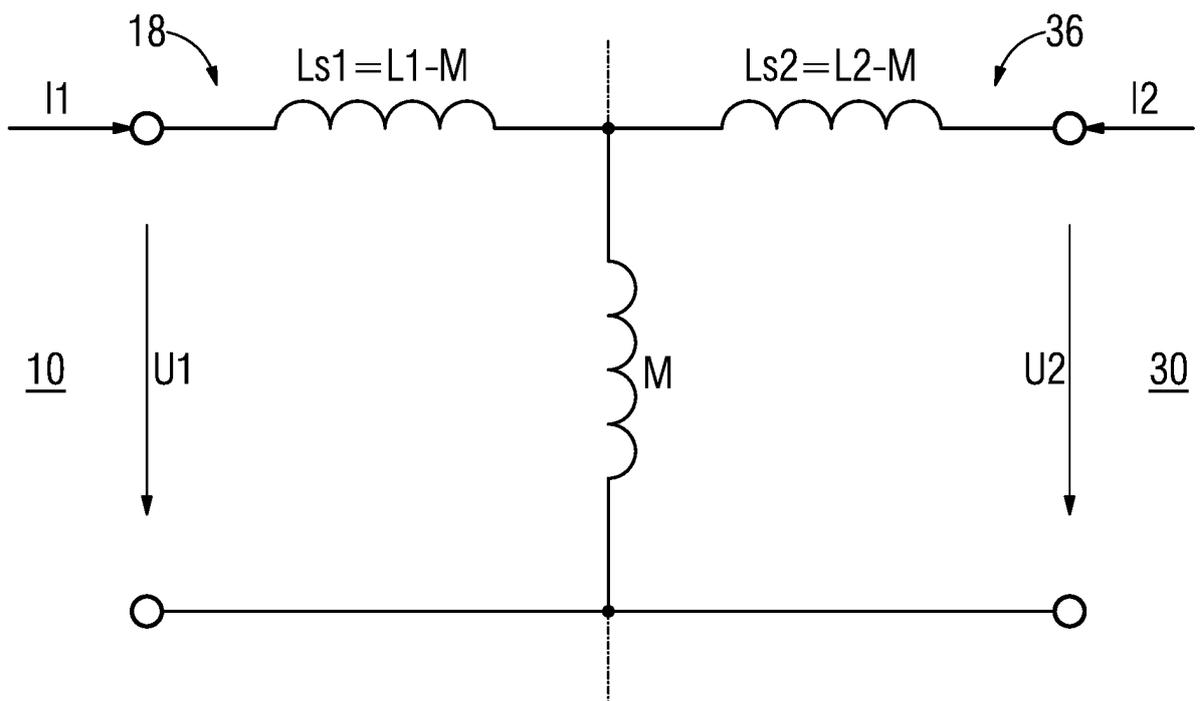


FIG 2



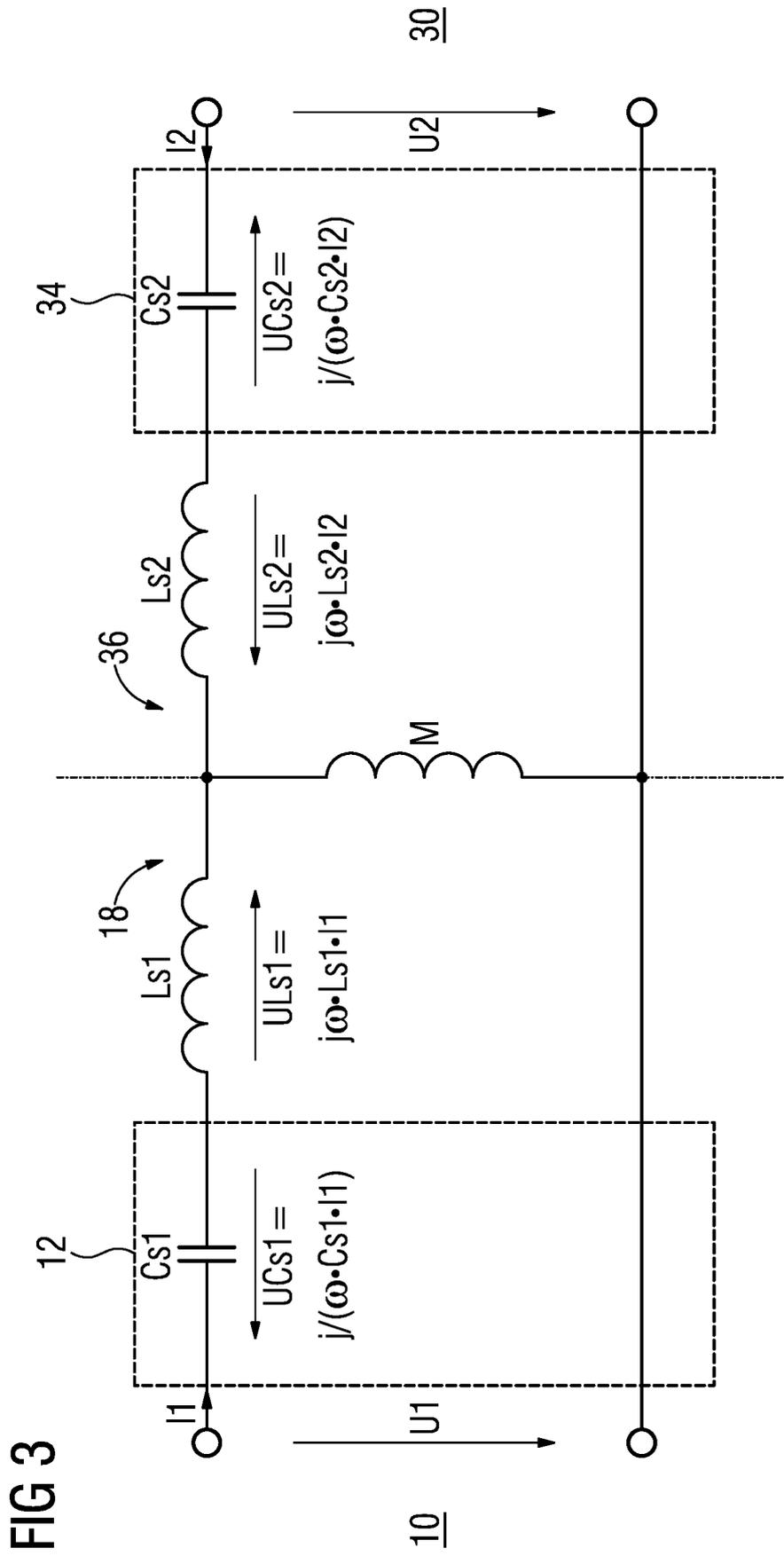


FIG 3