



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 58 794 B4 2008.05.29**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 58 794.5**
 (22) Anmeldetag: **30.11.2001**
 (43) Offenlegungstag: **26.06.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **29.05.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H02M 3/28 (2006.01)**
H02J 7/00 (2006.01)
H01F 38/14 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
FRIWO Gerätebau GmbH, 48346 Ostbevern, DE

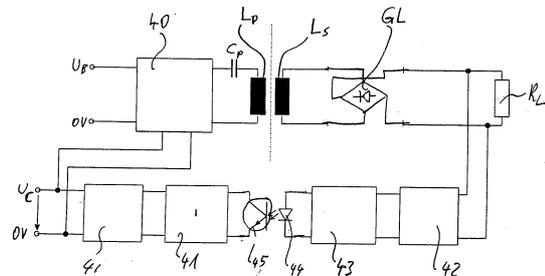
(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
 Schwanhäusser, 80538 München**

(72) Erfinder:
Schröder, Ralf, 49219 Glandorf, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 35 44 955 C2
DE 44 38 387 A1
US 60 18 467 A
**Gyu Bum Joung, bo H. Cho: An Energy
 Transmission
 System for an Artificial Heart Using Leakage Induc-
 tance Compensation of Transcutaneous
 Transformer.**
**In: IEEE Transactions on Power Electronics. Vol.
 13. No. 6, November 1998, Seite 1013 bis 1022;
 JP 11283854 AA (Patent Abstracts of Japan);**

(54) Bezeichnung: **Induktiver kontaktloser Leistungsübertrager**

(57) Hauptanspruch: Induktiver kontaktloser Leistungsübertrager mit:
 einer Primärseite, umfassend:
 eine erste primärseitige Induktivität (L_p);
 eine primärseitige Steuereinheit (40) mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO_p) zum Erzeugen eines Wechselsignals, das der primärseitigen Induktivität (L_p) zugeführt wird;
 einer Sekundärseite, umfassend:
 eine sekundärseitige mit der primärseitigen Induktivität (L_p) koppelbare Induktivität (L_s);
 eine zeitlich Last (R_L); und
 eine Detektionseinrichtung (42) zur Ermittlung eines sekundärseitigen Leistungsbedarfs der Last,
 wobei die Frequenz des primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillators (VCO_p) in Abhängigkeit des von der Detektionseinrichtung (42) ermittelten Leistungsbedarfs einstellbar ist,
 wobei die Steuereinheit (40) weiterhin umfasst:
 eine Trenneinrichtung (VCD, 8, 9), die ausgebildet ist, das Zuführen des vom Oszillator (VCO_p) erzeugten Wechselsignals zur primärseitigen Induktivität (L_p) zeitweise zu verhindern, und die eine spannungsgesteuerte Tastverhältnissteuereinrichtung (VCD) aufweist, die ein Tastsignal (U_T) erzeugt;
 und die Tastverhältnissteuereinrichtung (VCD) angepasst ist, das Tastverhältnis des Tastsignals (U_T) in Abhängigkeit des von der Detektionseinrichtung (42) ermittelten...



Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft einen induktiven kontaktlosen Leistungsübertrager gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Ein solcher Leistungsübertrager ist aus Gyu Bum Joung; Bo H. Cho: An Energy Transmission System for an Artificial Heart Using Leakage Inductance Compensation of Transcutaneous Transformer. In: IEEE Transactions on Power Electronics. Vol. 13. No. 6. November 1998, Seite 1013 bis 1022, bekannt.

[0002] Die US 6,118,249 A befasst sich mit der Detektion eines Mobilteils auf einer Sekundärseite durch eine induktive Ladestation, die eine Primärseite bildet. Auf der Sekundärseite wird die in der sekundärseitigen Spule erzeugte Wechselspannung gleichgerichtet und über einen Feldeffekttransistor einem Glättungskondensator zugeführt. Der Glättungskondensator wird durch eine Last, die Batterien umfasst, entladen. Der Feldeffekttransistor wird leitend geschaltet, wenn die Spannung am Glättungskondensator einen unteren Wert unterschreitet und nicht leitend geschaltet, wenn diese Spannung einen oberen Schwellenwert überschreitet, so dass eine Hysterese entsteht. Durch die durch das Aus- und Einschalten eines Feldeffekttransistors erzeugte Laständerung auf der Sekundärseite wird die Frequenz und Leistungsaufnahme des primärseitigen Oszillators moduliert. Auf diese Art und Weise wird eine Rückkopplung realisiert. Die primärseitige Spule wird von einem selbstschwingenden Oszillator versorgt. Durch Laständerungen auf der Sekundärseite ändert sich auch die Frequenz des Oszillators. Diese Frequenzänderung kann durch einen einfachen Frequenzunterscheider, wie beispielsweise eine PLL-Schleife (PLL: Phase-locked loop), ermittelt und ein erstes Steuersignal erzeugt werden. Darüber hinaus kann die Stromaufnahme des Oszillators als Spannungsabfall an einer Impedanz gemessen werden. Dieser Spannungsabfall wird gefiltert, woraus ein zweites Steuersignal erzeugt wird. Beim Vorhandensein eines der beiden Steuersignale wird der Oszillator mit Leistung versorgt. Ein drittes Steuersignal sorgt dafür, dass der Oszillator unabhängig von den ersten beiden Steuersignalen von Zeit zu Zeit eingeschaltet wird.

[0003] Die Offenlegungsschrift DE 197 41 279 A1 zeigt eine Vorrichtung zum Aufladen von Akkumulatoren, die aus einem mobilen elektrischen Gerät und einer Ladeeinheit besteht und induktiv elektrische Leistung mittels eines magnetischen Wechselfelds von einer Primärwicklung in der Ladeeinheit zu einer Sekundärwicklung im mobilen Gerät überträgt. Im Leerlauf oder wenn ein Fremdkörper das magnetische Wechselfeld beeinflusst, soll die Ladeeinheit in einen leistungsarmen Wartezustand übergehen. Hierzu wird das von der Ladeeinheit gelieferte magnetische Wechselfeld von den Primärwicklungen ei-

nes selbstschwingenden Gegentaktoszillators erzeugt.

[0004] Die DE 196 33 171 A1 beschreibt das kontaktlose Laden von Akkumulatoren eines schnurlosen Handapparats über induktive Geber, die in einem Untergehäuse angeordnet sind. Mit den induktiven Gebern ist eine ebenfalls im Untergehäuse angeordnete Steuereinrichtung zur Steuerung des Ladevorgangs verbunden, die auch eine Überwachung des Ladezustands der elektrischen Energiespeicher übernimmt.

[0005] Die US 5,959,433 A schreibt eine universelle induktive Batterieladevorrichtung, die einen Batterieblock auflädt, wenn dieser auf das Ladegerät gelegt wird. Der Batterieblock weist hierfür eine Aufnahmespule auf.

[0006] Die US 6,160,374 A beschreibt eine induktive Ladevorrichtung, wie sie beispielsweise zum Aufladen von Batterien eines Elektrofahrzeugs verwendet werden kann.

[0007] Eine weitere Ausführungsform eines bekannten induktiven kontaktlosen Leistungsübertragers ist in [Fig. 6](#) dargestellt. Typischerweise wird dem Leistungsübertrager eine Wechselspannung V_{ac} mit einer Frequenz von 50 bis 60 Hz zugeführt. Ein Schaltnetzgerät **61** wandelt die Wechselspannung V_{ac} in eine Gleichspannung V_{dc} , die einem Resonanzwandler **62** zugeführt wird. Der Resonanzwandler wiederum erzeugt eine Wechselspannung – typischerweise im Bereich von mehreren 100 KHz. Auf der Sekundärseite ist eine Induktivität L_S vorgesehen, die mit der primärseitigen Induktivität L_P magnetisch gekoppelt ist. Die sekundärseitige Schaltung **63** umfasst einen Gleichrichter und führt die gleichgerichtete Spannung einer Last R_L zu. Die Last R_L umfasst typischerweise Akkumulatoren, deren Leistungsbedarf mit zunehmender Ladung abnimmt. Ferner umfasst die Schaltung **63** noch eine Detektionseinrichtung zur Ermittlung des sekundärseitigen Leistungsbedarfs. Diese Detektionseinrichtung misst entweder die von der sekundärseitigen Induktivität L_S erzeugte Spannung oder die an den Akkumulatoren liegende Spannung und erzeugt hieraus ein Signal, das über die Rückkopplung **64** auf die Primärseite übertragen wird und den Resonanzwandler **62** steuert.

[0008] Gyu Bum Joung, Bo H. Cho: An Energy Transmission System for an Artificial Heart Using Leakage Inductance Compensation of Transcutaneous Transformer, IEEE Transactions of Power Electronics, Volume 13, Nr. 6, November 1998, Seite 1013 bis 1022, beschreibt ein Spannungsversorgungssystem für künstliche Herzmotoren, das einen kontaktlosen Leistungsübertrager aufweist. Die Sekundärseite befindet sich im menschlichen Körper und die Primärseite wird direkt an die Haut über die

Sekundärseite angelegt. Die durch den großen Abstand zwischen der Primär- und Sekundärseite verursachten Streuinduktivitäten werden auf beiden Seiten ausgeglichen. Eine Rückkopplungssteuereinheit wird eingesetzt, um die Ausgangsspannung des Spannungsversorgungssystems zu regulieren.

[0009] Die Ausgangsspannung wird von einem spannungsgesteuerten Oszillator an der Sekundärseite ermittelt, in eine Wechselsignalfrequenz umgewandelt und über den Leistungsübertrager auf die Primärseite übertragen. Diese Frequenz wird dann auf der Primärseite durch einen Spannungsfrequenzumwandler in eine Spannung umgewandelt, um dann mit der Referenzspannung verglichen zu werden. Die Frequenz des Spannungsversorgungssystems wird über einen spannungsgesteuerten Oszillator eingestellt, um die Ausgangsspannung zu steuern.

[0010] US 6 018 467 A beschreibt ein Spannungsversorgungssystem, das einen energieeffizienten Stand-by Modus aufweist, und in Fernsehgeräten eingesetzt wird. Die Schaltung des Schaltnetzteils umfasst eine Gleichspannungsquelle und 2 Schaltglieder, um einen Schwingkreis alternativ zu schalten. Dieser Schwingkreis besteht aus einer Kapazität, 2 Induktivitäten und einer primärseitigen Spule. Die alternativen Schwankungen des Schwingkreises leiten eine Spannung in den sekundärseitigen Induktivitäten ein. Die Ausgangsspannung an der Induktivität wird durch einen Optokoppler, der aus einer sekundärseitigen Fotodiode und einem primärseitigen Lichtsensor besteht, und eine Steuereinheit gesteuert.

[0011] Die Steuereinheit ist eine integrierte Schaltung, die einen Eingang aufweist, zu dem das vom Lichtsensor empfangene Signal zugeführt wird. Beim Eintritt in einen Stand-by Modus wird die Hauptspannungsversorgung in den Betriebsschaltungen ausgeschaltet aber der Mikroprozessor wird weiterhin versorgt. Die auf einer Kapazität angelegte Ausgangsspannung wird auf eine Kapazität umgeschaltet, so dass die Rückkopplungsausgangsspannung eine bestimmte Schwelle erreicht. Infolgedessen strahlt die Fotodiode eine maximale Lichtmenge, die vom Lichtsensor empfangen wird, und eine maximale Steuerungsspannung wird an die Steuereinheit angelegt.

[0012] Die Steuereinheit umfasst eine Hysteresesteuereinheit und eine maximale Frequenzsteuereinheit, die beide ein Steuersignal auf ein Logikelement anlegen. Die vom Lichtsensor angelegte maximale Steuerungsspannung wird über das Logikelement einem spannungsgesteuerten Oszillator zugeführt, der die Frequenz der Schaltelemente erhöht, um die Ausgangsspannung zu verringern. Wenn die Frequenz des Steuersignals eine bestimmte Schwelle erreicht, schaltet ein Logikelement die Schaltelemen-

te aus und kein Wechselsignal wird zur primärseitigen Induktivität zugeführt. Durch die Hysteresesteuereinheit wird die Rückkopplungssteuerungsspannung ermittelt und das Logikelement schaltet die Schaltelemente nur dann, wenn die Steuerungsspannung unter einem bestimmten Grenzwert ist.

[0013] Es ist die Aufgabe der Erfindung einen Leistungsübertrager mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 so zu gestalten, dass er noch energieeffizienter arbeitet.

[0014] Diese Aufgabe wird durch einen induktiven kontaktlosen Leistungsübertrager gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0015] Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0016] Vorteilhaft an einer Trenneinrichtung zum zeitweisen Abschalten der primärseitigen Induktivität ist, dass der Leistungsübertrager bei abgeschalteter primärseitiger Induktivität nur wenig Leistung aufnimmt.

[0017] Vorteilhaft an der Steuerung einer Tastverhältnissteuereinrichtung in Abhängigkeit von dem durch eine Detektionseinrichtung ermittelten Leistungsbedarf auf der Sekundärseite ist, dass auf der Sekundärseite stets ausreichend viel elektrische Leistung zur Verfügung steht und dies einen automatischen Übergang von einem kontinuierlichen in einen gepulsten Betrieb ermöglicht.

[0018] Vorteilhaft an der Kombination eines kontinuierlichen mit einem gepulsten Betrieb ist ein erweiterter Leistungsbereich, in dem die Leistungsaufnahme auf der Primärseite dem Leistungsbedarf auf der Sekundärseite angepasst wird, ohne dass unnötig viel Energie auf der Primärseite verbraucht wird.

[0019] Vorteilhaft an der Trennung des kontinuierlichen Betriebs vom gepulsten Betrieb durch einen Schwellenwert ist, dass der energieeffizientere kontinuierliche Betrieb optimal genutzt wird.

[0020] Vorteilhaft an einer optischen Übertragungsstrecke ist, dass Steuerungssignale nicht auf der Sekundärseite auf die hohen zur Leistungsübertragung verwendeten Ströme und Spannungen moduliert werden müssen und auf der Primärseite nicht aus diesen hohen Spannungen und Strömen herausgefiltert werden müssen. Vielmehr dient die optische Schnittstelle ausschließlich zur Datenübertragung von der Sekundärseite zur Primärseite. Eine optische Übertragungsstrecke hat ferner den Vorteil, dass sie nicht zu einer galvanischen Kopplung zwischen Primär- und Sekundärseite führt.

[0021] Eine Modulation der von der Sekundärseite

über die Fotodiode zum Fotodetektor auf der Primärseite gesendeten Daten führt zu einer geringeren Empfindlichkeit bezüglich Umgebungslicht.

[0022] Vorteilhaft an der Ergänzung der primärseitigen Induktivität durch eine Kapazität zu einem Serienschwingkreis ist die Verbesserung der Leistungsübertragung von der Primärseite auf die Sekundärseite. In vorteilhafter Weise wird die höchste vom spannungsgesteuerten Oszillator erzeugbare Frequenz gleich der Resonanzfrequenz dieses Serienschwingkreises gewählt.

[0023] Vorteilhaft an der Verwendung eines Kurzschlusschalters oder eines Längsschalters ist, dass zur Datenübertragung von der Sekundärseite auf die Primärseite eine vorhandene Schnittstelle benutzt wird.

[0024] Vorteilhaft an der Erzeugung von Impulsen, deren Dauer kurz gegenüber der Periodendauer des vom spannungsgesteuerten Oszillator erzeugten Wechselsignals durch einen Kurzschlusschalter oder einen Längsschalter ist, dass die Leistungsübertragung nur für kurze Zeit beeinträchtigt wird. Des Weiteren unterscheiden sich solche Impulse deutlich vom zur Leistungsübertragung verwendeten Wechselsignal, so dass sie auf der Primärseite mit relativ geringem schaltungstechnischen Aufwand aus dem Wechselsignal herausgefiltert werden können.

[0025] Vorteilhaft an der Verwendung der Frequenzmodulation zur Übertragung des von der Detektionseinrichtung ermittelten sekundärseitigen Leistungsbedarfs mittels einer Impulsfolge auf die Primärseite und des deshalb auf der Primärseite erforderlichen Frequenzspannungswandlers ist die Störungsunempfindlichkeit der Frequenzmodulation gegen Amplitudenschwankungen, die aus der sich zeitlich verändernden Phasenlage zwischen den von den beiden Oszillatoren gelieferten Signalen resultieren. Darüber hinaus kann ein Frequenzspannungswandler durch wenige Bauteile realisiert werden. Um die Frequenz der Impulse zu modulieren, wird auf der Sekundärseite vorteilhafterweise ein zweiter spannungsgesteuerter Oszillator verwendet.

[0026] Vorteilhaftweise wertet der Frequenzspannungswandler das vom Impulsdetektor gelieferte Signal nur dann aus, wenn Leistung von der Primärseite auf die Sekundärseite übertragen wird, also der primärseitigen Induktivität ein Wechselsignal zugeführt wird, da andernfalls keine Impulse übertragen werden können und so die Pulspaketsteuerung fehlerhaft geregelt würde.

[0027] Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

[0028] [Fig. 1a](#) eine Grundschaltung zur Ansteuerung der primärseitigen Induktivität eines Resonanzübertragers;

[0029] [Fig. 1b](#) eine vereinfachte Grundschaltung nach [Fig. 1a](#);

[0030] [Fig. 2](#) eine Ansteuerschaltung für die Schalter der in [Fig. 1](#) dargestellten Grundschaltung;

[0031] [Fig. 3](#) ein Diagramm zur Erläuterung des Einflusses eines spannungsgesteuerten Oszillators und einer Tastverhältnissteuereinrichtung;

[0032] [Fig. 4](#) einen Resonanzübertrager mit einer optischen Rückkopplungsstrecke;

[0033] [Fig. 5](#) einen Resonanzübertrager, bei dem die beiden magnetisch gekoppelten Induktivitäten zur Übertragung des Rückkopplungssignals verwendet werden; und

[0034] [Fig. 6](#) einen Resonanzübertrager gemäß dem Stand der Technik.

[0035] [Fig. 1a](#) zeigt eine Grundschaltung zur Ansteuerung eines induktiven Resonanzübertragers. Die Grundschaltung umfasst einen ersten und zweiten Schalter S1 und S2, eine erste und zweite Diode D1 bzw. D2, zwei große Kondensatoren C1 und C2, zwei kleine Kondensatoren C3 und C4, einen Resonanzkondensator C_p sowie eine primärseitige Induktivität L_p . Daneben sind Knoten N1 und N2 in [Fig. 1](#) eingetragen.

[0036] Die primärseitige Induktivität L_p bildet mit dem Resonanzkondensator C_p einen Resonanzkreis. Die Schaltung arbeitet mit einer Oszillator-Frequenz f_o , die durch die Schalter S1 und S2 angeregt wird. Immer dann, wenn nach dem Abschalten eines der Schalter die primärseitige Induktivität L_p am Knoten N1 eine Spannung erzeugt, die um die Durchlassspannung der Diode D1 über der Betriebsspannung U_B liegt, wird diese Spannung durch die Diode D1 zur Betriebsspannung U_B hin kurz geschlossen. In entsprechender Weise wird eine Unterspannung am Knoten N1, die um die Durchlassspannung der Diode D2 unter Masse liegt, gegen Masse kurz geschlossen. Die kleinen Kondensatoren C3 und C4 dienen der Funkentstörung, weil sie hochfrequente Signale kurz schließen, die beim Öffnen und Schließen der Schalter oder MOSFETs sowie beim Leitfähigwerden der Dioden D1 und D2 entstehen.

[0037] Die großen Kondensatoren C1 und C2 sind in einer Ausführungsform Elektrolytkondensatoren. Sie dienen zur Stabilisierung der Betriebsspannung U_B und bilden am Knoten N2 eine virtuelle Masse, so dass hier die Spannung $U_B/2$ anliegt. Deshalb müssen die Kondensatoren C1 und C2 sowie der Reso-

nanzkondensator C_p eine Durchschlagfestigkeit von etwas mehr als $U_B/2$ aufweisen.

[0038] Eine gegenüber der obigen Beschreibung vereinfachte Ausführungsform zeigt [Fig. 1b](#). Hier sind die Schalter S1 und S2 durch MOSFETs (MOSFET: metal Oxide semiconductor field effect transistor) ersetzt. Die Dioden D1 und D2 können entfallen, ihre Aufgaben werden von den Inversdioden der MOSFETs übernommen. Außerdem kann durch die Anbindung von L_p und C_p an die Betriebsspannung ein Kondensator C1 oder C2 durch eine Kurzschlußbrücke ersetzt werden. Die Schaltung arbeitet in dieser Form unverändert, jedoch ist C_p eine Gleichspannung von $U_B/2$ überlagert. Der jeweils andere Kondensator und der Resonanzkondensator C_p müssen bei diesen Ausführungsformen eine Durchschlagfestigkeit aufweisen, die höher als die Betriebsspannung U_B ist.

[0039] Im Ladebetrieb ist die primärseitige Induktivität L_p mit einer sekundärseitigen Induktivität L_s magnetisch gekoppelt, wie dies in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) dargestellt ist. Ohne Last an der sekundärseitigen Impedanz L_s werden die Schalter S1 und S2 mit einer höheren Frequenz als der Resonanzfrequenz des Schwingkreises geöffnet und geschlossen, der durch die primärseitige Induktivität L_p und den Resonanzkondensator C_p gebildet wird. Eine Belastung der sekundärseitigen Spule führt zu einer Veränderung der Impedanz der sekundärseitigen Spule L_s und damit zu einer Verstimmung des Resonanzkreises zu höheren Frequenzen hin. Dadurch nähert sich bei konstanter Oszillatorfrequenz f_o die Schwingfrequenz der Resonanzfrequenz an, wodurch die übertragenen Leistung steigt. Zur Vermeidung von Schaltverlusten und zur Vermeidung von hochfrequenten Störungen wird im spannungslosen Zustand geschaltet. Dies wird als ZVS (zero voltage switching) bezeichnet.

[0040] Beim Abschalten von Schalter S2 wird durch die Induktivität L_p der Strom zunächst aufrecht erhalten. Hierdurch steigt die Spannung am Knoten N1 an, wobei der kleine Kondensator C3 entladen und der kleine Kondensator C4 geladen wird. Schließlich, wenn die Spannung am Knoten N1 die Betriebsspannung U_B um die Diodenflussspannung der Diode D1 überschreitet, wird die Diode D1 leitend und begrenzt so die Spannung am Knoten N1. Erst jetzt wird der Schalter S1 eingeschaltet. Nach dem Ausschalten von Schalter S1 wird der Schalter S2 erst dann eingeschaltet, wenn die Spannung am Knoten N1 0V um die Flussspannung der Diode D2 unterschreitet.

[0041] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die Steuerelektroden G1 und G2 durch die in [Fig. 2](#) dargestellte Ansteuerschaltung **2** gesteuert. Die Ansteuerschaltung **2** umfasst einen spannungsgesteuerten Oszillator (VCO_p), zwei Verzögerungsglieder **3** und **5**, ein D-Flip-Flop D und Gatter **6**, **7**, **8**,

9 sowie eine Tastverhältnissteuereinrichtung VCD. Sowohl dem spannungsgesteuerten Oszillator VCO_p als auch der Tastverhältnissteuereinrichtung VCD wird ein Steuersignal U_c zugeführt. Das Steuersignal U_c hängt vom Leistungsbedarf der Sekundärseite ab. Wie es erzeugt wird, wird weiter unten anhand von [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) erläutert.

[0042] In einer Ausführungsform ist das Steuersignal eine analoge Spannung, die zwischen einem oberen und einem unteren Grenzwert schwanken kann. In einer Ausführungsform hat bei maximaler Ausgangslast auf der Sekundärseite das Steuersignal U_c seine maximale Spannung. Unter diesen Umständen erzeugt der spannungsgesteuerte Oszillator VCO_p seine minimale Frequenz. Diese entspricht der Resonanzfrequenz des Schwingkreises. Nimmt die sekundärseitige Last ab, so sinkt ebenfalls die Spannung des Steuersignals. Hierdurch erzeugt der spannungsgesteuerte Oszillator VCO_p eine immer höhere Frequenz, die die Oszillatorfrequenz f_o gegenüber der Resonanzfrequenz des aus L_p und C_p gebildeten Schwingkreises verschiebt. An diesem Punkt erreicht das Steuersignal U_c einen Schwellwert.

[0043] Eine weitere Reduzierung der übertragenen Leistung wird mit Hilfe der spannungsgesteuerten Tastverhältnissteuereinrichtung VCD erreicht. Die Tastverhältnissteuereinrichtung erzeugt eine Frequenz, die klein gegenüber der Oszillatorfrequenz VCO_p ist. Unter klein ist hier kleiner als halb so groß zu verstehen. Abhängig vom Steuersignal U_c ändert die Tastverhältnissteuereinrichtung das Tastverhältnis des Ausgangssignals. Hat das Steuersignal U_c einen Wert über dem Schwellwert, so beträgt das Tastverhältnis 100%, so dass die Tastverhältnissteuereinrichtung immer eine logische Eins ausgibt. Dies heißt bei CMOS-Logik (complementary metal Oxide semiconductor), dass die Tastverhältnissteuereinrichtung eine Spannung knapp unter der Betriebsspannung U_B ausgibt. Erst wenn das Steuersignal unter den Schwellwert sinkt, gibt die Tastverhältnissteuereinrichtung tatsächlich eine Wechsellspannung aus. Mit abnehmendem Steuersignal wird das Tastverhältnis immer geringer, wobei selbst dann, wenn das Steuersignal U_c seinen minimalen Wert annimmt, das Tastverhältnis immer noch größer als Null bleibt. Beispielsweise kann das geringste einstellbare Tastverhältnis 1 oder 0,1% betragen. Wie weiter unten erläutert wird, kann bei einem Tastverhältnis von 0 nicht mehr festgestellt werden, ob eine Sekundärseite magnetisch mit der Primärseite gekoppelt ist, ob also beispielsweise ein Mobilfunkgerät in der Ladeschale liegt.

[0044] Das Wechsellspannungssignal des primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillators VCO_p wird den beiden Verzögerungsgliedern **3** und **5** sowie dem D-Flip-Flop D zugeführt.

[0045] Der Ausgang \bar{Q} des D-Flip-Flops D und der Ausgang des Verzögerungsglieds **3** werden dem UND-Gatter **6** zugeführt. Der Ausgang Q des D-Flip-Flops D und der Ausgang des Verzögerungsglieds **5** wird dem UND-Gatter **7** zugeführt. An den Ausgängen der UND-Gatter **6** und **7** entstehen so zwei um 180° phasenverschobene Ausgangssignale mit einem Tastverhältnis von knapp unter 50% zur Steuerung der Schalter S1 und S2. Durch die UND-Verknüpfung des Tastsignals U_T mit den Ausgangssignalen der UND-Gatter **6** und **7** in den UND-Gattern **8** und **9** wird den Steuerelektroden G1 und G2 entsprechend dem Tastsignal U_T zeitweise Wechselfspannung zugeführt und zeitweise nicht. Dies ist in [Fig. 3](#) dargestellt. Während das Tastsignal auf hohem Pegel – der einer logischen Eins entspricht – liegt, wird Wechselfspannung an die Steuerelektroden G1 und G2 und damit an den Resonanzkreis aus L_p und C_p ausgegeben. Die Frequenz der Wechselfspannung wird durch den spannungsgesteuerten Oszillator VCO bestimmt. Während das Tastsignal einen niedrigen Pegel aufweist, wird keine Wechselfspannung durch die UND-Gatter **8** und **9** weiter gegeben. In einer anderen Ausführungsform können die UND-Gatter **6** und **8** sowie die UND-Gatter **7** und **9** durch je ein UND-Gatter mit drei Eingängen realisiert werden.

[0046] In einer anderen Ausführungsform überlappen sich die Arbeitsbereiche des spannungsgesteuerten Oszillators VCO_p und der Tastverhältnissteuer-einrichtung VCD, so dass ein mittlerer Bereich existiert, in dem bei einer Veränderung des Steuersignals sowohl das Tastverhältnis des Tastsignals U_T als auch die Frequenz des Wechselfsignals verändert werden. Neben diesem Übergangsbereich kann es einen oberen Bereich geben, in dem eine Veränderung des Steuersignals U_c lediglich die Frequenz des primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillators VCO_p beeinflusst und einen unteren Bereich, in dem eine Änderung des Steuersignals U_c lediglich einen Einfluss auf das Tastverhältnis des Tastsignals U_T hat.

[0047] Eine Ausführungsform der Rückkopplung der sekundärseitigen Belastung auf die Primärseite wird anhand von [Fig. 4](#) erläutert. [Fig. 4](#) zeigt eine Steuerung **40**, den aus L_p und C_p gebildeten Schwingkreis, die sekundärseitige Induktivität L_s einen Gleichrichter GL, eine Last R_L , eine Detektionseinrichtung **42**, einen Modulator **43**, eine Photodiode **44**, ein Photoelement **45**, einen Demodulator **41** sowie eine Analyseeinrichtung **46**.

[0048] Schaltung **40** enthält im Wesentlichen die in [Fig. 2](#) dargestellte Ansteuerschaltung **2** und die in [Fig. 1](#) dargestellte Grundschaltung **1** zur Ansteuerung der primärseitigen Induktivität L_p und des Resonanzkondensators C_p . Mit der primärseitigen Induktivität L_p ist die sekundärseitige Induktivität L_s magne-

tisch gekoppelt. Die von der sekundärseitigen Induktivität gelieferte Wechselfspannung wird in Gleichrichter GL gleich gerichtet und einer Last R_L zugeführt. Die Last R_L kann auch Akkumulatoren umfassen, so dass der Leistungsbedarf der Akkumulatoren mit steigender Ladung abnimmt. In diesem Fall ist der Leistungsbedarf der Last R_L zeitlich variabel.

[0049] Eine Detektionseinrichtung **42** ermittelt den Leistungsbedarf auf der Sekundärseite. Die Detektionseinrichtung **42** kann beispielsweise die an der Last abfallende Spannung, die Spannung über die Akkumulatoren oder auch den Laststrom messen. Das Ausgangssignal der Detektionseinrichtung ist bevorzugterweise eine analoge Spannung, die dem Modulator **43** zugeführt wird. Dieser moduliert die von der Detektionseinrichtung **42** gelieferte Spannung auf ein Trägersignal und steuert die Fotodiode **44** an. Das Licht der Fotodiode **44** fällt auf ein Fotoelement, das beispielsweise als Fototransistor realisiert werden kann. Das vom Fotoelement gelieferte Ausgangssignal wird im Demodulator **41** demoduliert und in der Analyseeinrichtung **46** analysiert und so in das Steuersignal U_c umgewandelt. Der Demodulationsvorgang erfolgt umgekehrt wie der Modulationsvorgang.

[0050] Durch die Modulation des von der Detektionseinrichtung gelieferten Ausgangssignals wird die Empfindlichkeit gegenüber Umgebungslicht, das auch auf das Fotoelement fallen kann, reduziert. Insbesondere sind Umgebungslichtschwankungen meist langsam und nicht periodisch, so dass sie sich deutlich von einem modulierten Signal unterscheiden. Als Modulationsart kann in vorteilhafter Weise Frequenzmodulation verwendet werden.

[0051] Die Primärseite kann beispielsweise als Ladeschale gestaltet sein, während die Sekundärseite ein Mobil- oder Schnurlostelefon oder auch eine elektrische Zahnbürste sein kann. Ladeschale und Sekundärgerät sind so gestaltet, dass das Sekundärgerät leicht aus der Ladeschale herausgenommen werden kann und dass beim Einlegen des Sekundärgeräts in die Ladeschale die beiden Induktivitäten L_p und L_s nahe beieinander positioniert werden, so dass eine magnetische Kopplung erfolgt. Auch die Fotodiode **44** wird bei in die Ladeschale eingelegtem Sekundärgerät in die Nähe des Fotoelements positioniert, so dass ein ausreichend großer Anteil des von der Fotodiode **44** erzeugten Lichts auf das Fotoelement fällt.

[0052] [Fig. 5](#) zeigt eine Ausführungsform, bei der im Gegensatz zu [Fig. 4](#) ein Signal über den Leistungsbedarf auf der Sekundärseite über die beiden Induktivitäten L_p und L_s auf die Primärseite übertragen wird. [Fig. 5](#) zeigt eine Steuerung **40**, einen aus L_p und C_p gebildeten Schwingkreis, die sekundärseitige Induktivität L_s , einen Kurzschlusschalter S_k sowie

einen Längsschalter S_L , einen Kurzschlusswiderstand R_K , einen Gleichrichter GL, eine Last R_L , eine Detektionseinrichtung **42**, einen sekundärseitigen spannungsgesteuerten Oszillator VCO_S , einen Impulsdetektor **51** sowie einen Frequenzspannungswandler f/v .

[0053] Wie oben beschrieben, ermittelt die Detektionseinrichtung **42** den Leistungsbedarf auf der Sekundärseite. Sie gibt eine analoge Spannung aus. Der spannungsgesteuerte Oszillator VCO_S steuert entweder den Kurzschlusschalter S_K , den Längsschalter S_L oder beide Schalter S_K und S_L zusammen. Zur Vermeidung unerwünschter Verlustleistung wird der Kurzschlusschalter S_K nur sehr kurz, also deutlich kürzer als die Periodendauer des vom primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillators VCO_P gelieferten Wechselsignals geschlossen. Außerdem ist die Frequenz des vom sekundärseitigen spannungsgesteuerten Oszillator VCO_S kleiner als die vom primärseitigen spannungsgesteuerten VCO_P gelieferte Frequenz. Hierzu liefert der sekundärseitige spannungsgesteuerte Oszillator VCO_S ein Wechselsignal, dessen Tastverhältnis nahe Null oder Eins liegt.

[0054] Der sekundärseitige Kurzschluss ruft auf der Primärseite einen Einbruch der Oszillatorspannung hervor, welcher detektiert werden kann. Da jeder reale Schalter und jede reale Leitung einen Widerstand aufweisen, wurde dieser explizit als R in das Schaltbild eingezeichnet. Der Kurzschlusswiderstand R_K kann so hoch gewählt werden, dass auf der Primärseite der Impulsdetektor **51** einen Spannungseinbruch mit ausreichendem Störabstand detektieren kann. Es ist deshalb nicht erforderlich, dass der Kurzschlusschalter S_K und der Kurzschlusswiderstand R_K die sekundärseitige Induktivität L_S tatsächlich kurz schließen, also dass R_K tatsächlich kleiner als der Widerstand der sekundärseitigen Induktivität L_S ist. Die Bezeichnungen "Kurzschlusschalter" und "Kurzschlusswiderstand" wurden gewählt, weil sie die Zusammenschaltung der beiden Elemente mit der sekundärseitigen Induktivität L_S verdeutlichen.

[0055] In einer anderen Ausführungsform kann auch ein Längsschalter S_L zwischen die sekundärseitige Induktivität L_S und den Gleichrichter GL geschaltet sein. Das Öffnen des Längsschalters führt auf der Primärseite zu einem Spannungsanstieg an der primärseitigen Induktivität L_P . Der Längsschalter S_L wird nur für kurze Zeit verglichen mit der Periodendauer des vom primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillator VCO_P gelieferten Wechselsignals geöffnet. Auf diese Art und Weise wird die Leistungsversorgung der sekundärseitigen Last nur in geringem Umfang gestört. Zu diesem Zweck wird auch der Längsschalter mit einer Frequenz unterhalb der für Leistungsübertragung verwendeten Frequenz betrieben.

[0056] In einer dritten Ausführungsform sind sowohl

Kurzschlusschalter S_K als auch Längsschalter S_L vorgesehen. Sie werden vorzugsweise nacheinander geschaltet, so dass der Kurzschlusschalter zuerst kurz geschlossen und sofort im Anschluss daran der Längsschalter geöffnet wird oder umgekehrt. Hierdurch entsteht auf der Primärseite zunächst ein Einbruch gefolgt von einer Spannungserhöhung oder umgekehrt. Hierdurch kann eine Verbesserung des Störabstands und damit eine zuverlässigere Detektion der Impulse auf der Primärseite durchgeführt werden.

[0057] Auf der Primärseite ist ein Impulsdetektor **51** vorgesehen, um die Spannungserhöhungen oder Spannungseinbrüche an der primärseitigen Induktivität zu detektieren. Da die Einbrüche oder Erhöhungen kurz gegenüber der Periodendauer des zur Leistungsübertragung verwendeten Wechselsignals sind, können sie mit geringem Aufwand detektiert werden. Der Impulsdetektor kann beispielsweise aus einem Hochpassfilter bestehen. Nach dem Hochpassfilter kann ein Impulsformer vorgesehen sein, so dass auf der Primärseite nach dem Impulsdetektor das vom sekundärseitigen spannungsgesteuerten Oszillator VCO_S erzeugte Signal regeneriert wird. Die Impulshöhe ist nämlich mit dem zur Leistungsübertragung verwendeten Wechselsignal moduliert. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, die zu übertragende Information durch Frequenzmodulation in die zeitliche Abfolge der Impulse zu codieren, als beispielsweise Amplitudenmodulation zu verwenden. Abgesehen davon wäre eine Amplitudenmodulation durch Ein- und Ausschalten der Schalter S_K und/oder S_L allein nicht möglich. Anschließend wird in einem Frequenzspannungswandler f/v das Steuersignal U_c erzeugt, das dem primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillator VCO_P und der Tastverhältnissteuereinheit VCD zugeführt wird.

[0058] Das von der Tastverhältnissteuereinrichtung erzeugte Tastsignal U_T wird wiederum dem Frequenzspannungswandler f/v zugeführt. Der Frequenzspannungswandler f/v ändert seine Ausgangsspannung nur dann, wenn Leistungsübertragung zur Sekundärseite stattfindet, weil nur dann Daten von der Sekundärseite auf die Primärseite übertragen werden können. Andernfalls würden der primärseitige spannungsgesteuerte Oszillator VCO_P und die Tastverhältnissteuereinrichtung VCD falsch gesteuert werden. Dies verhindert beispielsweise eine mögliche Erhitzung von Fremdkörpern.

Patentansprüche

1. Induktiver kontaktloser Leistungsübertrager mit:
einer Primärseite, umfassend:
eine erste primärseitige Induktivität (L_P);
eine primärseitige Steuereinheit (**40**) mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO_P) zum Erzeugen

eines Wechselsignals, das der primärseitigen Induktivität (L_p) zugeführt wird;
 einer Sekundärseite, umfassend:
 eine sekundärseitige mit der primärseitigen Induktivität (L_p) koppelbare Induktivität (L_s);
 eine zeitlich Last (R_L); und
 eine Detektionseinrichtung (42) zur Ermittlung eines sekundärseitigen Leistungsbedarfs der Last, wobei die Frequenz des primärseitigen spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) in Abhängigkeit des von der Detektionseinrichtung (42) ermittelten Leistungsbedarfs einstellbar ist, wobei die Steuereinheit (40) weiterhin umfasst:
 eine Trenneinrichtung (VCD, 8, 9), die ausgebildet ist, das Zuführen des vom Oszillator (VCO) erzeugten Wechselsignals zur primärseitigen Induktivität (L_p) zeitweise zu verhindern, und die eine spannungsgesteuerte Tastverhältnissteuereinrichtung (VCD) aufweist, die ein Tastsignal (U_T) erzeugt;
 und die Tastverhältnissteuereinrichtung (VCD) angepasst ist, das Tastverhältnis des Tastsignals (U_T) in Abhängigkeit des von der Detektionseinrichtung (42) ermittelten Leistungsbedarfs zu steuern;
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (40) so ausgebildet ist, dass sie bei geringem Leistungsbedarf der Last durch das Variieren des Tastverhältnisses die Leistungsübertragung zur Sekundärseite steuert, während sie bei hohem Leistungsbedarf der Last durch das Variieren der Frequenz des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) die Leistungsübertragung zur Sekundärseite steuert, wobei zur Steuerung des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) diesen eine Steuerspannung (U_c) zugeführt wird, wenn das Wechselsignal des spannungsgesteuerten Oszillators (VCO) an die primärseitige Induktivität angelegt wird und andernfalls die Steuerspannung (U_c) konstant gehalten wird.

2. Leistungsübertrager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schwellwert für den sekundärseitigen Leistungsbedarf vorgesehen ist, wobei die Primärseite unterhalb des Schwellwerts die Tastverhältnissteuereinrichtung durch Veränderung des Tastverhältnisses an den sekundärseitigen Leistungsbedarf anpasst, wobei der erste Oszillator (VCO) seine maximale bzw. minimale Frequenz erzeugt, und die Primärseite oberhalb des Schwellwerts durch Veränderung der Frequenz des ersten Oszillators (VCO) zwischen einer minimalen und der maximalen Frequenz an den sekundärseitigen Leistungsbedarf angepasst wird, wobei die Tastverhältnissteuereinrichtung das Tastverhältnis bei 100% halt.

3. Leistungsübertrager nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Photodiode (44) auf der Sekundärseite sowie einen Photodetektor (45) und eine Analyseeinrichtung (46) auf der Primärseite, wobei die Photodiode (44) mit dem Photodetektor op-

tisch gekoppelt ist, wobei die Detektionseinrichtung (42) die Photodiode steuert und die Analyseeinrichtung (46) ein Spannungssignal an den ersten Oszillator (VCO) ausgibt, das vom Photodetektor gelieferten Signal abhängt.

4. Leistungsübertrager nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ferner ein Modulator (43) auf der Sekundärseite und ein Demodulator (41) auf der Primärseite vorgesehen ist, wobei dem Modulator (43) das Ausgangssignal der Detektionseinrichtung (42) zugeführt wird und der Modulator unmittelbar die Photodiode ansteuert und wobei das vom Photodetektor gelieferte Signal dem Demodulator (41) zugeführt wird und dessen Ausgangssignal der Analyseeinrichtung zugeführt wird.

5. Leistungsübertrager nach einem der obigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Primärseite in Serie mit der primärseitigen Induktivität (L_p) eine Kapazität (C_p) geschaltet ist, wobei die Resonanzfrequenz aus der primärseitigen Induktivität (L_p) und der Kapazität (C_p) gleich der maximalen bzw. minimalen Frequenz des ersten Oszillators (VCO) ist.

6. Leistungsübertrager nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Sekundärseite parallel zur sekundärseitigen Induktivität (L_s) ein Kurzschlusschalter (S_K) vorgesehen ist, der von der Detektionseinrichtung (42) gesteuert geöffnet und geschlossen wird.

7. Leistungsübertrager nach einem der Ansprüche 1 oder 2 oder 6 dadurch gekennzeichnet, dass die sekundärseitige Induktivität über einen Längsschalter (S_L) mit der Last verbunden ist, so dass der Längsschalter (S_L) die sekundärseitige Induktivität (L_s) von der Last (R_L) trennen kann, wobei der Längsschalter (S_L) von der Detektionseinrichtung (42) gesteuert wird.

8. Leistungsübertrager nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Primärseite ein Impulsdetektor (51) vorgesehen ist, um Impulse, deren Dauer kurz bzw. lang gegenüber der Periodendauer des vom ersten Oszillator (VCO) erzeugten Wechselsignals ist, zu detektieren, wobei das Ausgangssignal des Impulsdetektors (51) den ersten Oszillator (VCO) steuert.

9. Leistungsübertrager nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Primärseite ferner ein Frequenzspannungswandler (f/v) vorgesehen ist, dem das Ausgangssignal des Impulsdetektors (51) zugeführt wird und der eine Spannung (U_c) an den ersten Oszillator (VCO) ausgibt.

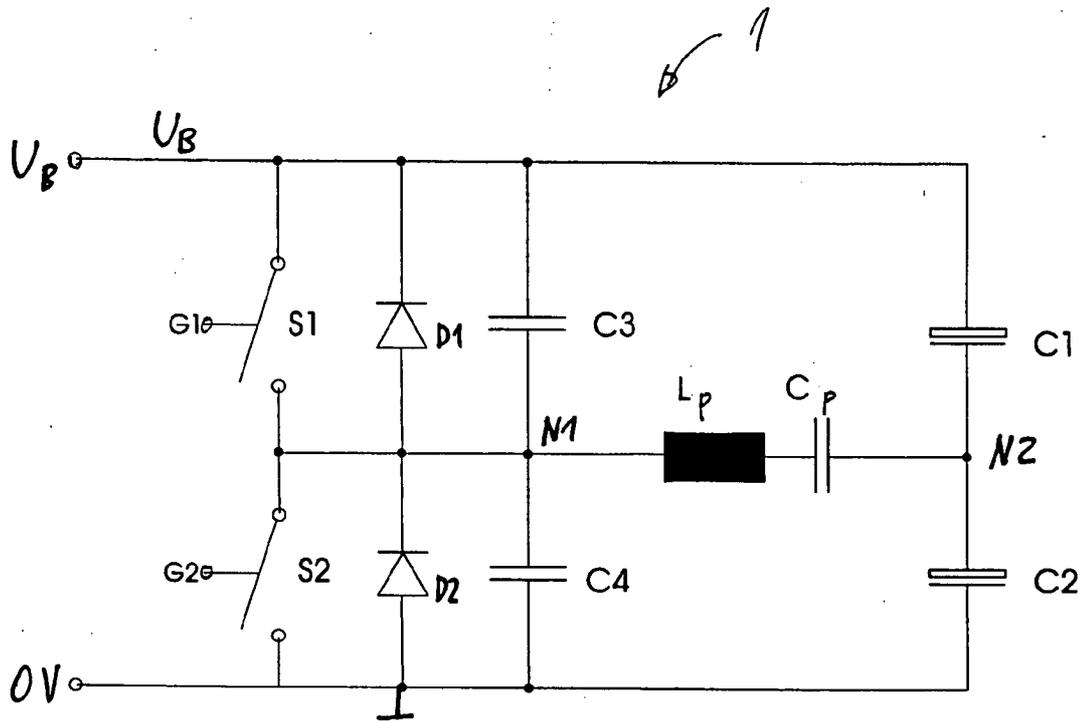
10. Leistungsübertrager nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass auf der

Sekundärseite ein zweiter spannungsgesteuerter Oszillator (VCOs) vorgesehen ist, dem eine Steuerungsspannung zugeführt wird, die von der Detektionseinrichtung (42) erzeugt wird, wobei der zweite Oszillator (VCOs) den Kurzschlusschalter (S_K) und/oder den Längsschalter (S_L) steuert, wobei der zweite Oszillator (VCOs) Impulse mit einer Impulsdauer erzeugt, deren Dauer kurz bzw. lang gegenüber der Periodendauer des vom ersten Oszillator (VCOp) erzeugten Wechselsignals ist und deren Frequenz klein bzw. groß gegenüber der des Wechselsignals ist.

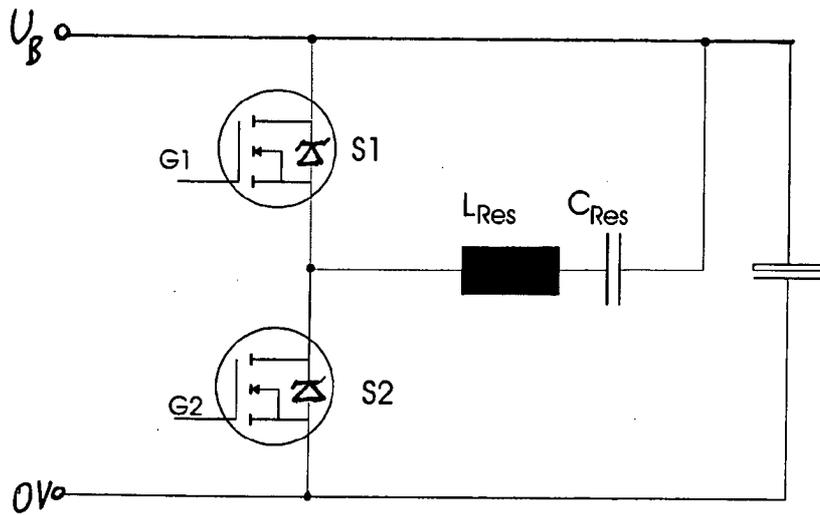
11. Leistungsübertrager nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass dem Frequenzspannungswandler (f/v) das Tastsignal der Tastverhältnissteuereinrichtung (VCI) zugeführt wird und der Frequenzspannungswandler (f/v) die Spannung nur dann aufgrund des vom Impulsdetektor gelieferten Signals ändert, wenn das Wechselsignal des ersten Oszillators (VCOp) der primarseitigen Induktivität zugeführt wird und der Frequenzspannungswandler (f/v) die Spannung sonst konstant hält.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

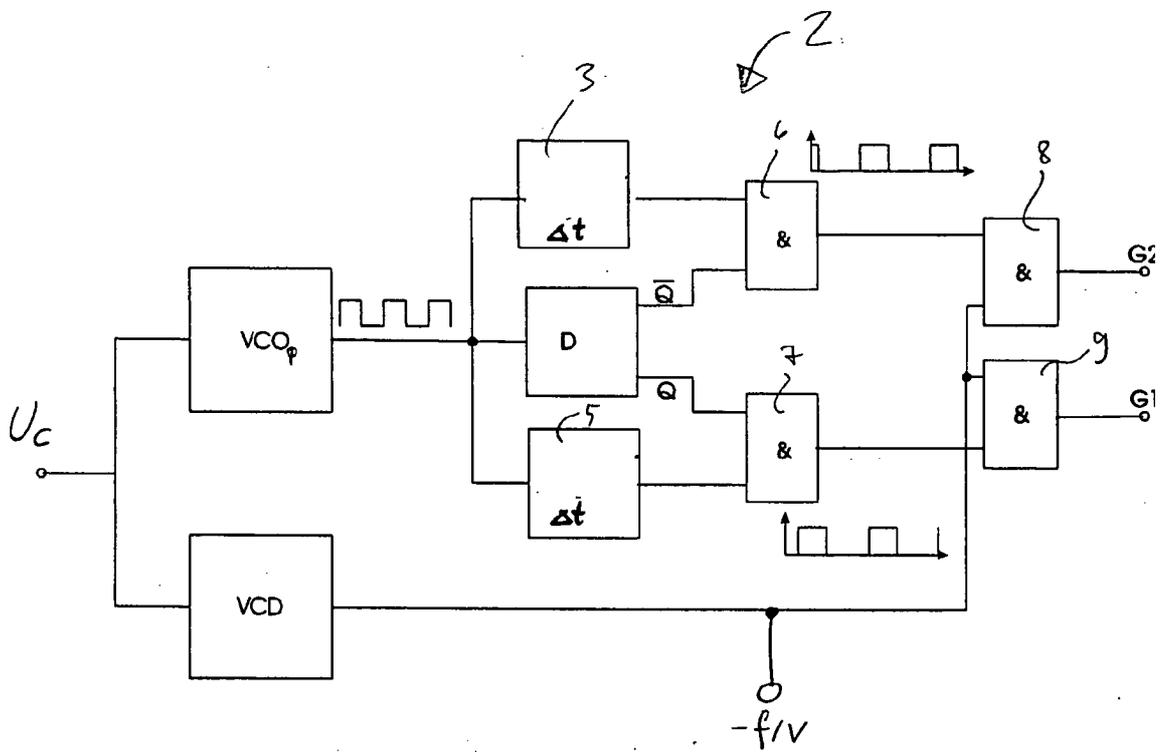
Anhängende Zeichnungen



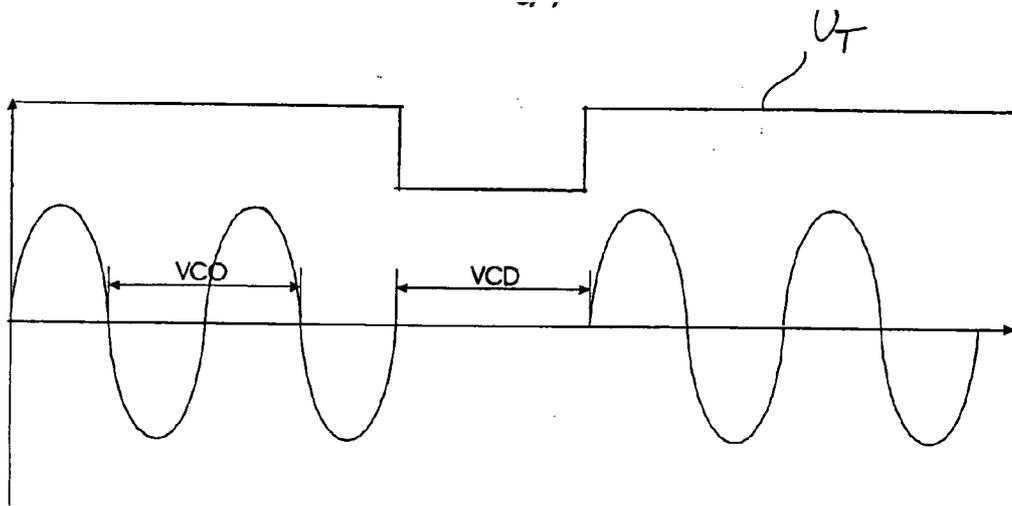
Figur 1a



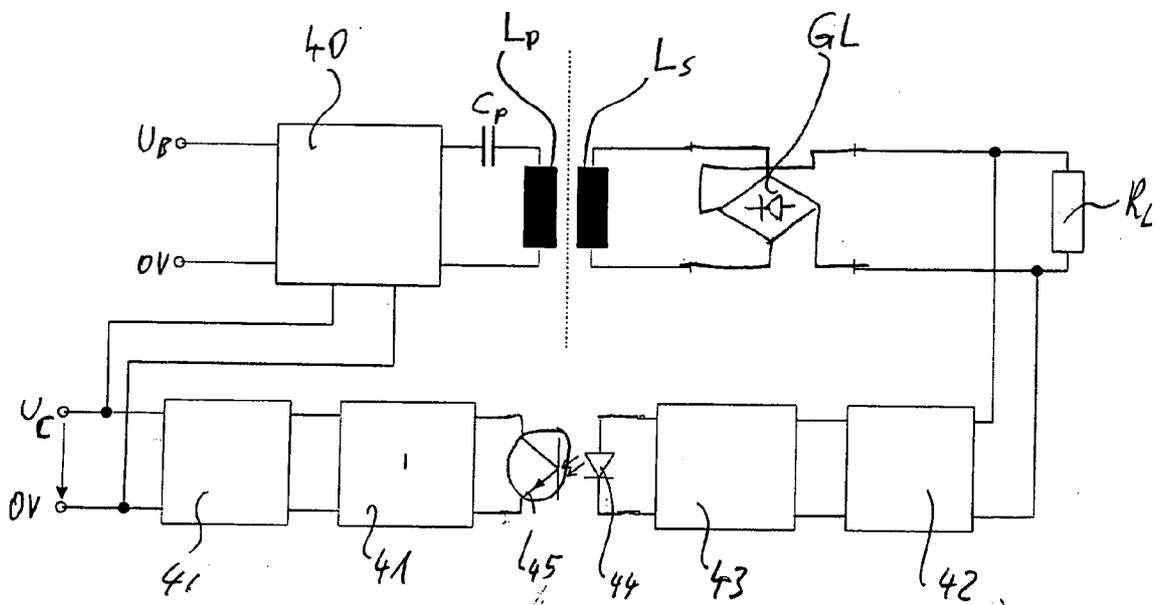
Figur 1b



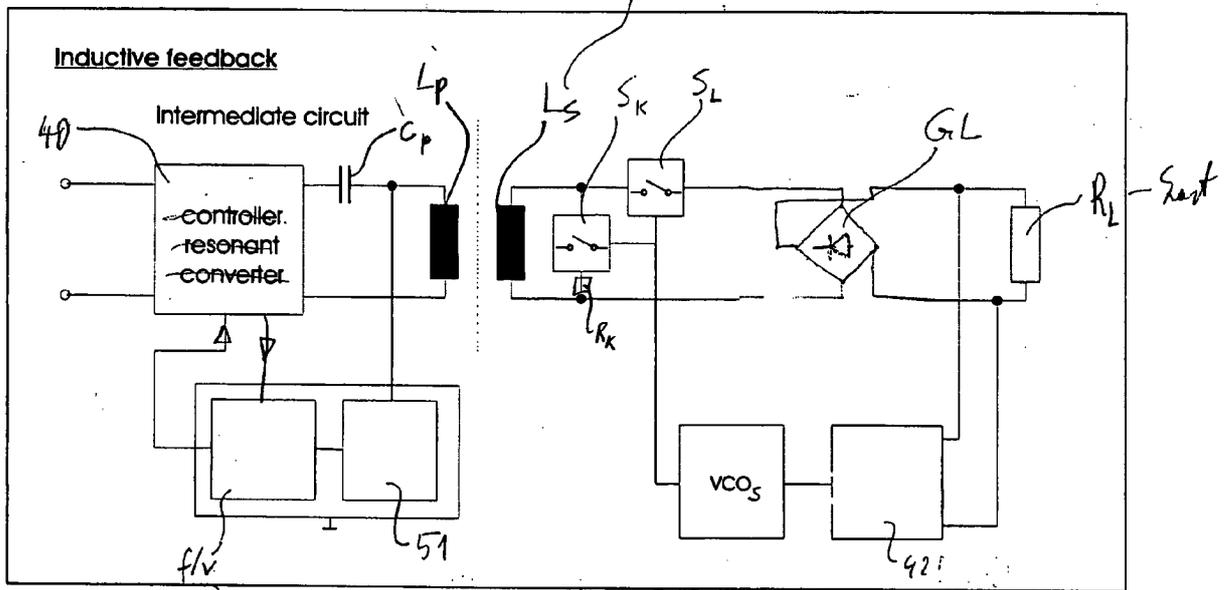
Figur 2



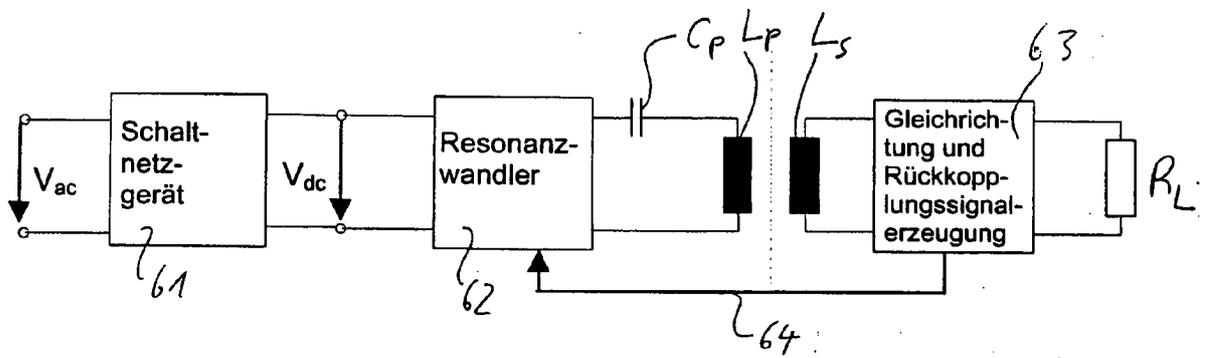
Figur 3



Figur 4



Figur 5



Figur 6

Stand der Technik