



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 119 261.5**

(22) Anmeldetag: **24.11.2011**

(43) Offenlegungstag: **29.05.2013**

(51) Int Cl.: **H02M 7/217 (2011.01)**

(71) Anmelder:
Paul Vahle GmbH & Co. KG, 59174, Kamen, DE

(74) Vertreter:
**Lenzing Gerber Stute Partnerschaftsgesellschaft
von Patentanwälten, 40212, Düsseldorf, DE**

(72) Erfinder:
Turki, Faical Dr., 59192, Bergkamen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

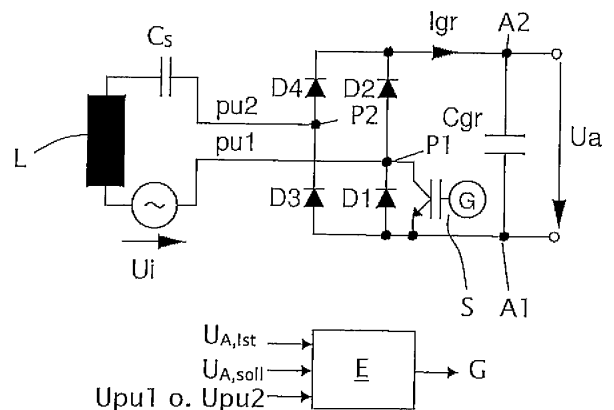
DE	10 2007 002 874	A1
CH	491 526	A
US	7 215 560	B2
US	2006 / 0 220 628	A1
US	2006 / 0 227 577	A1

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

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Gesteuerter Gleichrichter mit einer B2-Brücke und nur einem Schaltmittel**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen sekundärseitigen Gleichrichter eines induktiven Energieübertragungssystems, wobei das Energieübertragungssystem einen einphasigen Resonanzschwingkreis mit mindestens einer Induktivität (L) und mindestens einer Kapazität (C_S) aufweist, welcher mit einem primärseitigen Resonanzschwingkreis magnetisch koppelbar ist, und dass der sekundärseitige Gleichrichter eine B2-Brückenschaltung aus vier Dioden ($D1, D2, D3, D4$) aufweist, die eingangsseitig mit dem sekundärseitigen Resonanzschwingkreis verbunden ist, und deren Ausgangsspannung mindestens ein Glättungskondensator (C_{gr}) glättet, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu einer Diode ($D1, D2, D3, D4$) ein Schaltmittel (S) geschaltet ist, mittels dem die Diode ($D1, D2, D3, D4$) kurzschließbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen sekundärseitigen Gleichrichter eines induktiven Energieübertragungssystems, wobei das Energieübertragungssystem einen einphasigen Resonanzschwingkreis mit mindestens einer Induktivität und mindestens einer Kapazität aufweist, welcher mit einem primärseitigen Resonanzschwingkreis magnetisch koppelbar ist, und dass der sekundärseitige Gleichrichter eine B2-Brückenschaltung aus vier Dioden aufweist, die eingangsseitig mit dem sekundärseitigen Resonanzschwingkreis verbunden ist, und deren Ausgangsspannung mindestens ein Glättungskondensator glättet.

[0002] Bei der kontaktlosen Energieübertragung wird im Allgemeinen eine induzierte Spannung im Sekundärkreis eines Luftspalttrafos gleichgerichtet, wobei die resultierende Gleichspannung anschließend für die Versorgung von Verbrauchern genutzt wird. Ein einfacher Gleichrichter besteht dabei aus einer B2-Brücke aus vier Dioden D1–D4 und einem zusätzlichen Glättungskondensator, wie er in [Fig. 1](#) dargestellt ist. Der Gleichrichter erzeugt dabei eine Gleichspannung, die in erster Linie von der Kopplung zum Primärkreis und auch von der Last abhängig ist. Wenn eine konstante Gleichspannung erforderlich ist, kann die variable Gleichrichter-Spannung U_A über einen nicht dargestellten DC/DC-Wandler eingeregelt werden. Die im Resonanzschwingkreis induzierte Spannung ist durch die Ersatzspannungsquelle U_i repräsentiert. Die Übertragungsfrequenz des Energieübertragungssystems liegt bei Verwendung von Resonanzschwingkreisen im kHz-Bereich.

[0003] Der vorbeschriebene Gleichrichter ist auch zur Gleichrichtung eines induktiven Energieübertragungssystems geeignet, welches einen einphasigen primärseitigen und einen einphasigen sekundärseitigen Resonanzschwingkreis aufweist, welche miteinander magnetisch gekoppelt sind. Die Resonanzschwingkreise können dabei als Parallel- oder Reihenschwingkreise, bestehend aus Induktivitäten und Kapazitäten, ausgebildet sein.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen gesteuerten sekundärseitigen Gleichrichter zur Verfügung zu stellen, mit dem die Ausgangsspannung einregelbar oder einstellbar ist, und der aus wenigen Bauelementen besteht.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem sekundärseitigen Gleichrichter mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Gleichrichters ergeben sich durch die Merkmale der Unteransprüche.

[0006] Der erfindungsgemäße sekundärseitige Gleichrichter zeichnet sich vorteilhaft dadurch aus, dass lediglich ein gesteuertes Schaltmittel benötigt wird, mit dem zwischen zwei Modi hin und her geschaltet werden kann. Das Schaltmittel ist dabei zu einer der Dioden der B2-Brücke parallel geschaltet. Bei offenem Schaltmittel ist die parallele Diode nicht kurzgeschlossen, so dass der sekundärseitige Gleichrichter wie ein herkömmlicher, ungesteuerter B2-Brückengleichrichter arbeitet. In diesem ersten Modus ist somit eine Vollbrücken-Gleichrichtung gegeben. Diese liefert typischerweise eine einfache Spitzenwertgleichrichtung des AC-Wertes mit

$$U_A = \sqrt{2} \cdot U_i \text{ im Leerlauf.}$$

[0007] Im zweiten Modus ist die Diode mittels des Schaltmittels kurzgeschlossen, wodurch der Gleichrichter zusammen mit der mindestens einen Kapazität des sekundärseitigen Resonanzschwingkreises als Spannungsverdoppler arbeitet. Im zweiten Modus stellt sich nach mehreren Schwingungsperioden des Resonanzschwingkreises der doppelte Spannungswert $U_A = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_i$ im Leerlauf ein.

[0008] Durch die Einschaltdauer des Schaltmittels kann somit die Ausgangsspannung zwischen den Werten $U_{A,\min} = \sqrt{2} \cdot U_i$ und $U_{A,\max} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_i$ eingeregelt oder dauerhaft auf $U_{A,\min}$ oder $U_{A,\max}$ geschaltet werden.

[0009] Es ist dabei vorteilhaft, wenn das Schaltmittel, welches geschaltet wird, d. h. beim Schalten des Schaltmittels durch dieses kein Strom fließt und es spannungslos geschaltet wird. Hierdurch ergeben sich vorteilhaft geringe Schaltverluste. Es ist jedoch auch möglich, dass das Schaltmittel hart geschaltet wird.

[0010] Der erfindungsgemäße sekundärseitige Gleichrichter ermöglicht somit mit nur einem zusätzlichen Schaltmittel eine Regelung der Ausgangsspannung in einem genügend großen Stellbereich. Das eine Schaltmittel ersetzt somit vorteilhaft einen sonst notwendigen DC/DC-Wandler.

[0011] Der erfindungsgemäße Gleichrichter zeichnet sich aufgrund der wenigen benötigten Bauelemente, durch eine kleine Bauweise und ein niedriges Gewicht aus und ist zudem in der Herstellung günstig.

[0012] Aufgrund der Möglichkeit den Gleichrichter im Spannungsverdopplermodus zu betreiben, kann die Blindleistung im sekundärseitigen Resonanzkreis vorteilhaft reduziert werden, da die Resonanzkondensatoren lediglich für die Summe der Wirkspannung und halber Blindspannung des herkömmlichen passiven Gleichrichters dimensioniert werden müssen.

[0013] Sofern der erfindungsgemäße Gleichrichter in einer Pickup eingesetzt wird, kann diese vorteilhaft kleiner dimensioniert und günstiger gefertigt werden. Die Erfindung beansprucht gleichsam ein Energieübertragungssystem und eine Pickup, bei dem ein erfindungsgemäßer sekundärer Gleichrichter verwendet wird.

[0014] Nachfolgend wird anhand von Zeichnungen der erfindungsgemäße Gleichrichter näher erläutert.

[0015] Es zeigen:

[0016] **Fig. 1:** Ein durch einen sekundärseitigen Resonanzschwingkreis gespeister ungesteuerter B2U-Brückengleichrichter;

[0017] **Fig. 2:** einen erfindungsgemäßen sekundärseitigen gesteuerten Brückengleichrichter mit einem eine Diode wahlweise kurzschließenden Schaltelement;

[0018] **Fig. 3:** ein Ersatzschaltbild für den zweiten Modus, in dem die Diode mittels des Schaltelementes kurzgeschlossen ist und der Gleichrichter als Spannungsverdoppler arbeitet;

[0019] **Fig. 4:** ein Strom- und Spannungsdiagramm.

[0020] In **Fig. 2** ist das Schaltbild für den erfindungsgemäßen sekundärseitigen Gleichrichter dargestellt. Der Serienresonanzschwingkreis, welcher durch die Induktivität L der Spule und den Resonanzkondensatoren C_S gebildet ist, ist an den Eingangsklemmen P1 und P2 der Diodenbrücke des Gleichrichters angeschlossen. An den Ausgangsklemmen A1, A2 der Diodenbrücke ist ein Glättungskondensator geschaltet. Im Resonanzschwingkreis ist eine Spannungsquelle U_i dargestellt, die die induzierte Spannung repräsentiert.

[0021] Parallel zu einer beliebigen Diode D1 bis D4 ist das Schaltmittel S geschaltet, mit dem sich der Gleichrichter zwischen einem ersten und einem zweiten Modus hin und her schalten lässt. Im ersten Modus, wenn der Halbleiter-Schalter S ausgeschaltet ist, verhält sich der Gleichrichter wie eine B2-Vollbrücke wie sie in **Fig. 1** dargestellt ist. Es stellt sich dann am Ausgang eine Ausgangsspannung

$$U_{A,\min} = \sqrt{2} \cdot U_i$$

ein.

[0022] Wird das Schaltmittel S geschlossen, so ist das Potential in Punkt P1 auf Masse bzw. das Potential der Klemme A1 gezogen und der Gleichrichter befindet sich im zweiten Modus und damit im Verdopplungsmodus. Wird das Schaltmittel S lange ge-

nug geschlossen bzw. eingeschaltet, stellt sich eine Ausgangsspannung

$$U_{A,\max} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_i$$

ein.

[0023] Je nach Einschaltdauer lässt sich somit die Ausgangsspannung U_A auf einen beliebigen Wert zwischen den beiden Grenzwerten $U_{A,\min}$ und $U_{A,\max}$ einregeln.

[0024] Im zweiten Modus fließt durch die Diode D3 die negative Halbwelle der induzierten Spannung, so dass sich der Resonanz-Kondensator C_S auf seinen Spitzenwert auflädt, um hinterher während der positiven Halbwelle über die Diode D4 den Glättungskondensator C_{gr} auf die Summe der induzierten Spannung der positiven Halbwelle und der Resonanz-Kondensatorspannung, die während der negativen Halbwelle gespeichert wurde, aufzuladen, so dass sich nach einigen Schwingungsperioden die Spannung $U_{A,\max}$ einstellt.

[0025] Die **Fig. 4** zeigt die Spannungen und Ströme des umschaltbaren Gleichrichters. Solange das Ansteuersignal G für das Schaltmittel S Null beträgt, sind beide Pole des Schwingkreises im Gegentakt symmetrisch. Die Schaltung befindet sich im Vollbrücken-Modus. Der Gleichrichterstrom, der in den Glättungskondensator fließt, beinhaltet beide Halbperioden. Solange die Antiparalleldiode zum Schalter S Strom leitet, kann der Halbleiter-Schalter S spannungslos eingeschaltet werden. Damit werden Schaltverluste vermieden.

[0026] Zum Zeitpunkt T1 wird das Ansteuersignal G für das Schaltmittel S auf EINS gesetzt, wodurch die Diode D1 durch das Schaltmittel S kurzgeschlossen wird. Der Gleichrichter arbeitet ab dem Zeitpunkt T1 zusammen mit den Kondensatoren C_S des Resonanzschwingkreises als Spannungsverdoppler. Das Potential des Punktes P1 und damit ein Potential des Schwingkreises wird hierdurch – wie dargestellt – auf Masse bzw. auf ein festes Potential gebunden, sofern eine obere Diode mittels des Schaltmittels S kurzgeschlossen wird. Der Gleichrichterstrom I_{gr} fließt nur in der positiven Halbperiode. Da die Ausgangsspannung U_A am Glättungskondensator C_{gr} nicht schlagartig verdoppelt werden kann, steigt der Spitzenstrom und es wird im Mittelwert mehr Leistung an den Ausgangskreis geleitet. Die Ausgangsspannung U_A steigt mit der Zeitkonstante, die sich aus der Güte des gesamten passiven Kreises ergibt. Das Ansteuerungssignal G besitzt in der Regel eine Frequenz, die kleiner ist als die Übertragungsfrequenz des Energieübertragungssystems. Wie bereits erläutert, kann über die Einschalt-/Ausschaltdauer des Halbleiterschalters S die Größe der Ausgangsspannung U_A

oder der Ausgangsstrom des Gleichrichters geregelt werden.

Patentansprüche

1. Sekundärseitiger Gleichrichter eines induktiven Energieübertragungssystems, wobei das Energieübertragungssystem einen einphasigen Resonanzschwingkreis mit mindestens einer Induktivität (L) und mindestens einer Kapazität (C_S) aufweist, welcher mit einem primärseitigen Resonanzschwingkreis magnetisch koppelbar ist, und dass der sekundärseitige Gleichrichter eine B2-Brückenschaltung aus vier Dioden (D1, D2, D3, D4) aufweist, die eingangsseitig mit dem sekundärseitigen Resonanzschwingkreis verbunden ist, und deren Ausgangsspannung mindestens ein Glättungskondensator (C_{gr}) glättet, **dadurch gekennzeichnet**, dass parallel zu einer Diode (D1, D2, D3, D4) ein Schaltmittel (S) geschaltet ist, mittels dem die Diode (D1, D2, D3, D4) kurzschließbar ist.
2. Sekundärseitiger Gleichrichter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuereinrichtung (E) das Schaltmittel (S) schaltet.
3. Sekundärseitiger Gleichrichter nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (E) das Schaltmittel (S) zum Einregeln einer Soll-Ausgangsspannung ($U_{A,soll}$) oder eines Soll-Ausgangsstroms ansteuert und hierzu die gemessene Ist-Ausgangsspannung ($U_{A,ist}$) bzw. den Ist-Ausgangsstrom des Gleichrichters mit der Soll-Ausgangsspannung ($U_{A,soll}$) bzw. dem Soll-Ausgangsstrom vergleicht.
4. Sekundärseitiger Gleichrichter nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (E) das Schaltmittel (S) zur Erhöhung der Ausgangsspannung (U_A) einschaltet, womit die zugehörige Diode (D1) kurzgeschlossen ist.
5. Sekundärseitiger Gleichrichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in einem ersten Modus, bei dem das Schaltmittel (S) ausgeschaltet und somit die zugehörige Diode (D1) nicht kurzgeschlossen ist, der sekundärseitige Gleichrichter ein normaler Gleichrichter ist, und dass in einem zweiten Modus, bei dem das Schaltmittel (S) eingeschaltet und somit die zugehörige Diode (D1) kurzgeschlossen ist, der sekundärseitige Gleichrichter zusammen mit der Kapazität (C_S) des sekundärseitigen Resonanzschwingkreises einen Spannungsverdoppler bildet.
6. Sekundärseitiger Gleichrichter nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleichrichter durch Umschalten zwischen den beiden Modi eine Soll-Ausgangsspannung ($U_{A,soll}$) einregelt.
7. Sekundärseitiger Gleichrichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Schaltmittel (S) über mehr als eine Schwingungsperiode des sekundärseitigen Resonanzschwingkreises geöffnet oder geschlossen ist.
8. Sekundärseitiger Gleichrichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (E) das Schaltmittel (S) in Abhängigkeit der Spannung (U_{pu1} , U_{pu2}) bzw. des Potentials an einer der Eingangsklemmen (P1, P2) der B2-Brückenschaltung und/oder in Abhängigkeit des durch das Schaltmittel (S) fließenden Stroms schaltet.
9. Sekundärseitiger Gleichrichter nach einem Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (E) das Schaltmittel (S) zur Minimierung der Schaltverluste immer nur dann öffnet, wenn der Strom durch das Schaltmittel (S) Null oder nahezu Null ist.
10. Sekundärseitiger Gleichrichter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (E) das nicht geschaltete Potential (U_{pu2}) im Punkt (P2) ermittelt und das Ansteuersignal (G) mit dem Verlauf des Potentials (U_{pu2}) synchronisiert.
11. Sekundärseitiger Gleichrichter nach einem Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung (E) nur dann das Schaltmittel (S) schaltet, wenn das Potential (U_{pu2}) einen Wert von größer als $U_{A,ist}/2$ aufweist.
12. Energieübertragungssystem unter Verwendung eines sekundärseitigen Gleichrichters nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
13. Pickup für ein einphasiges Energieübertragungssystem mit einem sekundärseitigen Gleichrichter nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

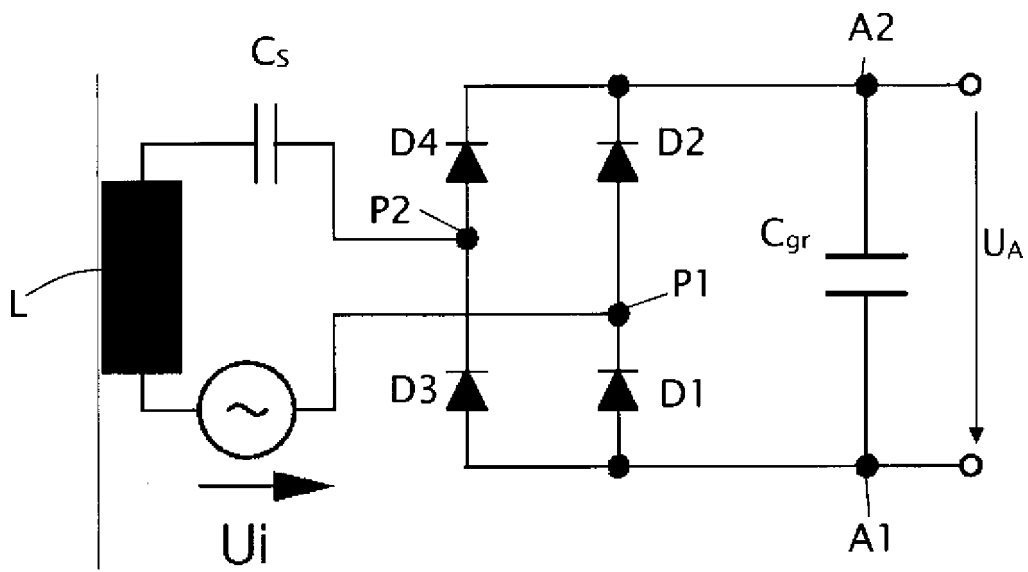


Fig. 1
(Stand der Technik)

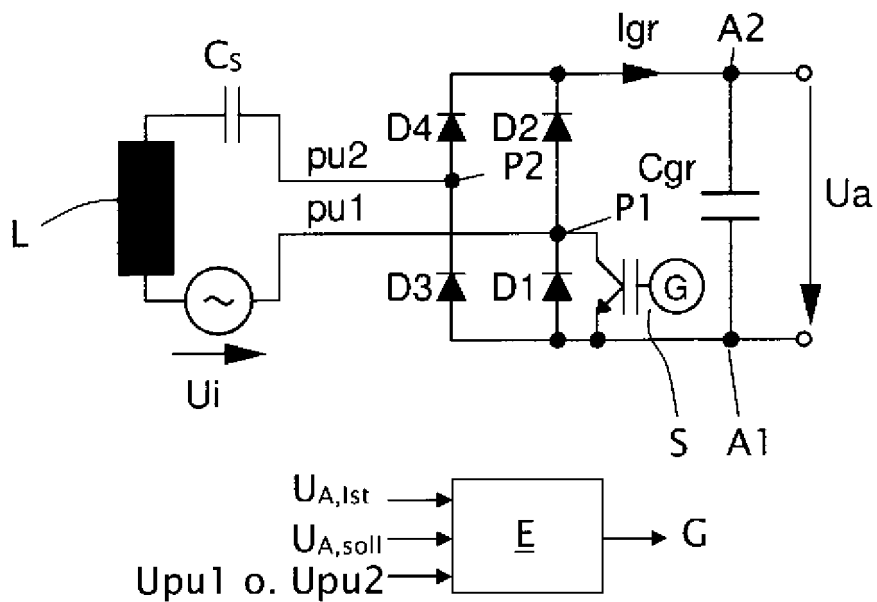


Fig. 2

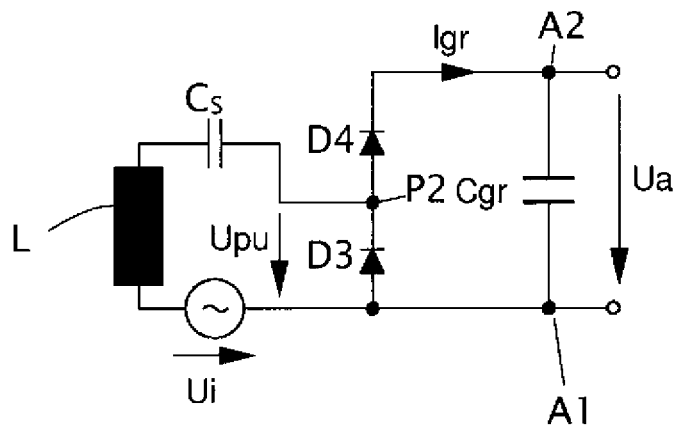


Fig. 3

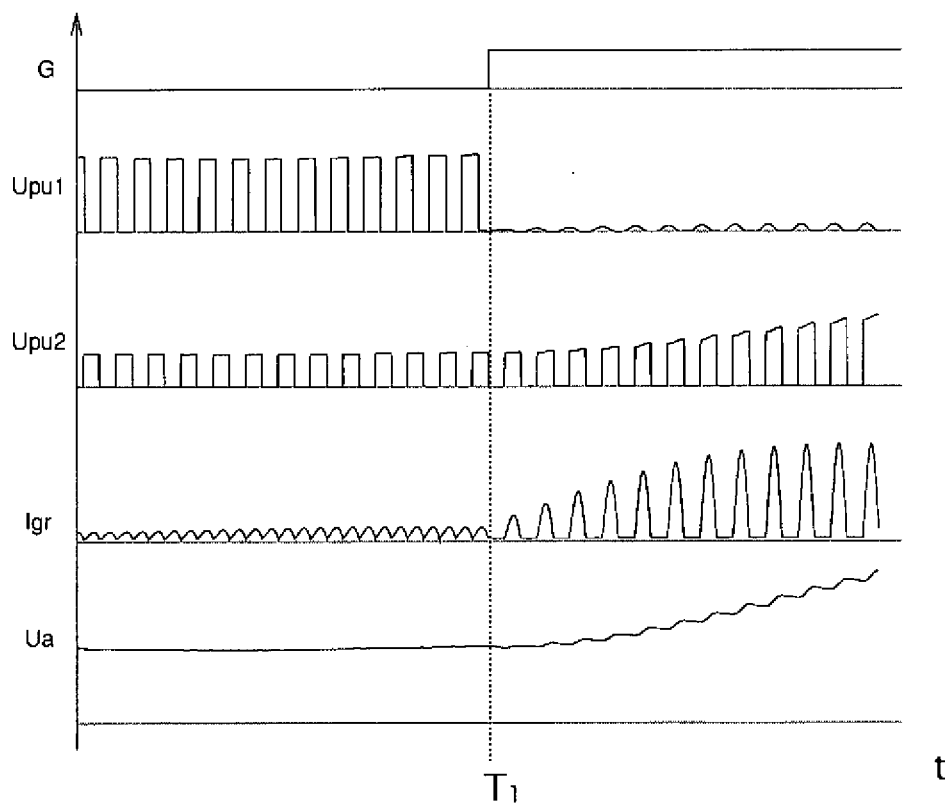


Fig. 4