

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50706/2017
(22) Anmeldetag: 24.08.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(51) Int. Cl.: H02M 1/08 (2006.01)
H02M 3/337 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2006109696 A1
US 2007081364 A1
WO 2016007835 A1
US 5539630 A

(73) Patentinhaber:
Lunatone Industrielle Elektronik GmbH
1220 Wien (AT)

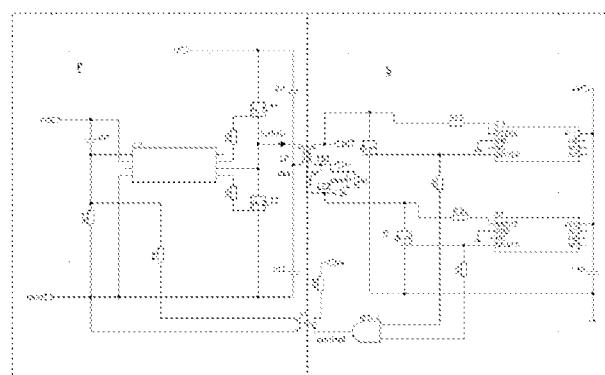
(72) Erfinder:
Mair Alexander
2285 Breitstetten (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwaltskanzlei Matschnig & Forsthuber
OG
1010 Wien (AT)

(54) Variabel getakteter Gegentaktflusswandler

(57) Die Erfindung betrifft einen variabel getakteten Gegentaktflusswandler mit Halbbrückensteuerung, umfassend einen mit einem Gleichspannungsversorgungseingang (V15) verbindbaren Primärschaltkreis (P) und einen mit dem Primärschaltkreis (P) magnetisch gekoppelten Sekundärschaltkreis (S) zur Versorgung eines Spannungsausgangs (V+) mittels einer gewandelten Gleichspannung, wobei eine Primärspule (LP) des Primärschaltkreises (P) wechselweise mit positiven und negativen Spannungsböcken entsprechend einem durch einen steuerbaren Steueroszillator (IC2) vorgebbaren Takt über einen an den Gleichspannungsversorgungseingang (V15) anlegbare Gleichspannung bestrombar ist, wobei der Sekundärschaltkreis (S) zumindest zwei mit der Primärspule (LP) magnetisch gekoppelte Spulen aufweist, nämlich eine erste Sekundärspule (LS1) und eine zweite Sekundärspule (LS2), über die der Spannungsausgang (V+) wechselweise elektrisch versorgbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass eine Überwachungseinrichtung (IC4, IC1, IC7-A) zur Erfassung der Ströme durch die erste und zweite Sekundärspule (LS1, LS2) vorgesehen ist, wobei die Überwachungseinrichtung bei Feststellen von Stromfreiheit der beiden Spulen (LS1, LS2) ein

Steuersignal (control) an den Steueroszillator (IC2) ausgibt, das den Steueroszillator (IC2) zum Wechseln des Vorzeichens des vorliegenden Spannungsblockes veranlasst.



Beschreibung

VARIABEL GETAKTETER GEGENTAKTFLUSSWANDLER

[0001] Die Erfindung betrifft einen variabel getakteten Gegentaktflusswandler mit Halbbrücken-ansteuerung, umfassend einen mit einem Gleichspannungsversorgungseingang verbindbaren Primärschaltkreis und einen mit dem Primärschaltkreis magnetisch gekoppelten Sekundärschaltkreis zur Versorgung eines Spannungsausgangs mittels einer gewandelten Gleichspannung, wobei eine Primärspule des Primärschaltkreises wechselweise mit positiven und negativen Spannungsblöcken entsprechend einem durch einen steuerbaren Steueroszillator vorgebbaren Takt über eine an den Gleichspannungsversorgungseingang anlegbare Gleichspannung bestrombar ist, wobei der Sekundärschaltkreis zumindest zwei mit der Primärspule magnetisch gekoppelte Spulen aufweist, nämlich eine erste Sekundärspule und eine zweite Sekundärspule, über die der Spannungsausgang wechselweise elektrisch versorgbar ist.

[0002] Dokumente US 2006109696 A1, WO 2016007835 A1 sowie US 5539630 A betreffen jeweils Wandler gemäß dem Stand der Technik. Dokument US 2007081364 A1 offenbart einen Optokoppler.

[0003] Herkömmliche Gegentaktflusswandler arbeiten mit einer festgelegten Taktrate. Dabei wird durch einen Steueroszillator die Zeitdauer einer Halbwelle vorgegeben, innerhalb der ein positiver oder negativer Spannungsblock zur Versorgung einer Primärspule herangezogen wird, über die Energie an die Sekundärseite des Gegentaktflusswandlers abgegeben.

[0004] Der durch die Primärspule aufgenommene Strom setzt sich dabei durch den Magnetisierungsstrom und den sekundärseitig abgegebenen Laststrom zusammen. Durch die festgelegte Taktrate tritt die Situation ein, dass die sekundärseitige Ladung eines den Ausgang stützenden Kondensators bereits abgeschlossen ist und eingangsseitig nur noch Magnetisierungsstrom fließt. Dies führt zu erhöhten Stromamplituden bzw. zur Erhöhung des Effektivwertes des durch den Gegentaktflusswandler aufgenommenen Stromes, wodurch beträchtliche Wandlungsverluste entstehen.

[0005] Bisher wurde davon ausgegangen, dass Gegentaktflusswandler nur noch durch Verbesserung der eingesetzten Materialien und der Auslegung der Parameter, wie Streuinduktivität, Brückchenkapazität und Ausgangskapazität hinsichtlich ihres Wirkungsgrades verbessert werden können.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung einen Gegentaktflusswandler zu schaffen, der hinsichtlich seines Wirkungsgrades verbessert ist.

[0007] Diese Aufgabe wird mit einem Gegentaktflusswandler der eingangs genannt Art gelöst, der erfindungsgemäß eine Überwachungseinrichtung zur Erfassung der Ströme durch die erste und zweite Sekundärspule aufweist, wobei die Überwachungseinrichtung bei Feststellen von Stromfreiheit der beiden Spulen ein Steuersignal an den Steueroszillator ausgibt, das den Steueroszillator zum Wechseln des Vorzeichens des vorliegenden Spannungsblockes veranlasst. Durch diese erfindungsgemäßen Merkmale wird vermieden, dass die Zeitdauer eines positiven oder negativen Spannungsblockes zur Versorgung der Primärspule nur solange andauert, so lange Laststrom durch die Primärspule an die Sekundärspulen geliefert wird. Sobald primärseitig nur noch Magnetisierungsstrom fließt (und die Sekundärspulen daher stromfrei sind), wird dies durch die Überwachungsvorrichtung festgestellt und ein Vorzeichenwechsel des die Primärspule versorgenden Spannungsblockes veranlasst. Dadurch kann der Effektivwert des durch den Gegentaktflusswandler aufgenommenen Stromes möglichst gering gehalten werden, wodurch Wandlungsverluste wie beispielsweise Kupferverluste, Hystereseverluste etc. minimiert werden können.

[0008] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass der Primärschaltkreis und der Sekundärschaltkreis galvanisch getrennt sind, wobei die Überwachungseinrichtung dem Sekundärkreis elektrisch verbunden ist, und das Steuersignal über einen Optokoppler K1 an den Steueroszillator der

Primärseite übertragen wird.

[0009] Zudem kann vorgesehen sein, dass der Spannungsausgang durch einen Kondensator gestützt ist.

[0010] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der durch den Steueroszillator vorgegebene Takt in einem Taktbereich zwischen 50 kHz und 1 MHz liegt.

[0011] Zudem kann vorgesehen sein, dass eine an dem Gleichspannungseingang angelegte Spannung mittels zweier in Serie und gegen Masse geschalteter Kondensatoren im Sinne der Halbbrückenschaltung im Wesentlichen halbiert und einem Wicklungsende der Primärspule zugeführt ist, wobei die Kondensatoren gleiche Kapazität aufweisen, wobei das verbleibende Wicklungsende der Primärspule über zwei zwischen Gleichspannungseingang und Masse in Serie liegende Transistoren, insbesondere Mosfet-Transistoren, wechselweise mit Masse oder dem Gleichspannungseingang verbindbar ist.

[0012] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die wechselweise Versorgung des Spannungsausgangs mittels der Sekundärspulen jeweils mit einem mit der jeweiligen Sekundärspule in Serie geschalteten Transistor, insbesondere Mosfet-Transistor, erfolgt.

[0013] Zudem kann vorgesehen sein, dass die Überwachungseinrichtung zwei integrierte Schaltkreisbausteine umfasst, wobei jedem Schaltkreisbaustein ein zu einem Strom einer jeweiligen Sekundärspule korrespondierendes Signal zugeführt ist.

[0014] Die Erfindung ist im Folgenden anhand einer beispielhaften und nicht einschränkenden Ausführungsform näher erläutert, die in den Figuren veranschaulicht ist. Darin zeigt

[0015] Figur 1 ein Ersatzschaltbild eines erfindungsgemäßen Gegentaktwandlers mit Halbbrückenansteuerung,

[0016] Figur 2 Strom- und Spannungsverläufe eines herkömmlichen Gegentaktwandlers mit Halbbrückenansteuerung im Leerlauf,

[0017] Figur 3 Strom- und Spannungsverläufe eines herkömmlichen Gegentaktwandlers mit Halbbrückenansteuerung im Lastfall, und

[0018] Figur 4 Strom- und Spannungsverläufe des erfindungsgemäßen Gegentaktwandlers im Lastfall.

[0019] Figur 1 zeigt ein Ersatzschaltbild eines erfindungsgemäßen Gegentaktwandlers mit Halbbrückenansteuerung. Der Gegentaktflusswandler umfasst einen mit einem Gleichspannungsversorgungseingang V15 verbindbaren Primärschaltkreis P und einen mit dem Primärschaltkreis P magnetisch gekoppelten Sekundärschaltkreis S zur Versorgung eines Spannungsausgangs V+ mittels einer gewandelten Gleichspannung.

[0020] Hierzu wird eine Primärspule LP des Primärschaltkreises P wechselweise mit positiven und negativen Spannungsblöcken entsprechend einem durch einen steuerbaren Steueroszillator IC2 vorgebbaren Takt über eine an den Gleichspannungsversorgungseingang V15 anlegbare Gleichspannung bestromt. Der Sekundärschaltkreis S weist zumindest zwei mit der Primärspule LP magnetisch gekoppelte Spulen auf, nämlich eine erste Sekundärspule LS1 und eine zweite Sekundärspule LS2, über die der Spannungsausgang V+ wechselweise elektrisch versorgt wird.

[0021] Im Gegensatz zu herkömmlichen halbrückengesteuerten Gegentaktflusswandlern weist der vorliegende erfindungsgemäße Gegentaktflusswandler eine Überwachungseinrichtung zur Erfassung der durch die erste und zweite Sekundärspule LS1 und LS2 fließenden Ströme auf, indem die hierzu korrespondierende Spannung an den den Spulen zugeordneten Leistungsschaltern T8 und T9 (diese werden zum Zwecke des Energieflusses durch die jeweilige Spule entsprechend durchgeschaltet) über entsprechende integrierte Schaltkreise IC4 und IC1 erfasst wird, wobei Feststellen von Stromfreiheit durch den jeweiligen Schaltkreis ein Freigabesignal an einen nachgeschalteten „Und“-Baustein IC7-A geliefert wird, der die Signale von IC4 und IC1 miteinander logisch in Form einer Und-Funktion verknüpft und im Falle des zeitgleichen Vorliegens beider Freigabesignale über den Optokoppler K1 ein Steuersignal „control“ an den Steueroszillator IC2

ausgibt, das den Steueroszillator IC2 zum Wechseln des Vorzeichens des vorliegenden Spannungsblockes veranlässt. Hierzu werden wechselweise die Transistoren T1 oder T3 durchgeschaltet, mit der ein Anschluss der Primärspule LP entweder gegen Masse oder gegen die Eingangsspannung V15 geschaltet wird. Der verbleibende Anschluss der Primärspule LP ist durch eine Kondensatorbrückenschaltung gebildet aus den Kondensatoren C11 und C13 versorgt, mit der die Eingangsspannung an VZ im Wesentlichen halbiert wird (siehe Spannungsniveau Up1).

[0022] Die Überwachungseinrichtung wird im vorliegenden Fall durch die Schaltkreise IC3, IC1 sowie IC7 ausgebildet. Natürlich kann die Überwachungsvorrichtung aber ebenso in anderer Form ausgebildet sein.

[0023] Der Spannungsausgang V+ wird durch einen Kondensator CV+ gestützt und versorgt im vorliegenden Beispiel eine Last RL.

[0024] Figur 2 zeigt Strom- und Spannungsverläufe eines herkömmlichen Gegentaktwandlers mit Halbbrückensteuerung gemäß dem Stand der Technik im Leerlauf. Dieser herkömmliche Gegentaktwandler weist im Gegensatz zur vorliegenden Erfindung keine Überwachungseinrichtung auf und ist in den Figuren nicht näher dargestellt. Er weist allerdings analog zur vorliegenden Erfindung eine Halbbrückensteuerung, einen Primärkreis und einen Sekundärkreis auf, weshalb die zugehörigen Bezeichnungen der Spannungen und Ströme analog zu den Bezeichnungen in der vorliegenden Erfindung in den Zeitdarstellungen gemäß Figuren 2 und 3 übernommen wurden und zur Unterscheidung mit einem einfachen Hochkomma ' versehen wurden. Die Spannung am Spannungseingang VZ kann beispielsweise 300 V Gleichspannung betragen und wird durch die Kondensatoren in Brückenschaltung halbiert. Die Spannung Up1' beträgt demnach in etwa 150 V Gleichspannung. Durch den Stromfluss durch die Kondensatoren während des Betriebes der Primärspule weist die Spannung UP1' einen Wechselspannungsanteil auf, der beispielsweise in etwa 10% der Gleichspannung betragen kann. Im Leerlauf fließt lediglich der Magnetisierungsstrom I_M' . Die Spannung ULP1' liegt an der Primärspule an und legt gemeinsam mit der Induktivität des Wandlers die zeitliche Änderungsrate des Magnetisierungsstroms I_M' fest, der im Leerlauf in Folge der positiven und negativen Spannungsblöcke von ULP1' einen dreieckförmigen Verlauf aufweist.

[0025] Figur 3 zeigt die Strom- und Spannungsverläufe des herkömmlichen Gegentaktwandlers mit Halbbrückensteuerung im Lastfall. Darin ist erkennbar, dass mit Beginn eines jeden Spannungsblocks von ULP1' die Primärspule mit einem Strom I_{LP}' bestromt wird, der sich aus dem Laststrom I_L und dem Magnetisierungsstrom I_M zusammensetzt. Der Zeitpunkt des Beginns einzelner Spannungsblöcke wurde in Figur 3 beispielhaft jeweils als $t_{Ladebeginn}$ bezeichnet. Der Laststrom I_L ist zum Zeitpunkt $t_{Ladeende}$ gleich null - es fließt nunmehr keine Energie von der Primärseite hin zur Sekundärseite. Der vorliegende herkömmliche Gegentaktwandler speist dennoch weiterhin Magnetisierungsstrom in die Primärspule, bis das Ende der festgelegten Zeitdauer eines Spannungsblocks erreicht wird und durch Wechsel auf den nächsten Spannungsblock ein erneuter Ladevorgang eingeleitet wird.

[0026] Im Gegensatz dazu ist bei der vorliegenden Erfindung vorgesehen, dass unmittelbar nach Erreichen des Zeitpunkts $t_{Ladeende}$ ein Wechsel des Spannungsblockes eingeleitet wird, wodurch die Zeitdauer zwischen Ladeende und Ladebeginn (in Figuren 3 und 4 als $t_{Totzeit}$ bezeichnet) minimiert wird, wodurch ein zwischenzeitlicher Leerlauf des Gegentaktwandlers, in dem kein Energiefluss an die Sekundärseite erfolgt, vermieden wird und dadurch der Effektivwert des Stromes gesenkt werden kann. Figur 4 zeigt hierzu einen Ausschnitt eines Spannungsblockes der Spannung U_{LP1} an der Primärspule LP bzw. eines zugehörigen Stromverlaufes I_{LP} durch die Primärspule LP im Lastfall. Erfindungsgemäß wird dabei der Zeitpunkt $t_{Ladeende}$ aufgrund von Stromfreiheit der Sekundärspulen erkannt und mittels der Überwachungseinrichtung ein vorzeitiger Wechsel des Vorzeichens des Spannungsblockes veranlasst, sodass die zwischen Ladeende und Ladebeginn liegende Zeitdauer $t_{Totzeit}$ minimiert wird und dadurch ein zeitlich weitgehend unterbrechungsfreier Energiefluss von der Primärseite hin zur Sekundärseite realisiert ist, sodass der Effektivwert von I_{LP} gesenkt wird und damit Verluste minimiert werden. Damit ist die Taktzeit der erfindungsgemäßen Gegentaktwandlers variabel, wobei zur Festlegung der tatsächlichen Takt-

dauer ein Feststellen der Beendigung des Energieflusses von Primär- zu Sekundärseite innerhalb eines Spannungsblockes herangezogen wird. Die Frequenz des Gegentaktflusswandlers kann dabei beispielsweise um bis zu 20% variieren. Im vollständigen Leerlaufbetrieb (also ohne vorhergehenden Lastfluss innerhalb eines Spannungsblockes) hingegen kann eine Ansteuerung des aktiven Gleichrichters entfallen - eine Optimierung des Wirkungsgrades ist in diesem Zustand auch nicht erforderlich.

[0027] Anders ausgedrückt handelt es sich bei der Erfindung um die Schaffung eines optimierten Betriebszustand eines elektronischen Transformators in halbbrücken Ausführung, wobei die Halbbrückenkapazität und die Streuinduktivität des Transformators und die Betriebsfrequenz so gewählt werden können, dass der sekundäre Strom jeweils vor Ende der Halbperiode den Nullpunkt erreicht. Um dies über die Temperatur, allen Lastfällen und Bauteiltoleranzen zu erreichen ist, kann eine Auswertung und logische Verknüpfung der Ventil Steuersignale und Übertragung dieser Information an den primären Steueroszillator vorgesehen sein. Durch diese vom Synchrongleichrichter abgeleitete Steuerung der Betriebsfrequenz wird ein Maximum des Stromeffektivwertes erreicht damit verbunden ist ein Minimum an Kupferverlusten im Trafo bei gleichzeitig spannungsfreiem Schalten der Halbbrückentransistoren und stromfreiem Schalten des Gleichrichters.

[0028] In Anbetracht dieser Lehre ist der Fachmann in der Lage, ohne erfinderisches Zutun zu anderen, nicht gezeigten Ausführungsformen der Erfindung zu gelangen. Die Erfindung ist daher nicht auf die gezeigte Ausführungsform beschränkt. Auch können einzelne Aspekte der Erfindung bzw. der Ausführungsform aufgegriffen und miteinander kombiniert werden.

[0029] Wesentlich sind die der Erfindung zugrunde liegenden Gedanken, die durch einen Fachmann in Kenntnis dieser Beschreibung in mannigfaltiger Weise ausgeführt werden können und trotzdem als solche aufrechterhalten bleiben. Etwaige Bezugszeichen in den Ansprüchen sind beispielhaft und dienen nur der einfacheren Lesbarkeit der Ansprüche, ohne diese einzuschränken.

Patentansprüche

1. Variabel getakteter Gegentaktflusswandler mit Halbbrückenansteuerung, umfassend einen mit einem Gleichspannungsversorgungseingang (V15) verbindbaren Primärschaltkreis (P) und einen mit dem Primärschaltkreis (P) magnetisch gekoppelten Sekundärschaltkreis (S) zur Versorgung eines Spannungsausgangs (V+) mittels einer gewandelten Gleichspannung, wobei eine Primärspule (LP) des Primärschaltkreises (P) wechselweise mit positiven und negativen Spannungsblöcken entsprechend einem durch einen steuerbaren Steueroszillator (IC2) vorgebbaren Takt über eine an den Gleichspannungsversorgungseingang (V15) anlegbare Gleichspannung bestrombar ist, wobei der Sekundärschaltkreis (S) zumindest zwei mit der Primärspule (LP) magnetisch gekoppelte Spulen aufweist, nämlich eine erste Sekundärspule (LS1) und eine zweite Sekundärspule (LS2), über die der Spannungsausgang (V+) wechselweise elektrisch versorgbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Überwachungseinrichtung (IC4, IC1, IC7-A) zur Erfassung der Ströme durch die erste und zweite Sekundärspule (LS1, LS2) vorgesehen ist, wobei die Überwachungseinrichtung bei Feststellen von Stromfreiheit der beiden Spulen (LS1, LS2) ein Steuersignal (control) an den Steueroszillator (IC2) ausgibt, das den Steueroszillator (IC2) zum Wechseln des Vorzeichens des vorliegenden Spannungsblockes veranlässt.
2. Gegentaktflusswandler nach Anspruch 1, wobei der Primärschaltkreis (P) und der Sekundärschaltkreis (S) galvanisch getrennt sind, wobei die Überwachungseinrichtung (IC4, IC1, IC7-A) mit dem Sekundärschaltkreis elektrisch verbunden ist, und das Steuersignal (control) über einen Optokoppler (K1) an den Steueroszillator (IC2) des Primärschaltkreises (P) übertragen wird.
3. Gegentaktflusswandler nach Anspruch 1, wobei der Spannungsausgang durch einen Kondensator (CV+) gestützt ist.
4. Gegentaktflusswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der durch den Steueroszillator (IC2) vorgegebene Takt in einem Taktbereich zwischen 50 kHz und 1 MHz liegt.
5. Gegentaktflusswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine an dem Gleichspannungseingang (VZ) angelegte Spannung mittels zweier in Serie und gegen Masse geschalteter Kondensatoren (C11, C13) im Sinne der Halbbrückenschaltung im Wesentlichen halbiert und einem Wicklungsende der Primärspule (LP) zugeführt ist, wobei die Kondensatoren (C11, C13) gleiche Kapazität aufweisen, wobei das verbleibende Wicklungsende der Primärspule (LP) über zwei zwischen Gleichspannungseingang (VZ) und Masse (GNDZ) in Serie liegende Transistoren (T1, T3), insbesondere Mosfettransistoren, wechselweise mit Masse (GNDZ) oder dem Gleichspannungseingang (V15) verbindbar ist.
6. Gegentaktflusswandler nach Anspruch 5, wobei die wechselweise Versorgung des Spannungsausgangs (V+) mittels der Sekundärspulen (LS1, LS2) jeweils mit einem mit der jeweiligen Sekundärspule (LS1, LS2) in Serie geschalteten Transistor (T8, T9), insbesondere Mosfettransistor, erfolgt.
7. Gegentaktflusswandler nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Überwachungseinrichtung (IC4, IC1, IC7-A) zumindest zwei integrierte Schaltkreisbausteine (IC4, IC1) umfasst, wobei jedem Schaltkreisbaustein (IC4, IC1) ein zu einem Strom einer jeweiligen Sekundärspule (LS1, LS2) korrespondierendes Signal zugeführt ist.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

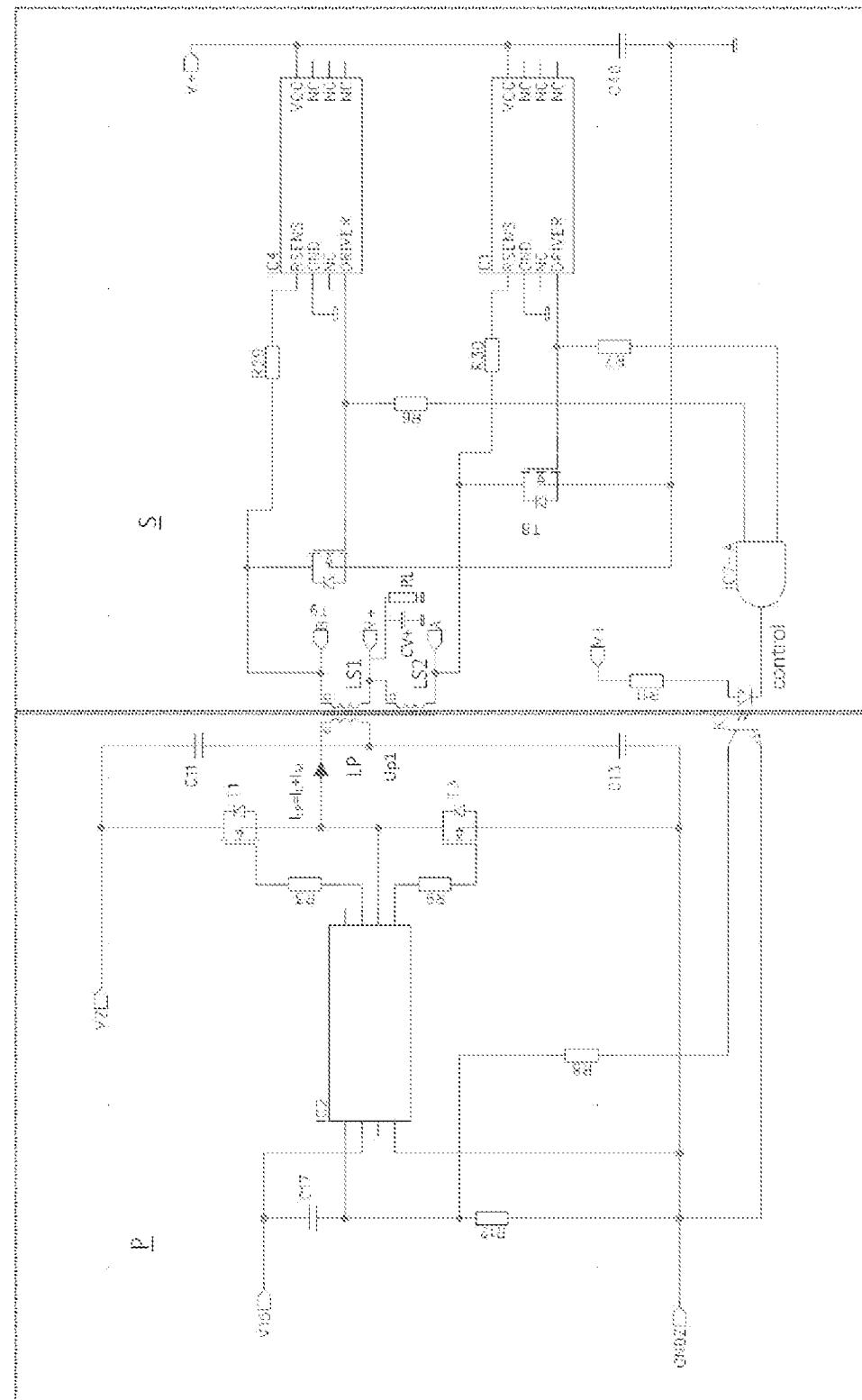


Fig. 1

2/3

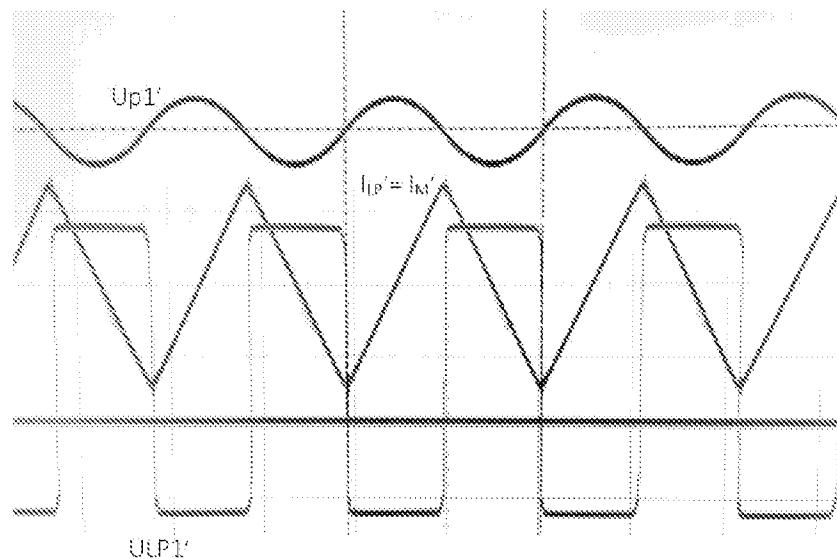


Fig. 2

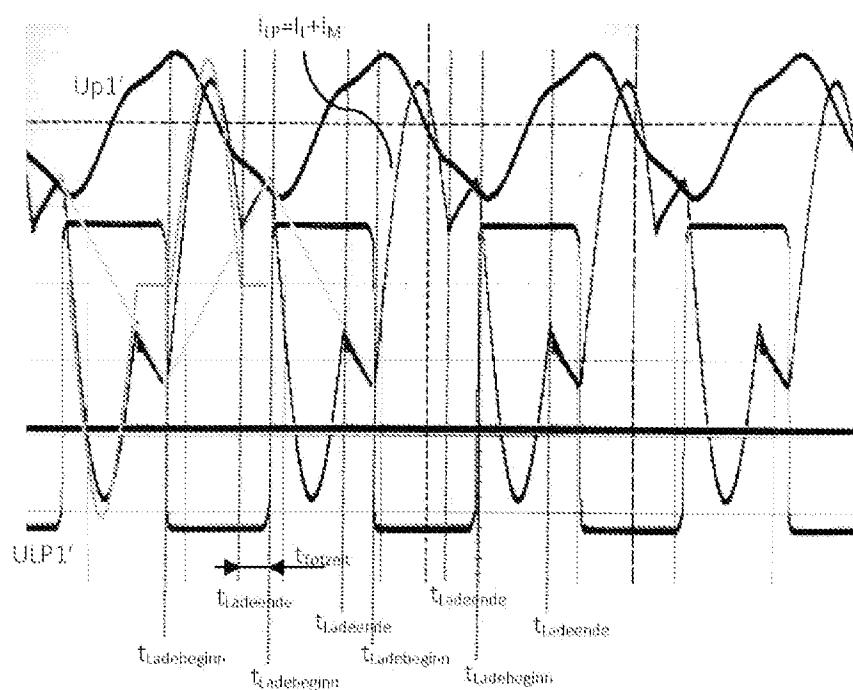


Fig. 3

3/3

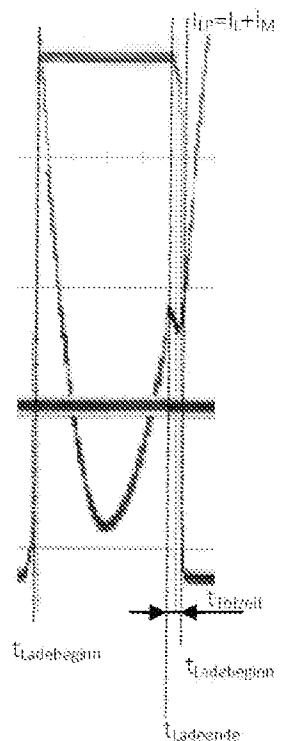


Fig. 4