



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **696 572 A5**

(51) Int. Cl.: **H03F** **3/217** (2006.01)
H03G **1/00** (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-lichtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Gesuchsnummer: 00573/03

(73) Inhaber:
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich,
Rämistrasse 101
8092 Zürich (CH)

(22) Anmeldedatum: 02.04.2003

(24) Patent erteilt: 31.07.2007

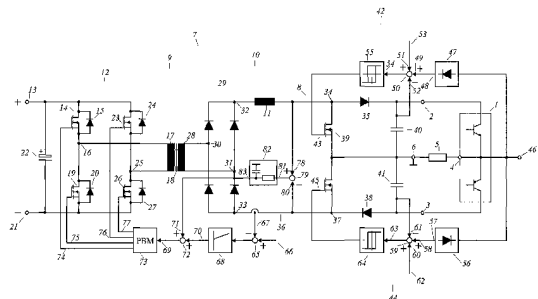
(72) Erfinder:
Johann W. Kolar, 8044 Zürich (CH)
Guanghai Gong, 8052 Zürich (CH)

(45) Patentschrift veröffentlicht: 31.07.2007

(54) Vorrichtung zur Potentialtrennung und ausgangssignalabhängigen Führung der Versorgungsspannungen eines Linear-Leistungsverstärkers.

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (7) zur Erzeugung und Potentialtrennung der Versorgungsteilspannungen eines Linear-Leistungsverstärkers (1), welche durch einen Durchflusswandler (9), einen Stromzwischenkreis (10) und einen Dreipunkt-Hochsetzsteller (8) gebildet wird. Der durch die Zwischenkreisinduktivität eingeprägte Strom wird durch den Durchflusswandler (9) geregelt und wird bei Durchschalten des unteren Hochsetzstellertransistors und Sperren des oberen Hochsetzstellertransistors (39) in die obere, durch einen Folienkondensator (40) geglättete Versorgungsteilspannung und bei Sperren des unteren und Durchschalten des oberen Hochsetzstellertransistors in den unteren Folienkondensator (41) gelenkt. Die Regelung der Versorgungsteilspannungen wird als Toleranzbandregelung ausgeführt. Für die Erzeugung der Spannungssollwerte wird der Sollwert (46) der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers über Einweggleichrichtungen (47, 56) geführt und so z.B. ein oberes Gleichrichtersignal (48) gebildet, welches einem positiven Ausgangsspannungssollwert folgt und für negative Ausgangsspannungssollwerte den Wert Null aufweist. Für die Bildung des Sollwertes der oberen Versorgungsteilspannung wird zu diesem oberen Gleichrichtersignal (48) ein positives Offsetsignal (53) addiert, welches sicherstellt, dass die obere Versorgungsteilspannung geringfügig über dem Linear-Leistungsverstärker-Ausgangsspannungssollwert liegt. Die Regelung der unteren Versorgungsteilspannung erfolgt in sinngemäss gleicher

Weise. Damit wird die Spannung über den Transistoren des Linear-Leistungsverstärkers auf geringe Werte reduziert, womit gegenüber konstanter Versorgungsteilspannung eine relativ geringe Verlustleistung auftritt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Potentialtrennung und ausgangssignalabhängigen Führung der Versorgungsspannungen eines Linear-Leistungsverstärkers, die eine Verringerung der Baugrösse und der Verluste des Leistungsverstärkers ermöglicht, wie sie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

Stand der Technik

[0002] Gemäss dem Stand der Technik werden zur Erzeugung sinusförmiger Prüfspannungen geringen Oberschwingungsgehaltes und hoher Frequenz lineare Leistungsverstärker eingesetzt. Die Last wird dabei zwischen den Verstärkerausgang und den Mittelpunkt der Versorgungsspannung gelegt, die aus einer gleich hohen positiven und negativen Teilspannung gebildet wird. Bei ohmscher Last wird dann für positiven Laststrom nur der positiven Versorgungsteilspannung und für negativen Laststrom nur der negativen Versorgungsteilspannung Strom entnommen, bei induktivem oder kapazitivem Lastanteil tritt z.B. innerhalb der positiven Lastspannungshalbschwingung eine Belastung beider Versorgungsteilspannungen auf, wobei diesen in jedem Fall Leistung entnommen wird und auch keine temporäre Rücklieferung von Energie der Last an die Versorgungsspannung gegeben ist.

[0003] Für ausgangsspannungsunabhängig konstante positive und negative Versorgungsteilspannung treten bei kleinen Ausgangsspannungen und hohen Ausgangsströmen hohe Verluste auf, die einen entsprechend hohen Kühlaufwand bedingen bzw. in einem hohen Kühlkörpervolumen Ausdruck finden. Weiters ist durch die meist netzfrequente Potentialtrennung der Versorgungsspannungen eine hohe Baugrösse bzw. ein hohes Gewicht linearer Leistungsverstärker bedingt.

Detaillierte Darstellung der Erfindung

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung zur Erzeugung der Versorgungsteilspannungen eines Linear-Leistungsverstärkers zu schaffen, welche eine hochfrequente Potentialtrennung vornimmt und die Teilspannungen derart regelt, dass über dem jeweils stromführenden Transistor des Linear-Leistungsverstärkers eine relative geringe Spannung auftritt und so dessen Verluste gegenüber konstanter Versorgungsspannung wesentlich verringert werden.

[0005] Erfindungsgemäss wird dies durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht, weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind dem abhängigen Patentanspruch 2 zu entnehmen.

[0006] Grundgedanke der Erfindung ist es, zur Erzeugung der Versorgungsteilspannungen einen Durchflusswandler mit ausgangsseitig integriertem Dreipunkt-Hochsetzsteller einzusetzen, wobei beide Systeme hochfrequent getaktet werden und die Ausgangsinduktivität des Durchflusswandlers auch als Hochsetzstellerinduktivität dient und der Hochsetzsteller direkt die positive oder obere und negative oder untere Versorgungsteilspannung des Linear-Leistungsverstärkers als Ausgangsspannungen aufweist. Die Vorrichtung zeigt damit die Struktur eines Stromzwischenkreisumrichters, die Ausgangsinduktivität des Durchflusswandlers bzw. die Eingangsinduktivität des Dreipunkt-Hochsetzstellers soll daher im Weiteren kurz als Zwischenkreisinduktivität bezeichnet werden. Der Dreipunkt-Hochsetzsteller wird in an sich bekannter Weise durch eine obere, gegen die positive Klemme der oberen Versorgungsteilspannung gerichtete obere Diode und einen oberen, von der Anode dieser Diode gegen den Versorgungsspannungsmittelpunkt gelegten Leistungstransistor und einen unteren, vom Versorgungsspannungsmittelpunkt gegen die Kathode einer unteren Diode gelegten unteren Leistungstransistor gebildet, wobei die Anode der unteren Diode an der negativen Klemme der unteren Versorgungsteilspannung liegt. Weiters ist die Anode der oberen Diode mit einer Klemme der Zwischenkreisinduktivität verbunden, deren zweite Klemme an der positiven Ausgangsklemme des i.a. in Vollbrückenschaltung ausgeführten Ausgangsgleichrichters des Durchflusswandlers liegt. Der Zwischenkreis wird durch eine Verbindungsleitung zwischen der Kathode der unteren Diode und der negativen Klemme des Ausgangsgleichrichters des Durchflusswandlers geschlossen. Ein kontinuierlicher Verlauf der Ausgangsspannungen des Dreipunkt-Hochsetzstellers bzw. der Versorgungsteilspannungen des Linear-Leistungsverstärkers wird durch einen oberen, zwischen der positiver Klemme und dem Versorgungsspannungsmittelpunkt und einen unteren, zwischen der negativen Klemme der Versorgungsspannung und dem Versorgungsspannungsmittelpunkt liegenden Folienkondensator sichergestellt. Der Durchflusswandler wird bei höherer Leistung in an sich bekannter Weise primärseitig in Vollbrückenschaltung ausgeführt, die sekundärseitige Gleichrichtung erfolgt bei hoher Ausgangsspannung vorteilhaft in Form eines Brückengleichrichters. Alternativ kann sekundärseitig auch eine Mittelpunktschaltung eingesetzt werden, wobei dann die Zwischenkreisinduktivität mit der positiven Klemme der Mittelpunktschaltung verbunden ist und der Stromzwischenkreis gegen den Mittelabgriff des Hochfrequenztransformators geschlossen wird.

[0007] Durch den Linear-Leistungsverstärker wird bei Vernachlässigung des Ruhestromes und AB-Betrieb stets nur die obere oder die untere Versorgungsteilspannung belastet, womit der Leistungsfluss am Ausgang des Durchflusswandlers bzw. des Stromzwischenkreises in die obere oder die untere Versorgungsteilspannung des Linear-Leistungsverstärkers gelenkt werden muss. Die erfindungsgemässe Vorrichtung erlaubt dies durch Durchschalten des unteren Hochsetzstellertransistors und Sperren des oberen Hochsetzstellertransistors bzw. durch Sperren des unteren Hochsetzstellertransistors und Durchschalten des oberen Hochsetzstellertransistors zu erreichen. Es wird dabei jeweils nur der obere oder nur der untere Folienkondensator nachgeladen. Weiters kann durch Durchschalten beider Hochsetzstellertransistoren eine Nachladung der Folienkondensatoren gänzlich unterbunden werden bzw. durch Sperren beider Hochsetzstellertransistoren eine gleichzeitige Nachladung beider Folienkondensatoren erreicht werden. Damit sind die für eine erfindungsgemässe,

getrennte Hysterese- bzw. Toleranzbandregelung der oberen und unteren Versorgungsteilspannung erforderlichen Freiheitsgrade gegeben.

[0008] Hierbei wird für die Regelung der oberen Versorgungsteilspannung der Sollwert der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers über eine obere Einweggleichrichtung geführt und so ein oberes Gleichrichtsignal gebildet, welches einem positiven Linear-Leistungsverstärker-Ausgangsspannungssollwert folgt und für negative Linear-Leistungsverstärker-Ausgangsspannungssollwerte den Wert Null aufweist. Für die Bildung des Sollwertes der oberen Versorgungsteilspannung bzw. der oberen Ausgangsspannung des Dreipunkt-Hochsetzstellers wird zu diesem oberen Gleichrichtsignal ein Offset addiert, welcher sicherstellt, dass die obere Versorgungsteilspannung des Linear-Leistungsverstärkers geringfügig über dem Linear-Leistungsverstärker-Ausgangsspannungssollwert liegt, womit gegenüber konstanter Versorgungsspannung die Spannung über dem oberen Transistor des Linear-Leistungsverstärkers auf geringe Werte reduziert wird und so eine relativ geringe Verlustleistung auftritt. Für die Hystereseregulierung der oberen Versorgungsteilspannung wird die Differenz des oberen Versorgungsteilspannungssollwertes und des oberen Versorgungsteilspannungsiswertes an den Eingang eines Hystereseschaltgliedes gelegt, dessen Ausgang direkt den oberen Hochsetzstellertransistor steuert. Unterschreitet nun der obere Versorgungsteilspannungsiswert den oberen Versorgungsteilspannungssollwert um mehr als eine halbe Hysteresebreite, wird der obere Hochsetzstellertransistor abgeschaltet und damit der Strom in der Zwischenkreisinduktivität in den oberen Folienkondensator gespeist, womit die obere Versorgungsteilspannung ansteigt, bis ein um eine halbe Hysteresebreite über dem oberen Versorgungsteilspannungssollwert liegender Wert erreicht wird und das Hystereseschaltglied erneut den Schaltzustand wechselt und den oberen Hochsetzstellertransistor wieder durchschaltet. Die Nachladung des oberen Folienkondensators wird damit unterbrochen, womit die obere Versorgungsteilspannung durch den seitens des Linear-Leistungsverstärker bezogenen Strom entladen wird, bis erneut die Umschaltbedingung des Hysteresegliedes erfüllt ist. Die obere Versorgungsteilspannung wird so mit hoher Dynamik geführt, womit auch bei hohen Ausgangsfrequenzen des Linear-Leistungsverstärkers eine Nachführung der Versorgungsspannung möglich und eine geringe Verlustleistung gewährleistet ist.

[0009] Die Regelung der unteren Versorgungsteilspannung erfolgt in sinngemäss gleicher Weise und soll daher nicht näher ausgeführt werden. Es wird wieder der Linear-Leistungsverstärker-Ausgangsspannungssollwert über einen Einweggleichrichter geführt, wobei nun jedoch positive Signalanteile abgetrennt werden und ein nur negatives Signal am Ausgang der unteren Gleichrichtung verbleibt, welches durch Addition eines negativen Offsets zum Sollwert der unteren, gegen den Versorgungsspannungsmittelpunkt positiv gezählten Versorgungsteilspannung ergänzt wird.

[0010] Alternativ kann die Regelung der oberen und unteren Versorgungsteilspannung auch durch lineare Regler vorgenommen werden, wobei hinsichtlich der grundsätzlichen Wirkungsweise gegenüber der beschriebenen Hystereseregulierung kein Unterschied besteht. Eine nähere Beschreibung kann daher unterbleiben.

[0011] Erfindungsgemäss wird der Zwischenkreisstrom durch den Durchflusswandler geregelt, indem über eine an sich bekannte Ansteuerung und Änderung der relativen Einschaltzeit der primärseitigen Leistungstransistoren eine entsprechende Spannung am Ausgang der sekundärseitigen Diodenbrücke des Durchflusswandlers gebildet wird. Die Differenz dieser Spannung und der Summe der Spannungen über dem oberen und unteren Leistungstransistor des Dreipunkt-Hochsetzstellers bestimmt die Änderung des Zwischenkreisstromes. Entsprechend wird erfindungsgemäss durch Subtraktion des Zwischenkreisstromsollwertes und des z.B. mittels eines Stromsensors erfassten Zwischenkreisstromwertes die Zwischenkreisstromregelabweichung gebildet, durch einen Zwischenkreisstromregler dynamisch bewertet, und zu diesem Reglerausgang im Sinne einer Vorsteuerung der Kurzzeitmittelwert der Spannung über beiden Hochsetzstellertransistoren addiert, womit der Sollwert der Spannung am Ausgang der Diodenbrücke des Durchflusswandlers erhalten wird, aus welchem, in an sich bekannter Weise, die pulsbreitenmodulierten Ansteuersignale der primärseitigen Leistungstransistoren abgeleitet werden. Der Kurzzeitmittelwert der Hochsetzstellertransistorspannung wird dabei im einfachsten Fall durch Tiefpassfilterung der pulsfrequenz-diskontinuierlichen Spannung mit einer Zeitkonstante in Grössenordnung der Pulsperiode ermittelt.

[0012] Alternativ könnte die Regelung des Zwischenkreisstromes auch in Form einer bekannten primärseitigen Spitzenwert-Stromregelung (Peak-Current-Mode-Control) ausgeführt werden. Da diese Realisierung im Wirkungsprinzip keine Unterschiede zur vorgehend beschriebenen direkten Regelung des Ausgangsstromes aufweist, soll auf eine nähere Beschreibung verzichtet werden.

[0013] Weiters sollen auch an sich bekannte Ausführungsformen des primärseitigen Schaltungsteiles des Durchflusswandlers, wie z.B. Zweischalter- oder Einschalter-Durchflusswandler, nicht näher ausgeführt werden.

[0014] Der Zwischenkreisstromsollwert wird im einfachsten Fall konstant und geringfügig höher als der Maximalwert des Laststromes vorgegeben, womit eine sehr hohe Dynamik der Regelung der oberen und unteren Versorgungsteilspannung sichergestellt wird. Eine alternative, hinsichtlich der Leit- und Schaltverluste des Konverters vorteilhafte Variante beschreibt der Patentanspruch 2. Hierbei wird erfindungsgemäss der Sollwert des Zwischenkreisstromes im Wesentlichen durch Addition des über eine Zweiweggleichrichtung geführten Messwertes des Laststromes des Linear-Leistungsverstärkers und eines vom Lastspannungssollwert und eines vom Tastverhältnis der Hochsetzstellertransistoren abgeleiteten Vorsteuerungssignales bestimmt und durch eine Begrenzung auf positive Werte beschränkt.

[0015] Grundgedanke der Vorsteuerung in Abhängigkeit des Tastverhältnisses der Hochsetzstellertransistoren ist hierbei, dass ein Tastverhältnis des oberen oder unteren Hochsetzstellertransistors nahe Null anzeigt, dass der Zwischenkreis-

trom vollständig zur Nachladung des oberen oder des unteren Folienkondensators benötigt wird und die Gefahr einer Übersteuerung besteht, für welche die Summe des zur Nachladung eines Folienkondensators erforderlichen Stromes und des durch den Linear-Leistungsverstärker aus diesem Folienkondensator entnommenen Stromes höher als der Zwischenkreisstrom wird. Durch Tiefpassfilterung der Ansteuersignale des oberen und unteren Hochsetzstellertransistors werden daher zwei den Tastverhältnissen der Transistoren proportionale Spannungen gebildet und mittels Dioden und eines gegen die positive Versorgungsspannung der Signalelektronik gelegten Widerstandes der kleinere Wert beider Spannungen bzw. Tastverhältnisse ermittelt und an den Eingang eines Kennliniengliedes gelegt. Die Charakteristik des Kennliniengliedes ist dabei so festgelegt, dass, falls der kleinere Tastverhältniswert hinreichend weit über Null liegt, nur ein kleiner Stromwert ausgegeben wird, womit der Sollwert des Zwischenkreisstromes nur geringfügig höher als der Laststrom eingestellt wird. Für Annäherung des kleineren Tastverhältnisses an Null erhöht sich der Ausgangssignalpegel des Kennliniengliedes, wodurch auch der Sollwert des Zwischenkreisstromes erhöht und letztlich ein höherer Zwischenkreisstrom eingestellt und so einer Übersteuerung entgegengewirkt wird.

[0016] Durch das vom Sollwert der Linear-Leistungsverstärker-Ausgangsspannung abgeleitete Zwischenkreisstrom-Vorsteuersignal wird der Zwischenkreisstromsollwert bei steilen Ausgangsspannungsänderungen, welche eine entsprechend steile Änderung der oberen und unteren Versorgungsteilspannung erfordern, welche nur durch einen hohen Zwischenkreisstrom vorgenommen werden kann, erhöht. Der Sollwert der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers wird über einen Zweiweggleichrichter geführt und der Ausgang des Gleichrichter an ein Differenzierglied gelegt, womit ein den Nachladestrom des oberen oder unteren Folienkondensators proportionales Signal gebildet und durch additive Einbeziehung dieses Signales in den Sollwert des Zwischenkreisstromes bei Ausgangsspannungsänderungen eine Vorsteuerung des zur Nachladung der Folienkondensatoren erforderlichen Stromes erreicht wird.

[0017] Die Begrenzung des Gesamt-Zwischenkreisstromsollwertes auf Null nach unten berücksichtigt die Unidirektionalität des Durchflusswandlers, die nur die Einstellung positiver Zwischenkreisströme erlaubt.

Aufzählung der Zeichnungen

[0018] Die Erfindung wird im weiteren anhand von Zeichnungen näher erläutert.

In Fig. 1 sind der Leistungsteil und die Regelung der erfindungsgemässen Vorrichtung nach Patentanspruch 1 bei Vorgabe eines konstanten Zwischenkreisstromsollwertes gezeigt. Weiters sind der Linear-Leistungsverstärker und eine durch diesen gespeiste Last dargestellt.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemässe Vorrichtung zur Erzeugung des Zwischenkreisstromsollwertes nach Patentanspruch 2.

Ausführung der Erfindung

[0019] In Fig. 1 ist schematisiert ein Linear-Leistungsverstärker 1 mit positiver Versorgungsspannungsklemme 2 und negativer Versorgungsspannungsklemme 3 und Lastanschluss 4 gezeigt, wobei die Last 5 gegen einen Potentialbezugspunkt 6 geschaltet wird. Die erfindungsgemässe Vorrichtung 7 zur Versorgung des Linear-Leistungsverstärkers 1 wird durch einen ausgangsseitigen Dreipunkt-Hochsetzsteller 8 und einen eingangsseitigen Durchflusswandler 9 gebildet, wobei die Systeme 8 und 9 durch einen Stromzwischenkreis 10 mit Zwischenkreisinduktivität 11 verbunden sind. Der Durchflusswandler 9 ist in an sich bekannter Weise primärseitig durch eine Brückenschaltung 12 von Leistungstransistoren gebildet, wobei ausgehend von der positiven Eingangsspannungsklemme 13 ein Leistungstransistor 14 mit antiparalleler Freilaufdiode 15 gegen den ersten Anschluss 16 der Primärwicklung 17 des Hochfrequenztransformators 18 des Durchflusswandlers 9 geschaltet wird und weiters ausgehend von diesem ersten Anschluss 16 ein Leistungstransistor 19 mit antiparalleler Freilaufdiode 20 gegen die negative Eingangsspannungsklemme 21 gelegt wird, wobei zur Pufferung der Eingangsspannung zwischen positiver Eingangsspannungsklemme 13 und negativer Eingangsspannungsklemme 21 ein Kondensator 22 angeordnet ist. Weiters wird von der positiven Eingangsspannungsklemme 13 ein Leistungstransistor 23 mit antiparalleler Freilaufdiode 24 gegen den zweiten Anschluss 25 der Primärwicklung 17 geschaltet und ausgehend von diesem zweiten Anschluss 25 wieder ein Leistungstransistor 26 mit antiparalleler Freilaufdiode 27 gegen die negative Eingangsspannungsklemme 21 geschaltet, womit durch entsprechende Ansteuerung der Transistoren 14, 19, 23, 26 die Eingangsspannung mit beiden Polaritäten an die Primärwicklung 17 des Hochfrequenztransformators 18 gelegt werden kann. Die dann an dessen Sekundärwicklung 28 auftretende Wechselspannung wird in an sich bekannter Weise durch eine Diodenbrückenschaltung 29 mit Eingangsklemmen 30 und 31 und positiver Ausgangsspannungsklemme 32 und negativer Ausgangsspannungsklemme 33 gleichgerichtet und so an den Zwischenkreis 10 gelegt. Die Zwischenkreisinduktivität 11 dient als Ausgangsinduktivität des Durchflusswandlers 9 und als Eingangsinduktivität des Dreipunkt-Hochsetzstellers 8 und wird ausgehend von der positiven Ausgangsklemme 32 des Durchflusswandlers 9 gegen die Anode 34 der oberen Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode 35 geschaltet, deren Kathode mit der positiven Klemme 2 der Versorgungsspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 verbunden ist. Weiters wird die negative Ausgangsklemme 33 der Diodenbrückenschaltung 29 über eine Verbindungsleitung 36 mit der Kathode 37 der unteren Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode 38, deren Anode an der negativen Klemme 3 der Versorgungsspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 liegt, verbunden. Weiters weist der Dreipunkt-Hochsetzsteller 8 einen, von der Anode 34 der oberen Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode abzweigenden und

gegen den Potentialbezugspunkt 6 geschalteten oberen Hochsetzsteller-Leistungstransistor 39 und einen unteren, vom Potentialbezugspunkt 6 abzweigenden und gegen die Kathode 37 der unteren Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode 38 gelegten unteren Hochsetzsteller-Leistungstransistor auf. Die obere Ausgangsteilspannung des Dreipunkt-Hochsetzstellers 8, welche den oberen Teil der Versorgungsspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 bildet, tritt damit zwischen der positiven Linear-Leistungsverstärker-Versorgungsspannungsklemme 2 und dem Potentialbezugspunkt 6 auf und wird durch einen oberen Folienkondensator 40 geglättet. Die untere Ausgangsspannung des Dreipunkt-Hochsetzstellers, welche den unteren Teil der Versorgungsspannung des Linear-Leistungsverstärkers darstellt, tritt zwischen Potentialbezugspunkt 6 und der negativen Linear-Leistungsverstärker-Versorgungsspannungsklemme 3 auf und wird durch einen unteren Folienkondensator 41 geglättet.

[0020] Erfindungsgemäss wird die Regelung des Dreipunkt-Hochsetzstellers in Form einer oberen Hystereseregulation 42 der Spannung des oberen Folienkondensators 40 ausgeführt, wobei das Hystereseschaltglied das Ansteuersignal 43 des oberen Dreipunkt-Hochsetzstellertransistors 39 definiert. Weiters wird eine untere Hystereseregulation 44 der Spannung des unteren Folienkondensators 41 vorgesehen, welche das Ansteuersignal 45 des unteren Dreipunkt-Hochsetzstellertransistors erzeugt.

[0021] Zur Erzeugung des Sollwertes der oberen Hystereseregulation 42 wird der Sollwert 46 der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers über einen Einweggleichrichter 47 geführt, wobei negative Spannungsanteile unterdrückt werden. Der Ausgang 48 des Einweggleichrichters 47 wird an den Eingang 49 eines Addiergliedes 50 gelegt, an dessen weitere Eingänge 51 und 52 ein positives Offsetsignal 53 und der negative Istwert der von der positiven Versorgungsspannungsklemme 2 gegenüber Referenzpunkt 6 abgegriffenen oberen Versorgungsteilspannung geführt werden. Der Ausgang 54 des Addiergliedes 50 wird an den Eingang eines Hystereseschaltgliedes 55 gelegt, dessen Ausgang direkt das Ansteuersignal 43 des oberen Dreipunkt-Hochsetzstellertransistors 39 bildet. Durch das Offsetsignal 53 wird der Sollwert der oberen Versorgungsteilspannung als geringfügig über einem positiven Momentanwert der durch den Linear-Leistungsverstärker zu bildenden Ausgangsspannung liegend definiert. Die Subtraktion des oberen Versorgungsteilspannungswertes führt auf die Regelabweichung der obere Versorgungsteilspannung. Erreicht diese einen negativen Wert in Höhe der negativen Schaltschwelle des Hysteresegliedes 55, d.h. liegt der Istwert der oberen Linear-Leistungsverstärker-Versorgungsteilspannung um eine halbe Hysteresebreite über dem Sollwert, wird der obere Dreipunkt-Hochsetzstellertransistor 39 durch den Ausgang 43 des Hystereseschaltgliedes 55 durchgeschaltet und somit die Aufladung des oberen Folienkondensators 40 durch den, durch die Zwischenkreisinduktivität 11 eingepprägten Strom unterbrochen. Entsprechend wird dann der obere Folienkondensator 40 durch den seitens des Linear-Leistungsverstärkers 1 der positiven Versorgungsspannungsklemme 2 entnommenen Strom entladen, bis eine positive Regelabweichung, d.h. ein Eingangssignal des Hystereseschaltgliedes 55 in Höhe der positiven Schaltschwelle des Hystereseschaltgliedes auftritt, und durch die resultierende Änderung des Ausgangssignales 43 des Hystereseschaltgliedes 55 der obere Dreipunkt-Hochsetzstellertransistor 39 wieder gesperrt wird. Die obere Versorgungsteilspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 wird so in einem Toleranzband mit durch die Hysteresese des Schaltgliedes 55 definierter Breite geführt, dessen Mitte um das Offsetsignal 53 höher als eine positive Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers liegt. Für negative Ausgangsspannungen des Linear-Leistungsverstärkers 1 wird die obere Versorgungsspannung auf einen mit Ausnahme der durch die Hystereseregulation bedingten schaltfrequenten Schwankungen konstanten, geringfügig positiven, durch das Offsetsignal 53 definierten Wert geregelt.

[0022] Die Hystereseregulation 44 der Spannung des unteren Folienkondensators 41, d.h. der unteren Versorgungsteilspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 weist gleiche Struktur wie die Hystereseregulation 42 der oberen Versorgungsteilspannung auf. Der Sollwert 46 der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 wird über eine Einweggleichrichtung 56 geführt, welche positive Spannungsanteile unterdrückt. Der Ausgang 57 der Einweggleichrichtung 56 wird an den Eingang 58 eines Addiergliedes 59 gelegt, an dessen weitere Eingänge 60 und 61 ein negatives Offsetsignal 62 und der negative Istwert der von der negativen Versorgungsspannungsklemme 3 gegenüber Referenzpunkt 6 abgegriffenen unteren Versorgungsteilspannung geführt werden. Der Ausgang 63 des Addiergliedes 59 wird an den Eingang eines Hystereseschaltgliedes 64 geführt, dessen Ausgang direkt das Ansteuersignal 45 des unteren Dreipunkt-Hochsetzstellertransistors bildet. Die untere Versorgungsteilspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 wird so in einem Toleranzband geführt, dessen Mitte um das Offsetsignal 62 tiefer als eine negative Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 liegt. Für positive Ausgangsspannungen des Linear-Leistungsverstärkers 1 wird so die untere Versorgungsteilspannung auf einen mit Ausnahme der durch die Hystereseregulation bedingten schaltfrequenten Schwankungen konstanten, geringfügig negativen, durch das Offsetsignal 62 definierten Wert geregelt.

[0023] Der Strom im Zwischenkreis 10 wird erfindungsgemäss durch entsprechende Steuerung der des Durchflusswandlers 7 geregelt. Hierbei wird durch ein Subtrahierglied 65 die Differenz des im einfachsten Fall konstant in Höhe des maximalen Laststromes vorgegebenen Sollwertes 66 des Zwischenkreisstromes und des Zwischenkreisstromwertes 67 gebildet und an den Eingang eines Zwischenkreisstromreglers 68 gelegt, der eine dynamische Bewertung der Regelabweichung vornimmt. Der Sollwert 69 des durch Pulsbreitenmodulation einzustellenden lokalen, d.h. auf eine Pulsperiode bezogenen Mittelwertes der Spannung zwischen den Ausgangsklemmen 32 und 33 der sekundärseitigen Diodenbrücke 29 des Durchflusswandlers 9 wird dann nach Addition des Zwischenkreisstromreglerausganges 70 und eines Vorsteuersignales 71 mittels eines Addiergliedes 72 gebildet und an den Eingang einer an sich bekannten Pulsbreitenmodulatorstufe 73 gelegt welche entsprechende Ansteuersignale 74, 75, 76, 77 der primärseitigen Leistungstransistoren 14, 19, 23, 26 des Durchflusswandlers 9 bildet.

[0024] Durch das Vorsteuersignal 71 wird die am Ausgang des Stromzwischenkreises, also die über dem oberen und unteren Leistungstransistor des Dreipunkt-Hochsetzstellers 8 auftretende Spannung berücksichtigt, welche am Eingang des Stromzwischenkreises 10, also am Ausgang der Diodenbrücke 29 des Durchflusswandlers 9 in jedem Fall zu erzeugen ist, berücksichtigt. Für die Erzeugung des Vorsteuersignales 71 wird die Spannung an der Anode 34 der oberen Hochsetzstellerdiode 35 an den positiven Eingang 78 eines Subtrahiergliedes 79 und die Spannung an der Kathode 37 der unteren Hochsetzstellerdiode 38 an den negativen Eingang 80 des Subtrahiergliedes 79 geführt und die so gebildete Spannungsdifferenz 81 an den Eingang eines, im einfachsten Fall durch ein RC-Glied realisierten Tiefpassfilters 82 gelegt, welches am Ausgang 83 den lokalen Mittelwert der pulsfrequent diskontinuierlichen Spannungsdifferenz in Form des Vorsteuersignales 71 zeigt.

[0025] Weist nun der Zwischenkreisstromwert 67 einen unter dem Sollwert 66 liegenden Wert auf, tritt eine positive Zwischenkreisstromregelabweichung auf, welche zu einem positiven Reglerausgang 70 führt, der den lokalen Mittelwert der Spannung am Ausgang der Diodenbrücke 29 über die durch die Vorsteuerung 71 berücksichtigte Spannung am Ausgang des Stromzwischenkreises 10 hinaus erhöht und so zu einem Ansteigen des Zwischenkreisstromes 67 und damit zu einer Verringerung der Zwischenkreisstromregelabweichung führt. Analog führt ein Überwiegen des Zwischenkreisstromwertes 67 gegenüber dem Sollwert 66 zu einer Absenkung des lokalen Mittelwertes der Ausgangsspannung der Diodenbrücke 29 unter die Ausgangsspannung des Stromzwischenkreises und damit aufgrund der dann über der Zwischenkreisinduktivität 11 auftretenden Spannung zu einer Verringerung des Zwischenkreisstromwertes 67 und damit der Zwischenkreisstromregelabweichung.

[0026] In Fig. 2 ist die erfindungsgemässe Vorrichtung 84 zur Erzeugung des Sollwertes 66 des Zwischenkreisstromes nach Patentanspruch 2 gezeigt. Bereits in Verbindung mit der Beschreibung von Fig. 1 gewählte Bezugszeichen von Signalen sind dabei beibehalten. Am Eingang der Vorrichtung 84 wird der kleinere der lokalen Mittelwerte der Ansteuersignale 43, 45 des oberen und unteren Leistungstransistors des Dreipunkt-Hochsetzstellers 8 ermittelt. Hiefür wird das Ansteuersignal 43 an den Eingang 85 eines, im einfachsten Fall durch ein RC-Glied realisierten Tiefpassfilters 86 und das Ansteuersignal 45 an den Eingang 87 eines Tiefpassfilters 88 gelegt und der Ausgang 89 des Tiefpassfilters 86 an die Kathode einer ersten Signaldiode 90 geschaltet, deren Anode 91 über einen Widerstand 92 mit einem positiven Bezugspotential 93 verbunden ist. Weiters wird eine zweite Signaldiode 94, deren Anode 95 mit der Anode 91 der ersten Signaldiode 90 verbunden ist, gegen den Ausgang 96 des Tiefpassfilters 88 geschaltet. Bei Vernachlässigung des Diodenflussspannungsabfalls tritt damit an der, an den Eingang eines Kennliniengliedes 97 gelegten Verbindung 98 der Anoden der ersten und zweiten Signaldiode 90 und 94 die kleinere der beiden Ausgangsspannungen der Tiefpassfilter 86 und 88, also die kleinere der lokalen relativen Einschaltzeiten (im Weiteren kurz als kleinere relative Einschaltzeit bezeichnet) 98 der Leistungstransistoren des Dreipunkt-Hochsetzstellers auf. Durch die Charakteristik des Kennliniengliedes 97 wird bei Annäherung der kleineren relativen Einschaltzeit 98 an Null ein zunehmendes Ausgangssignal 99 gebildet, für hohe Werte der kleineren relativen Einschaltzeit 98 weist das Ausgangssignal 99, welches direkt für die Vorgabe des Sollwertes des Zwischenkreisstromes 66 herangezogen werden könnte, nur einen geringen Wert auf.

[0027] Im Sinne hoher Regeldynamik vorteilhaft werden erfindungsgemäss zum Ausgang 99 des Kennliniengliedes 97 der Betrag des Stromes in der Last 5 und der zur Änderung der Spannung des oberen bzw. unteren Folienkondensators 40 und 41 erforderliche Strom addiert. Hiefür wird der Strom 100 in der Last 5 über eine Zweiweggleichrichtung 101 geführt, deren Ausgang 102 mittels eines Addiergliedes 103 zum Ausgang 99 des Kennliniengliedes 97 addiert wird, wobei an einen weiteren Eingang 104 des Addiergliedes 103 der Sollwert 105 des Nachladestromes des oberen und unteren Folienkondensators, 40, 41 geschaltet wird, welcher durch Zweiweggleichrichtung 106 des Sollwertes 46 der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers 1 und Anlegen des Ausgangs 107 der Zweiweggleichrichtung 106 an ein Differenzierglied 108 gebildet wird, wobei die Verstärkung des Differenziergliedes 108 so gewählt ist, dass dessen Ausgang 105 den Nachladestrom repräsentiert und direkt an den Eingang 104 des Addiergliedes 103 gelegt werden kann. Der Ausgang 109 des Addiergliedes wird aufgrund der strukturbedingten Einschränkung der erfindungsgemässen Vorrichtung 7 auf unidirektionale Stromführung durch eine Begrenzung 110 auf Werte grösser Null beschränkt, womit der Sollwert 66 des Zwischenkreisstromes resultiert.

[0028] Grundgedanke der Vorrichtung 84 ist, den Zwischenkreisstrom dann zu erhöhen, wenn einer der Transistoren des Dreipunkt-Hochsetzstellers mit sehr kleinem Tastverhältnis arbeitet, d.h. relative lange im Ausschaltzustand verbleibt, was ein Indiz dafür ist, dass der Zwischenkreisstrom 67 nahezu vollständig zur Nachladung eines der Folienkondensatoren 40 oder 41 benötigt wird, und im Sinne einer hinreichenden Regelreserve erhöht werden soll.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (7) zur Erzeugung der positiven und negativen Versorgungsspannung eines Linear-Leistungsverstärkers (1), welche einen Durchflusswandler (9), einen Stromzwischenkreis (10) und einen Dreipunkt-Hochsetzsteller (8) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchflusswandler (9) eingangsseitig angeordnet ist und mit dem Dreipunkt-Hochsetzsteller (8) durch den Stromzwischenkreis (10) mit Zwischenkreisinduktivität (11) verbunden ist und der Durchflusswandler (9) primärseitig durch eine Brückenschaltung (12) von Leistungstransistoren gebildet ist, wobei ausgehend von der positiven Eingangsspannungsklemme (13) ein Leistungstransistor (14) mit antiparalleler Freilaufdiode (15) gegen den ersten Anschluss (16) der Primärwicklung (17) des Hochfrequenztransformators (18) des

Durchflusswandlers (9) geschaltet ist und weiters ausgehend von diesem ersten Anschluss (16) ein Leistungstransistor (19) mit antiparalleler Freilaufdiode (20) gegen die negative Eingangsspannungsklemme (21) gelegt ist, wobei zur Pufferung der Eingangsspannung zwischen positiver Eingangsspannungsklemme (13) und negativer Eingangsspannungsklemme (21) ein Kondensator (22) angeordnet ist und weiters von der positiven Eingangsspannungsklemme (13) ein Leistungstransistor (23) mit antiparalleler Freilaufdiode (24) gegen den zweiten Anschluss (25) der Primärwicklung (17) geschaltet und ausgehend von diesem zweiten Anschluss (25) wieder ein Leistungstransistor (26) mit antiparalleler Freilaufdiode (27) gegen die negative Eingangsspannungsklemme (21) geschaltet ist, womit durch entsprechende Ansteuerung der Transistoren (14, 19, 23, 26) die Spannung an Kondensator (22) mit beiden Polaritäten an die Primärwicklung (17) des Hochfrequenztransformators (18) legbar ist und die so an der Sekundärwicklung (28) des Hochfrequenztransformators (18) auftretende Wechselfeldspannung durch eine Diodenbrückenschaltung (29) mit Eingangsklemmen (30, 31) und positiver Ausgangsklemme (32) und negativer Ausgangsklemme (33) gleichgerichtet und so an den Eingang des Stromzwischenkreises (10) gelegt ist, wobei die Zwischenkreisinduktivität (11) als Ausgangsinduktivität des Durchflusswandlers (9) und als Eingangsinduktivität des Dreipunkt-Hochsetzstellers (8) dient und ausgehend von der positiven Ausgangsklemme (32) des Durchflusswandlers (9) gegen die Anode (34) der oberen Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode (35) geschaltet ist, deren Kathode mit der positiven Klemme (2) der Versorgungsspannung des Linear-Leistungsverstärkers (1) verbunden ist und weiters die negative Ausgangsklemme (33) der Diodenbrückenschaltung (29) über eine Verbindungsleitung (36) mit der Kathode (37) der unteren Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode (38), deren Anode an der negativen Klemme (3) der Versorgungsspannung des Linear-Leistungsverstärkers (1) liegt verbunden ist und der Dreipunkt-Hochsetzsteller einen, von der Anode (34) der oberen Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode abzweigenden und gegen den Potentialbezugspunkt (6) geschalteten oberen Hochsetzsteller-Leistungstransistor (39) und einen, vom Potentialbezugspunkt (6) abzweigenden und gegen die Kathode (37) der unteren Dreipunkt-Hochsetzstellerdiode (38) gelegten unteren Hochsetzsteller-Leistungstransistor aufweist, wobei zwischen der positiven Linearleistungsverstärker-Versorgungsspannungsklemme (2) und dem Potentialbezugspunkt (6) ein oberer Folienkondensator (40) zur Glättung angeordnet ist und weiters zwischen Potentialbezugspunkt (6) und negativen Linearleistungsverstärker-Versorgungsspannungsklemme (3) ein unterer Folienkondensator (41) zur Glättung angeordnet ist wobei die Regelung des Dreipunkt-Hochsetzstellers durch eine obere Hystereseregulation (42) der Spannung des oberen Folienkondensators (40), welche das Ansteuersignal (43) des oberen Dreipunkt-Hochsetzstellerleistungstransistors (39) definiert, ausgeführt ist und weiters eine untere Hystereseregulation (44) der Spannung des unteren Folienkondensators (41) vorgesehen ist, welche das Ansteuersignal (45) des unteren Dreipunkt-Hochsetzstellerleistungstransistors erzeugt und zur Erzeugung des Sollwertes der oberen Hystereseregulation (42) der Sollwert (46) der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers (1) über einen Einweggleichrichter (47) geführt ist, was negative Spannungsanteile unterdrückt, und der Ausgang (48) des Einweggleichrichters (47) an den Eingang (49) eines ersten Addiergliedes (50) gelegt ist, an dessen weitere Eingänge (51, 52) ein positives Offsetsignal (53) und der negative Istwert der von der positiven Versorgungsspannungsklemme (2) gegenüber Potentialbezugspunkt (6) abgegriffenen oberen Versorgungsspannung gelegt sind, wobei der Ausgang (54) des ersten Addiergliedes (50) an den Eingang eines Hystereseschaltgliedes (55) geführt ist, dessen Ausgang direkt das Ansteuersignal (43) des oberen Dreipunkt-Hochsetzstellerleistungstransistors (39) bildet und die untere Hystereseregulation (44) der Spannung des unteren Folienkondensators (41) die gleiche Struktur wie die obere Hystereseregulation (42) der oberen Versorgungsspannung zeigt, wobei der Sollwert (46) der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers (1) über einen Einweggleichrichter (56) geführt ist, welcher positive Spannungsanteile unterdrückt, und der Ausgang (57) des Einweggleichrichters (56) an den Eingang (58) eines zweiten Addiergliedes (59) gelegt ist, an dessen weitere Eingänge (60, 61) ein negatives Offsetsignal (62) und der negative Istwert der von der negativen Versorgungsspannungsklemme (3) gegenüber Potentialbezugspunkt (6) abgegriffenen unteren Versorgungsspannung gelegt sind und der Ausgang (63) des zweiten Addiergliedes (59) an den Eingang eines Hystereseschaltgliedes (64) geführt ist, dessen Ausgang direkt das Ansteuersignal (45) des unteren Dreipunkt-Hochsetzstellerleistungstransistors bildet und der Strom im Stromzwischenkreis (10) durch entsprechende Steuerung des Durchflusswandlers (9) geregelt ist, wobei durch ein Subtrahierglied (65) die Differenz des im einfachsten Fall konstant in Höhe des maximalen Laststromes vorgegebenen Sollwertes (66) des Zwischenkreisstromes und des Zwischenkreisstromwertes (67) gebildet und an den Eingang eines Zwischenkreisstromreglers (68) gelegt ist und der Sollwert (69) des durch Pulsweitenmodulation einzustellenden lokalen, d.h. auf eine Pulsperiode bezogenen Mittelwertes der Spannung zwischen den Ausgangsklemmen (32, 33) der sekundärseitigen Diodenbrückenschaltung (29) des Durchflusswandlers (9) nach Addition des Zwischenkreisstromreglerausganges (70) und eines Vorsteuersignales (71) mittels eines dritten Addiergliedes (72) gebildet und an den Eingang einer Pulsweitenmodulatorstufe (73) gelegt ist, welche entsprechende Ansteuersignale (74, 75, 76, 77) der primärseitigen Leistungstransistoren (14, 19, 23, 26) des Durchflusswandlers bildet und für die Erzeugung des Vorsteuersignales (71) die Spannung an der Anode (34) der oberen Hochsetzstellerdiode (35) an den positiven Eingang (78) eines weiteren Subtrahiergliedes (79) und die Spannung an der Kathode (37) der unteren Hochsetzstellerdiode (38) an den negativen Eingang (80) des weiteren Subtrahiergliedes (79) geführt und die so gebildete Spannungsdifferenz (81) an den Eingang eines, im einfachsten Fall durch ein RC-Glied realisierten ersten Tiefpassfilters (82) gelegt ist, welches am Ausgang (83) den lokalen Mittelwert der puls-frequenz-diskontinuierlichen Spannungsdifferenz (81) in Form des Vorsteuersignales (71) zeigt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung des Sollwertes (66) des Zwischenkreisstromes das Ansteuersignal (43) des oberen Dreipunkt-Hochsetzsteller-Leistungstransistors (39) an den Eingang (85)

eines, im einfachsten Fall durch ein RC-Glied realisierten zweiten Tiefpassfilters (86) und das Ansteuersignal (45) des unteren Dreipunkt-Hochsetzsteller-Leistungstransistors an den Eingang (87) eines dritten Tiefpassfilters (88) gelegt und der Ausgang (89) des zweiten Tiefpassfilters (86) an die Kathode einer ersten Signaldiode (90) geschaltet ist, deren Anode (91) über einen Widerstand (92) mit einem positiven Bezugspotential (93) verbunden ist, und weiters eine zweite Signaldiode (94), deren Anode (95) mit der Anode (91) der ersten Signaldiode (90) verbunden ist, gegen den Ausgang (96) des dritten Tiefpassfilters (88) geschaltet ist, womit an der, an den Eingang eines Kennliniengliedes (97) gelegten Verbindung (98) der Anoden der ersten und zweiten Signaldiode (90, 94) die kleinere der lokalen relativen Einschaltzeiten des oberen und unteren Leistungstransistors des Dreipunkt-Hochsetzstellers (8) auftritt und die Charakteristik des Kennliniengliedes (97) so gewählt ist, dass bei Annäherung der kleineren relativen Einschaltzeit (98) an Null ein zunehmendes Ausgangssignal (99) vorliegt, und sonst das Ausgangssignal (99) einen Wert nahe Null aufweist und der Strom (100) in der Last (5) über eine Zweiweggleichrichtung (101) geführt ist, deren Ausgang (102) mittels eines vierten Addiergliedes (103) zum Ausgang (99) des Kennliniengliedes (97) addiert wird, wobei an einen weiteren Eingang (104) des vierten Addiergliedes (103) der Sollwert (105) des Nachladestromes des oberen und unteren Folienkondensators (40, 41) geschaltet ist, welcher durch Zweiweggleichrichtung (106) des Sollwertes (46) der Ausgangsspannung des Linear-Leistungsverstärkers (1) und Anlegen des Ausgangs (107) dieser Zweiweggleichrichtung (106) an ein Differenzierglied (108) gebildet ist, wobei die Verstärkung des Differenziergliedes (108) so gewählt ist, dass dessen Ausgang (105) den Nachladestrom der Folienkondensatoren (40, 41) repräsentiert und direkt an den weiteren Eingang (104) des vierten Addiergliedes (103) gelegt ist, was den Ausgang (109) des vierten Addiergliedes (103) durch ein Begrenzungsglied (110) auf Werte grösser Null beschränkt.

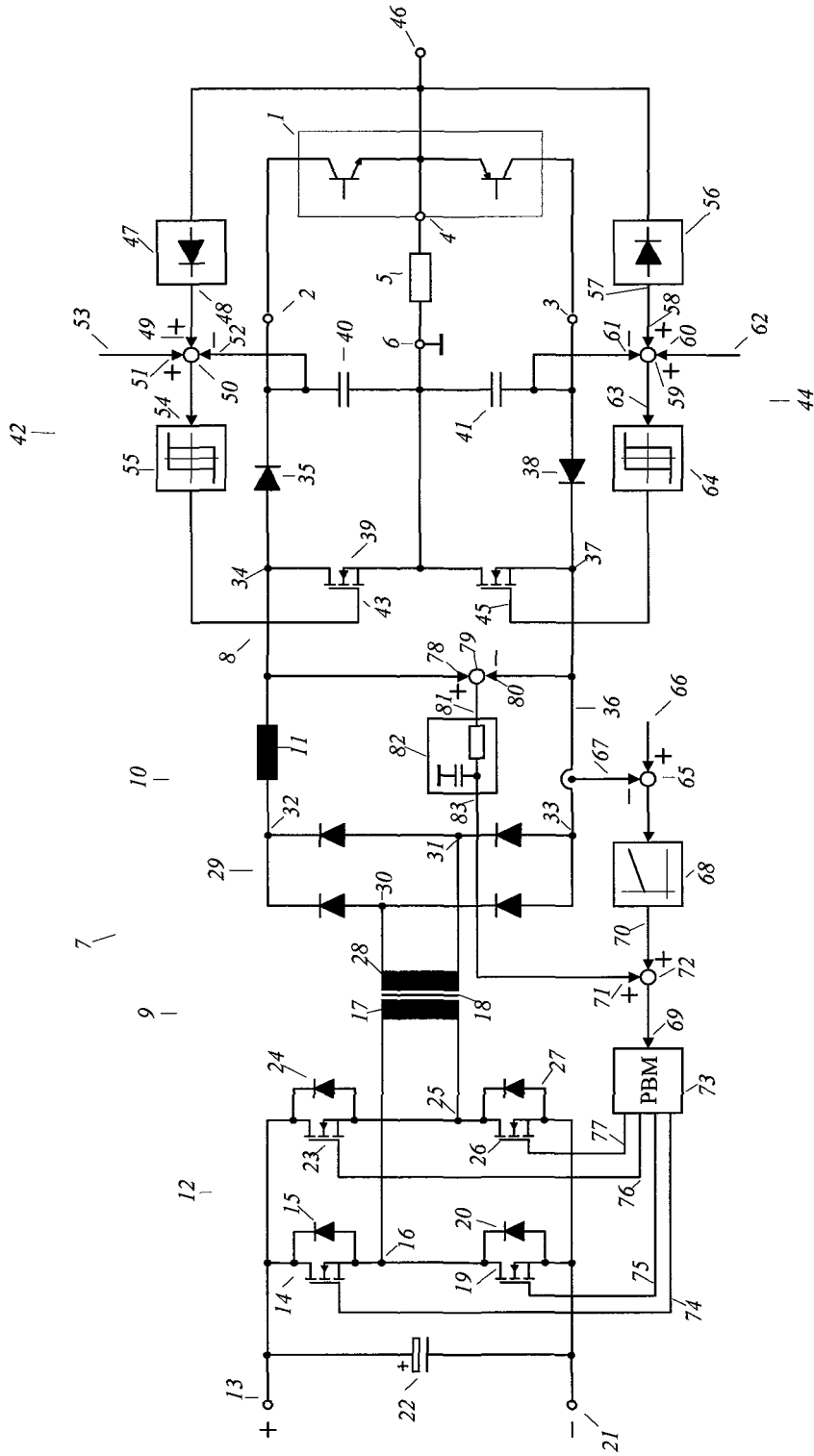


Fig. 1

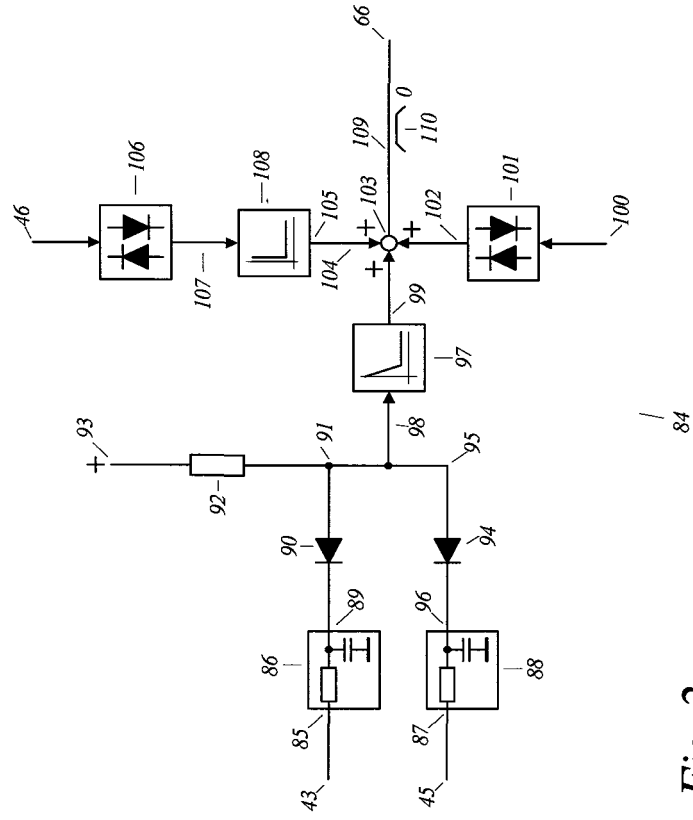


Fig. 2