

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 445/95

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : H03F 3/217

(22) Anmeldetag: 14. 3.1995

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1998

(45) Ausgabetag: 25. 3.1999

(56) Entgegenhaltungen:

EP 475835A1 CH 661822A5

(73) Patentinhaber:

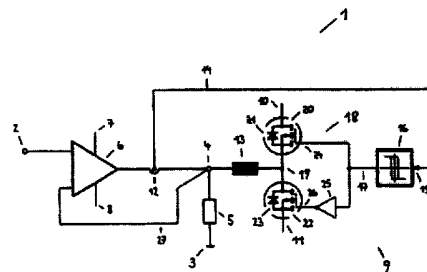
KOLAR JOHANN W. DIPL.ING.  
A-1050 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

KOLAR JOHANN W. DIPL.ING.  
WIEN (AT).  
ERTL JOHANN DR.  
MAUERKIRCHEN, SALZBURG (AT).

(54) BREITBAND-HYBRID-LEISTUNGSVERSTÄRKER MIT HOHEM WIRKUNGSGRAD

(57) Die Erfindung betrifft einen Breitband-Hybrid-Leistungsverstärker mit geringer Verlustleistung zur Realisierung einer hochdynamisch geregelten Spannungsquelle mit geringer innerer Impedanz. Die zu erzeugende Ausgangsspannung kann durch ein, an einen Steuereingang (2) der Vorrichtung gelegtes Signal vorgegeben werden, die auf Masse (3) bezogene Ausgangsspannung ist an der Ausgangsklemme (4) abzugreifen bzw. an einen nach Masse (3) geschalteten Lastkreis (5) zu legen. Der Leistungsteil der Vorrichtung wird durch die Parallelschaltung eines Analogverstärkers (6) und eines Schaltverstärkers (9) derart gebildet, daß der Ausgang des Analogverstärkers (6) unter Zwischenschaltung eines Strommeßgliedes (12) und der Ausgang Schaltverstärkers (9) über ein stromeinprägendes passives Netzwerk (13) mit der Ausgangsklemme (4) der Vorrichtung verbunden sind. Die interne Regelung der Vorrichtung (1) erfolgt derart, daß das Strommeßsignal (12) über eine Signalleitung (14) an den Steuereingang (15) des Schaltverstärkers (9) gelegt wird, womit die Stromregelung (16) des Schaltverstärkers (9) Ansteuerbefehle (17) für die ausgangsseitig angeordnete Schaltstufe (18) des Schaltverstärkers (9) bildet. Über eine Rückführung (27) wird die Ausgangsspannung der Vorrichtung abgegriffen und der Spannungsregelung des Analogverstärkerteiles (6) zugeführt.



Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Erzeugung eines vorgebbaren, über einer Lastimpedanz auftretenden Spannungsverlaufes wie sie im Oberbegriff des Patentanspruches 1 beschrieben ist.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik werden zur Realisierung von Leistungsverstärkern geringen Klirrfaktors, hoher Bandbreite, und geringen Innenwiderstandes rein analoge Systeme eingesetzt. Die Ausgangsstufe wird dabei beispielsweise durch eine entsprechend gesteuerte, komplementäre Emitterstufe gebildet. Wird im Sinne einer weitgehenden Linearisierung der Übertragungskennlinie des Verstärkers (Minimierung der Übernahmeverzerrungen der Emitterstufe) ein hoher Ruhestrom gewählt (Gegentakt-A- bzw. AB-Betrieb), resultieren hohe Verluste und aufgrund des dadurch bedingten Kühlaufwandes ein relativ geringes Leistungsgewicht bzw. hohes Volumen des Gesamtsystems. Als weiterer Nachteil ist die zur Einhaltung des sicheren Arbeitsbereiches der Endstufentransistoren gegenüber rein ohmscher Belastung beschränkte ohmsch-induktive oder ohmsch-kapazitive bzw. allgemein aktive Belastbarkeit (die von den Endstufentransistoren die Führung hoher Ströme bei hohen Kollektor-Emitter-Spannungen erfordert) zu nennen.

Die prinzipbedingt hohen, an die Ausgangsleistung gebundenen Verluste analoger Leistungsverstärker können nur durch Schaltbetrieb der Endstufe vermieden werden. Die in diesem Fall vorliegenden Schaltverstärker sind allerdings durch einen relativ hohen Aufwand zur Filterung der, die zu bildende Spannung als Zeitmittelwert enthaltenden pulsformigen Ausgangsspannung gekennzeichnet. Da hierbei die Knickfrequenz des Filters für einen hohen Störspannungsabstand wesentlich unter die (durch die Umschaltverluste begrenzte) Schaltfrequenz zu legen ist, resultiert weiters eine relative geringe Großsignal-Bandbreite des Verstärkersystems.

Ein (gegenüber einer Realisierung als reiner Analogverstärker) relativ geringe Verlustleistung und (gegenüber einem reinen Schaltverstärkersystem) geringen Filteraufwand aufweisender Leistungsverstärker wird in der EP 475 835 A1 beschrieben. Das System wird durch Parallelschaltung eines Schaltverstärkers und eines Analogverstärkers gebildet. Es wird der Ausgangsstrom des Analogverstärkers gemessen und der Strom des Schaltverstärkers davon ausgehend so eingestellt, daß sich eine möglichst geringe Belastung und damit geringe Verlustleistung des Analogverstärkerteiles ergibt. Beide Verstärker weisen Stromquellencharakteristik auf, es wird unabhängig von der auftretenden Lastspannung ein vorgebbarer Strom in eine Last eingepreßt; der für die Last relevante dynamisch Ausgangswiderstand der Leistungsstromquelle ist (ideal) gleich unendlich. Das System kann damit nicht zur Einprägung eines definierten (stromunabhängigen) Verlaufes der Spannung an der Last herangezogen werden, da in diesem Fall ideal ein Ausgangswiderstand gleich Null gefordert wird.

Eine hinsichtlich des grundlegenden Funktionsprinzips der EP 475 835 A1 ähnliche Parallelschaltung eines Linear- und eines Schaltverstärkers wird auch in der CH 661 822 A5 beschrieben. Das dabei verwendete Schaltverstärkersystem kann allerdings nur für rein ohmsche Lasten eine nahezu vollständige Stromentlastung des Analogverstärkerteiles sicherstellen. Im Falle einer ohmsch-induktiven oder ohmsch-kapazitiven oder nichtlinearen Last können daher die Verluste des Analogverstärkerteiles stark ansteigen womit im wesentlichen wieder die für reine Analog-Leistungsverstärker erwähnten Nachteile vorliegen.

Aufgabe der Erfindung ist daher, eine Vorrichtung zur Erzeugung eines vorgebbaren, an einer allgemeinen Lastimpedanz auftretenden Spannungsverlaufes mit lastunabhängig hohem Wirkungsgrad und hoher Bandbreite zu schaffen.

Die Lösung dieser Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

Erfindungsgemäß wird zur Erzeugung einer, durch externe Einstellvorrichtungen vorgegebenen Spannung an den Klemmen eines Lastkreises eine Parallelschaltung eines spannungseinprägenden analogen und eines stromeinprägenden, geschalteten Verstärkers, also ein Hybrid-Leistungsverstärker herangezogen. Dieser wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Patentanspruches 1 beschrieben. Durch eine Meß- und Steuereinheit wird dabei der Ausgangsstrom des, die Ausgangsspannung der Vorrichtung letztlich definierenden Analogteiles erfaßt und dem Schaltverstärker als Stromregelabweichung zugeführt. Die Stromregelung des Schaltverstärkers prägt damit an dessen Ausgang einen, der Stromaufnahme der Last mit Ausnahme prinzipbedingter, schaltfrequenter Schwankungen entsprechenden Strom ein, womit der Ausgangsstrom des Analogverstärkers im Sinne eines Kompensationsprinzips auf sehr kleinen Werten gehalten wird.

Zur Realisierung des Analog- und des Schaltverstärkers können eine Vielzahl bekannter Schaltungskonzepte herangezogen werden, insbesondere sind hierbei Analogverstärker mit geringem Ausgangswiderstand und neben Zweipunkt-, Drei- oder Mehrpunkt-Schaltverstärkern auch phasenversetzt getaktete Parallelsysteme anzuführen. Beide Verstärker können aus getrennten Versorgungsspannungskreisen oder auch ausgehend von einer gemeinsamen Spannungsversorgung gespeist werden.

Da der Hauptleistungsfluß durch den Schaltverstärker übernommen und durch den Analogverstärker nur die schaltfrequente Welligkeit des Schaltverstärker-Ausgangsstromes ausgeglichen wird, ist die Vorrichtung durch einen hohen Wirkungsgrad gekennzeichnet. Andererseits wird die bei Einsatz eines reinen Schaltverstärkers an dessen Ausgang vorzusehende passive Filterstufe durch den Analogteil breitbandig aktiv realisiert (durch den Analogteil wird, wie vorstehend erwähnt, direkt die Ausgangsspannung gemäß dem vorgegebenen Sollwert der zu erzeugenden Spannung eingepreßt). Aufgrund der damit gegebenen Nutzung der Hauptvorteile jedes der beiden parallelgeschalteten Teilsysteme, d.h. der verlustarmen Führung des Hauptanteiles des Ausgangsstromes im Schaltverstärkerteil und der Definition der Ausgangsspannung durch den einen geringen Innenwiderstand aufweisenden Analogverstärkerteil, kann der Forderung nach hoher Bandbreite *und* hohem Wirkungsgrad aufwandminimal entsprochen werden.

Der Schaltverstärker wird dabei durch einen aus, im Gegentakt gesteuerten Transistoren gebildeten Zweipunkt-Halbbrückenast und eine an dessen Ausgangsseite angeordnete, einseitig mit einer Ausgangsspannungsklemme der Vorrichtung verbundenen stromeinprägende Induktivität gebildet. Die Ansteuerung der Brückenstufe erfolgt durch ein Hystereseschaltglied, an dessen Eingang der über eine Strommeßvorrichtung erfaßte Istwert des Ausgangsstromes des Analogverstärkers gelegt wird. Die, der Schaltverstärkerstufe an den Lastklemmen parallel liegende Analogverstärkerstufe wird durch den über eine externe Einstellvorrichtung vorgebbaren Sollwertsignal der vom Gesamtsystem letztlich zu erzeugenden Ausgangsspannung gesteuert, wobei durch Rückführung des Ausgangsspannungswertes an den Analogverstärkereingang eine Spannungsregelung - im einfachsten Fall also ein einem Spannungsfolger entsprechendes Betriebsverhalten - realisiert wird.

Der Ausgangsstrom der Vorrichtung bzw. der Laststrom wird durch die Summe der Ausgangsströme des Analog- und des Schaltverstärkers gebildet. Überschreitet der Ausgangsstrom des Analogverstärkers die positive Schaltschwelle des Hystereseschaltgliedes, wird der mit der positiven Versorgungsspannungsschiene verbundene Transistor des Halbbrückenastes des Schaltverstärkers durchgeschaltet (und der mit der negativen Versorgungsspannungsschiene verbundene Transistor gesperrt) und durch die damit über der zwischen Wurzelpunkt des Brückenastes und Lastspannungsklemme geschalteten Induktivität auftretenden Spannung eine Erhöhung des Schaltverstärker-Ausgangsstromes bewirkt. Analog resultiert bei Unterschreiten der negativen Schaltschwelle des Hysteresegliedes ein inverser Schaltzustand des Brückenastes und damit eine Verringerung des Schaltverstärkerstromes. Durch die Schaltverstärkerstufe wird also der Ausgangsstrom des Analogverstärkers auf Null geregelt, wobei aufgrund der Arbeitsbewegung des Hystereseschaltreglers ein betragsmäßig auf halbe Breite der Schalthysterese begrenzter, der schaltfrequenten Welligkeit des Stromes durch die Schaltverstärker-Ausgangsinduktivität entsprechender Stromanteil verbleibt.

Die Erfindung wird in Form einer insbesondere hinsichtlich Realisierungsaufwand vorteilhaften Ausgestaltung anhand von Fig.1 näher erläutert.

**Fig. 1:** zeigt eine aus der Parallelschaltung eines Analogverstärkers und eines, mittels eines Hystereseschaltgliedes in Abhängigkeit des Ausgangsstromes des Analogverstärkers gesteuerten Zweipunkt-Schaltverstärkers gebildete Grundstruktur einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Hybrid-Leistungsverstärkers.

In Fig.1 ist ein Hybrid-Leistungsverstärker (1) dargestellt, dessen Grundfunktion in der Erzeugung einer, durch externe Einstellvorrichtungen an einem Steuereingang (2) der Vorrichtung vorgebbaren Spannung besteht, wobei die auf Masse (3) bezogene Ausgangsspannung an der Ausgangsklemme (4) abzugreifen bzw. an einen nach Masse (3) geschalteten Lastkreis (5) zu legen ist. Der Leistungsteil der Vorrichtung wird durch die Parallelschaltung eines Analogverstärkers (6) mit positiver Versorgungsspannung (7) und negativer Versorgungsspannung (8) und eines Schaltverstärkers (9) mit positiver Versorgungsspannung (10) und negativer Versorgungsspannung (11) derart gebildet, daß der Ausgang des Analogverstärkers (6) unter Zwischenschaltung eines Strommeßgliedes (12) und der Ausgang des Schaltverstärkers (9) über ein stromeinprägendes passives Netzwerk (13) (im einfachsten Fall eine Glättungsinduktivität) mit der Ausgangsklemme (4) der Vorrichtung verbunden sind. Die interne Regelung der Vorrichtung (1) erfolgt dabei derart, daß das Strommeßsignal (12) über eine Signalleitung (14) an den Steuereingang (15) des Schaltverstärkers (9) gelegt und als Regelabweichung des Ausgangsstromes des Schaltverstärkers (9) interpretiert wird. Demgemäß bildet die (im einfachsten Fall durch ein Hystereseschaltglied realisierte) Stromregelung (16) des Analogverstärkers (9) Ansteuerbefehle (17) für die ausgangsseitig angeordnete Schaltstufe (18) von Schaltverstärker (9) derart, daß resultierend der durch das Filternetzwerk (13) eingepreßte Strom weitgehend dem Strom im Lastkreis (5) entspricht und somit eine nur geringe Belastung des Analogverstärkers (6) gegeben ist. Die Schaltstufe (18) kann dabei z.B. durch eine Zweipunkt-Gegentaktstufe mit Steuereingang (17), Ausgang (19) und einem drainseitig an positiver Versorgungsspannung (10) und sourceseitig an Ausgang (19) liegenden abschaltbaren elektronischen Schalter (20) mit antiparallel geschalteter Freilaufdi-

de (21) und einem drainseitig an Ausgang (19) und sourceseitig an der negativen Versorgungsspannung (11) von Schaltverstärker (9) liegenden abschaltbaren elektronischen Schalter (22) mit antiparallel geschalteter Freilaufdiode (23) ausgeführt sein; das Steuersignal (17) wird dann im Sinne einer Gegentaktsteuerung der elektronischen Schalter (20) und (22) direkt an den Gatekontakt (24) des elektronischen Schalters (20) und über einen Inverter (25) an den Gatekontakt (26) des elektronischen Schalters (22) gelegt. Wird nun über eine Rückführung (27) die Ausgangsspannung der Vorrichtung abgegriffen und der Spannungsregelung des Analogverstärkers (6) zugeführt, wird die Ausgangsspannung des Hybrid-Leistungsverstärkers innerhalb eines breiten Frequenzbereiches durch den Analogverstärkerteil niederohmig definiert.

10 **Patentansprüche**

1. Breitband-Hybrid-Leistungsverstärker (1) mit hohem Wirkungsgrad und kleiner Ausgangsimpedanz unter Verwendung eines Analogverstärkers (6) und eines diesem an einem Verbraucher (5) parallel liegenden Schaltverstärkers (9) und einer im Ausgang des Analogverstärkers liegenden Strommeßvorrichtung (12) **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ausgang des Schaltverstärkers (9) über eine Glättungsinduktivität (13) mit der Ausgangsklemme (4) des Breitband-Hybrid-Leistungsverstärkers verbunden ist und die interne Regelung des Breitband-Hybrid-Leistungsverstärkers (1) derart erfolgt, daß das Strommeßsignal (12) über eine Signalleitung (14) an den Steuereingang (15) eines die Stromregelung (16) des Schaltverstärkers (9) realisierenden Hystereseschaltgliedes gelegt wird, wobei die Stromregelung (16) Ansteuerbefehle (17) für die an der Ausgangsseite des Schaltverstärkers (9) angeordnete Schaltstufe (18) bildet und diese Schaltstufe als Gegentaktstufe mit Steuereingang (17) und einem drainseitig an positiver Versorgungsspannung (10) und sourceseitig am Ausgang (19) der Schaltstufe (18) liegenden abschaltbaren ersten Transistor (20) mit antiparallel geschalteter Freilaufdiode (21) und einem drainseitig an Ausgang (19) der Schaltstufe (18) und sourceseitig an negativer Versorgungsspannung (11) von (9) liegenden zweiten Transistor (22) mit antiparallel geschalteter Freilaufdiode (23) ausgeführt ist, und das Steuersignal (17) im Sinne einer Gegentaktsteuerung der Transistoren (20,22) direkt an den Gatekontakt (24) des ersten Transistors (20) und über einen Inverter (25) an den Gatekontakt (26) des zweiten Transistors (22) geschaltet wird, womit erreicht wird, daß bei Überschreitung der positive Schaltschwelle des Hystereseschaltgliedes (16) der in Richtung zur Ausgangsklemme (4) des Breitband-Hybrid-Leistungsverstärkers positiv gezählte Ausgangsstrom des Analogverstärkers den ersten Transistor (20) der Schaltstufe (18) durchschaltet und der zweite Transistor (22) gesperrt wird und durch die damit über der zwischen Wurzelpunkt (19) der Schaltstufe (18) und der Lastspannungsklemme (4) geschalteten Induktivität (13) auftretenden Spannung eine Erhöhung des Schaltverstärker-Ausgangsstromes bewirkt, hingegen bei Unterschreiten der negativen Schaltschwelle des Hysteresegliedes (16) ein inverser Schaltzustand der Schaltstufe (18) und damit eine Verringerung des Schaltverstärkerstromes resultiert und somit durch den Schaltverstärker (9) der Ausgangsstrom des Analogverstärkers (6) in an sich bekannter Weise auf Null geregelt wird.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

