



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 00 753 T2 2004.07.01**

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 264 395 B1**

(51) Int Cl.<sup>7</sup>: **H03F 1/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 00 753.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IL01/00221**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 912 090.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 01/067593**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.03.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **13.09.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **11.12.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.07.2004**

(30) Unionspriorität:

|                       |                   |           |
|-----------------------|-------------------|-----------|
| <b>188194 P</b>       | <b>10.03.2000</b> | <b>US</b> |
| <b>PCT/IL00/00599</b> | <b>26.09.2000</b> | <b>WO</b> |

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

**Paragon Communications Ltd., Haifa, IL**

(72) Erfinder:

**BAR-DAVID, Israel, 34982 Haifa, IL**

(74) Vertreter:

**Schieber und Kollegen, 80469 München**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ERHÖHUNG DES WIRKUNGSGRADES VON LEIS-  
TUNGSVERSTÄRKERN BEI SIGNALEN MIT HOHEM SPITZENWERT- ZU MITTELWERTVERHÄLTNIS**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet der Leistungsverstärker. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verbesserung des Wirkungsgrads von Leistungsverstärkern, die bei hohen Spitzenwertfaktoren arbeiten, während das Abschneiden von Signalen mit hohen Spitzenamplituden überflüssig gemacht wird.

### Hintergrund der Erfindung

[0002] Moderne Kommunikationssysteme wie z. B. Zellularsysteme verwenden Leistungsverstärker in ihren Basisstationen, um mit Teilnehmern zu kommunizieren, die in Zellen verteilt sind. Diese Leistungsverstärker sind erforderlich zum Verstärken von Hochfrequenz-(HF)-Signalen, wie z. B. Signale, die in Kommunikationssystemen verwendet werden, die zum simultanen Senden mehrerer Signale erforderlich sind. Mehrere Signale müssen z. B. dann simultan gesendet werden, wenn mehrere Benutzer simultan dasselbe Frequenzband teilen. Dies gilt u.a. für Zellularsysteme, die in Codemultiplex-Vielfachzugriff-Modus (Code Division Multiple Access = CDMA) betrieben werden. Andere Kommunikationsverfahren, die simultane Sendungen erfordern, verwenden z. B. ein Modulationsformat, das als "Mehrton" bekannt ist, oder Frequenzmultiplex (Orthogonal Frequency Division Multiplexing = OFDM), wobei ein Signal von einem einzelnen Benutzer zunächst unterteilt wird. Jede Unterteilung wird dann von mehreren gestaffelten Zwischenträgern moduliert. Anschließend werden die modulierten Zwischenträger addiert, was zu hohen Spitzenabweichungen führt.

[0003] Herkömmliche HF-Verstärker, die simultan HF-Signale mit hohen Spitzenwertfaktoren verstärken müssen, sind teuer und relativ ineffizient, da sie zu viel Gleichstrom verbrauchen. Der Grund für diese Ineffizienz liegt darin, dass ein Leistungsverstärker nur bei den Spitzenwerten effizient ist, d. h. wenn die momentane Ausgabeleistung hoch ist. Meistens beträgt die Ausgabeleistung jedoch nur einen Bruchteil der Leistungsaufnahme von der Gleichstrom-DC-Stromversorgung, was zu einem niedrigen Wirkungsgrad führt.

[0004] Um den durchschnittlichen Leistungsverlust zu reduzieren, nutzen Hersteller von Kommunikationssystemen herkömmliche Verfahren, mit denen sie den Spitzenwertfaktor aufgrund des Abschneidens der Signalspitzen verringern. "Keeping noise mitigation for OFDM by decision-aided reconstruction" von Kim u. a. IEEE Communication Letters, Vol. 3, No. 1, Jan. 1999 und "Design considerations for multicarrier CDMA base station Power amplifiers" von J.S. Kenney u. a., Microwave Journal, Feb. 1999, beschreiben solche Verfahren, die OFDM- und Mehrfachträger-Kommunikationen behandeln. Dort wird auch ausgeführt, dass das Abschneiden von Signalen die Fehlerrate des Systems signifikant erhöht und in

manchen Fällen zu einer erneuten partiellen Vergrößerung des Spektrums führt. Erhebliche Mühe wird in die Verringerung der Zunahme der Fehlerrate bei simultaner Erhöhung des Abschneide-Betrags von Signalen investiert.

[0005] "Considerations on applying OFDM in a highly efficient Power amplifier" von W. Liu u. a., IEEE transactions on circuits and systems, Vol. 46, No. 11, Nov. 1999 betrifft die klassische Hüllfunktion-Beseitigung und -Wiederherstellung (EER = Envelope Elimination and Reconstruction) für OFDM. "Device and circuit approaches for next-generation wireless communications" von P. Asbeck u. a., Microwave Journal, Feb. 1999, offenbart ähnliche Merkmale von EER für OFDM, mit verschiedenen Änderungen für das Mehrband-Senden. All diese Referenzen sind jedoch abhängig von einer kontinuierlichen Änderung der Stromversorgung für die Wiederherstellung oder Entzerrung der Hüllfunktion, die bei großen Bandbreiten und hohen Spitzenwertfaktoren schwierig zu erreichen ist. Außerdem wird die EER-Technik hauptsächlich für Niederfrequenzmodulation genutzt.

[0006] Andre (US 6,028,486) offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduzierung des Energieverlusts durch eine Verstärkerschaltung aufgrund von zwei separaten Spannungsquellen, die beide auf verschiedenen diskreten Leistungspegeln Strom liefern können. Eine erste Spannungsquelle generiert Spannung auf einem ersten Leistungspegel, wenn der Wert eines Eingabesignals gleich oder kleiner als ein bestimmter Schwellenwert ist, und eine zweite Spannungsquelle generiert Spannung auf einem zweiten Leistungspegel, der höher liegt als der erste, wenn der Wert eines Eingabesignals höher ist als der Schwellenwert. Ein Regler ändert den Leistungspegel je nach Höhe des Eingabesignals. Obwohl hier der Energieverlust reduziert wird, folgt die Versorgungsspannung nicht den Schwankungen des Eingabesignals. Da die Spannung bei zwei separaten diskreten Pegeln eingespeist wird und nicht den Schwankungen des Eingabesignals folgt, ist die Reduzierung des Energieverlusts begrenzt.

[0007] Alle oben genannten Verfahren haben bisher keine zufriedenstellende Lösungen zum Problem der Verbesserung des Wirkungsgrads von Leistungsverstärkern bereitgestellt, die mit hohen Spitzenwertfaktoren arbeiten, während simultan das Erfordernis des Abschneidens von Signalen mit hohen Spitzenamplituden beseitigt wird.

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, das bzw. die den Wirkungsgrad von Leistungsverstärkern verbessert, die mit hohen Spitzenwertfaktoren betrieben werden, während simultan das Erfordernis des Abschneidens von Signalen beseitigt wird.

[0009] Eine weitere Aufgabe dieser Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, das bzw. die den Wirkungsgrad von Leistungsverstärkern verbessert, die mit hohen Spitzen-

wertfaktoren arbeiten, während simultan eine erneute Vergrößerung des Spektrums von unerwünschten Seitenbändern beseitigt wird.

[0010] Außerdem ist es eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, um den dynamischen Bereich von Leistungsverstärkern zu erweitern, die mit hohen Spitzenwertfaktoren betrieben werden.

[0011] Weitere Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden im Laufe der Beschreibung deutlich werden.

#### Zusammenfassung der Erfindung

[0012] Die Erfindung ist wie in den unabhängigen Patentansprüchen dargelegt, bestimmt.

[0013] Die vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung des Wirkungsgrads und des dynamischen Bereichs von Leistungsverstärkern, die mit Signalen mit einem hohen Spitzenwertfaktor betrieben werden. Es wird ein Bezugspegel ermittelt, oberhalb dessen mindestens ein Teil der Amplitude eines Eingangssignals, das ein modulierte Signal ist, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird, oder eine Basisband-Wellenform, die verwendet wird, um das modulierte Signal zu erzeugen, als überschüssiges Eingangssignal bestimmt ist. Die Amplitude des Eingangssignals wird zwecks Ermittlung eines überschüssigen Eingangssignals kontinuierlich abgetastet. Wenn kein überschüssiges Eingangssignal ermittelt wird, wird dem Leistungsverstärker ein niedrigerer Pegel der Betriebsspannung zugeführt. Der niedrigere Pegel der Betriebsspannung reicht aus, um Eingangssignale mit einer Amplitude unterhalb des Bezugspegels effektiv zu verstärken. Wenn ein überschüssiges Eingangssignal ermittelt wird, wird dem Leistungsverstärker ein erhöhter Pegel der Betriebsspannung zugeführt. Dieser hohe Pegel der Betriebsspannung reicht aus, um Eingangssignale mit einer Amplitude oberhalb des Bezugspegels effektiv zu verstärken.

[0014] Vorzugsweise sollte eine Schaltung mit automatischer Verstärkungsregelung mit der Eingabe des Leistungsverstärkers verbunden werden, damit die Amplitude des Eingangssignals bzw. der Eingangssignale vor der Verstärkung gesteuert werden kann. Wenn ein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird, wird dieses Signal abgetastet. Änderungen in der Verstärkung des Leistungsverstärkers, während das überschüssige Eingangssignal anliegt, werden durch das Steuern der Verstärkung der Schaltung für die automatische Verstärkungsregelung, je nach Höhe des abgetasteten überschüssigen Eingangssignals, kompensiert.

[0015] Der Pegel der Betriebsspannung wird von einer Spannungsquelle mit niedrigerer Spannung zugeführt, um den Leistungsverstärker zu versorgen, wenn kein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird, und von einer Spannungsquelle mit hoher Spannung zur Versorgung des Leistungsverstärkers,

wenn ein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird. Der Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers ist mit der Spannungsquelle mit niedrigerer Spannung über eine erste variable Impedanz verbunden und kann mit der Spannungsquelle mit hoher Spannung durch eine zweite variable Impedanz verbunden werden. Wenn kein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird, können die erste und die zweite variable Impedanz simultan so gesteuert werden, um sich jeweils in Zuständen einer geeigneten niedrigen bzw. höchster Impedanz zu befinden. Wenn ein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird, können die erste und die zweite variable Impedanz simultan so gesteuert werden, um sich jeweils in Zuständen höchster bzw. einer geeigneten niedrigen Impedanz zu befinden.

[0016] Vorzugsweise wird der Pegel der Betriebsspannung dem Leistungsverstärker zugeführt, indem eine andere Spannungsquelle für die Speisung des Leistungsverstärkers verwendet wird, wenn ein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird. Der Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers ist mit der ersten Spannungsquelle über eine variable Impedanz und mit der anderen Spannungsquelle durch einen Spannungsverstärker verbunden. Die variable Impedanz kann einen niedrigen Widerstand bei Gleichstrom und einen hohen Widerstand bei schnell variierenden Pulsen bieten. Der variablen Impedanz wird gestattet, einen entsprechend niedrigen Widerstand zu erreichen, wenn kein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird, und eine hohe Impedanz zu erreichen, wenn ein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird. Dem Spannungsverstärker wird gestattet, dem Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers einen Spannungspegel, der höher ist als die Spannung der ersten Spannungsquelle, zuzuführen, wenn ein überschüssiges Eingangssignal erfasst wird. Mindestens eine der variablen Impedanzen kann ein Induktor, eine Diode oder eine steuerbare Impedanz wie z. B. ein bipolarer Transistor oder ein FET sein.

[0017] Vorzugsweise werden die Pegel der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt werden, auf entsprechende vorbestimmte Pegel des überschüssigen Eingangssignals normalisiert.

[0018] Der Pegel der dem Leistungsverstärker zugeführten Betriebsspannung wird abgetastet, und durch den Vergleich des abgetasteten Pegels mit dem überschüssigen Eingangssignal wird ein Fehlersignal erzeugt. Das Fehlersignal wird benutzt, um eine negative Rückkopplungsschleife für die genaue Steuerung der Betriebsspannung zu betreiben, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird.

[0019] Alternativ können Pegel der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt werden, auf entsprechende vorbestimmte Pegel von HF-Ausgabesignalen, die durch den Leistungsverstärker verstärkt werden, normalisiert werden. Der Pegel der vom Leistungsverstärker verstärkten HF-Ausgabesignale wird abgetastet, und ein Fehler-

signal wird durch den Vergleich des abgetasteten Pegels mit dem überschüssigen Eingabesignal generiert. Das Fehlersignal wird zum Betreiben einer negativen Rückkopplungsschleife für die genaue Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, verwendet.

[0020] Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird der Pegel der Gleichspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, mit Hilfe der Basisband-Wellenform gesteuert. Eine Basisband-Signalquelle gibt die Basisband-Wellenform an einen Modulator aus, der ein modulierte Eingabesignal erzeugt, das dem Leistungsverstärker zugeführt wird. Ein Bezugspegel wird bestimmt, oberhalb dessen zumindest ein Teil der Basisband-Wellenform als überschüssiges Basisband-Signal bestimmt ist. Die Amplitude der Basisband-Wellenform wird kontinuierlich abgetastet, um ein überschüssiges Basisband-Signal zu erfassen. Ein niedriger Pegel der Betriebsspannung wird dem Leistungsverstärker zugeführt, wenn kein überschüssiges Basisband-Signal erfasst wird. Der niedrige Pegel der Betriebsspannung ist ausreichend, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die mit einer Basisband-Wellenform moduliert sind, die eine Amplitude unterhalb des Bezugspegels hat. Ein erhöhter Pegel der Betriebsspannung wird dem Leistungsverstärker zugeführt, wenn ein überschüssiges Basisband-Signal erfasst wird. Der erhöhte Pegel der Betriebsspannung ist ausreichend, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die mit einer Basisband-Wellenform moduliert sind, die eine Amplitude oberhalb des Bezugspegels hat.

[0021] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann der Leistungsverstärker die Hilfsverstärkerschaltung einer Doherty-Konfiguration sein, die aus einem Hilfsverstärker, der direkt mit der Last verbunden ist, und einem Hauptverstärker besteht, der mit dieser Last durch einen Doherty-Koppler verbunden ist. Ein Bezugspegel wird bestimmt, oberhalb dessen mindestens ein Teil der Amplitude eines Eingabesignals, das ein modulierte Signal ist, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird, oder eine Basisband-Wellenform, die verwendet wird, um das modulierte Signal zu erzeugen, als ein überschüssiges Eingabesignal bestimmt ist, so dass der Bezugspegel im Wesentlichen gleich mit dem Pegel des Eingabesignals ist, wobei bewirkt wird, dass die Haupt- und Hilfsverstärkerschaltungen im Wesentlichen dieselbe Leistung an die Last ausgeben, wobei der maximale Ausgabeleistungspegel unter der DC-Betriebsspannung erreicht wird. Die Amplitude des Eingabesignals wird zur Erfassung eines überschüssigen Eingabesignals kontinuierlich abgetastet. Das Eingabesignal wird kontinuierlich mit dem Hauptverstärker verstärkt, indem eine konstante Betriebsspannung der Hauptverstärkerschaltung zugeführt wird. Solange keine überschüssige Spannung erfasst wird, wird das Eingabesignal durch die Hilfsverstärkerschaltung verstärkt, indem dem Hilfsverstärker dieselbe DC-Betriebsspannung zugeführt wird, wie dem

Hauptverstärker. Wenn eine überschüssige Spannung erfasst wird, wird der Hilfsverstärkerschaltung ein verbesserter und erhöhter Pegel der DC-Betriebsspannung zugeführt. Der verbesserte Pegel der Betriebsspannung reicht aus, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude oberhalb des Bezugspegels haben.

[0022] Die vorliegende Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung zur Verbesserung des Wirkungsgrads und des dynamischen Bereichs eines Leistungsverstärkers, der mit Signalen betrieben wird, die einen hohen Spitzenwertfaktor haben. Die Vorrichtung umfasst eine Abtastschaltung für die kontinuierliche Abtastung der Amplitude eines Eingabesignals, das ein modulierte Signal sein kann, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird, oder der Amplitude einer Basisband-Wellenform, die verwendet wird, um das modulierte Signal zu erzeugen. Die Abtastschaltung erfasst ein überschüssiges Eingabesignal in Übereinstimmung mit einem vorbestimmten Bezugspegel, oberhalb dessen mindestens ein Teil des Eingabesignals als überschüssiges Eingabesignal bestimmt ist; eine Energieversorgung für die indirekte Zuführung einer Betriebsspannung an den Leistungsverstärker; und eine Steuerschaltung, die zusammen mit der Energieversorgung arbeitet, um zu bewirken, dass die Energieversorgung dem Leistungsverstärker einen niedrigeren Pegel der Betriebsspannung zuführt, der ausreicht, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude unterhalb des Bezugspegels haben, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und um dem Leistungsverstärker einen höheren Pegel der Betriebsspannung zuzuführen, der ausreicht, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude oberhalb des Bezugspegels haben, wenn ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

[0023] Die Vorrichtung kann weiterhin Folgendes umfassen:

- a) eine Schaltung mit automatischer Verstärkungsregelung, die mit der Eingabe des Leistungsverstärkers gekoppelt ist und dazu dient, die Amplitude des Eingabesignals bzw. der Eingabesignale vor der Verstärkung zu steuern;
- b) eine Schaltung zur Abtastung des überschüssigen Eingabesignals, und
- c) eine Steuerschaltung zur Kompensierung von Änderungen in der Verstärkung des Leistungsverstärkers während Anliegens des überschüssigen Eingabesignals, indem die Verstärkung der Schaltung mit automatischer Verstärkungsregelung in Übereinstimmung mit den Abtastungen des überschüssigen Eingabesignals gesteuert wird.

[0024] Die Vorrichtung kann Folgendes umfassen:

- a) eine Quelle mit niedrigerer Spannung zur Speisung des Leistungsverstärkers, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird;
- b) eine Quelle mit höherer Spannung zur Speisung des Leistungsverstärkers, wenn ein über-

schüssiges Eingabesignal erfasst wird;

c) eine erste variable Impedanz, die zwischen der Spannungsversorgungseingabe des Leistungsverstärkers und der Quelle mit niedrigerer Spannung verbunden ist;

d) eine zweite variable Impedanz, die zwischen der Spannungsversorgungseingabe des Leistungsverstärkers und der Quelle höheren Spannung verbunden ist; und

e) eine Steuerschaltung zur simultanen Steuerung der ersten und der zweiten variablen Impedanz, um sich jeweils in Zuständen einer geeigneten niedriger bzw. höchster Impedanz zu befinden, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und um sich jeweils in ihren Zuständen höchster bzw. einer geeigneten niedrigen Impedanz zu befinden, wenn ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

[0025] Die Vorrichtung sollte vorzugsweise Folgendes umfassen:

a) eine erste Spannungsquelle zur Speisung des Leistungsverstärkers, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird;

b) eine andere Spannungsquelle zur Speisung des Leistungsverstärkers, wenn ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird;

c) eine variable Impedanz, die zwischen dem Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers und der ersten Spannungsquelle verbunden ist, wobei die variable Impedanz in der Lage ist, einen geringen Widerstand gegenüber Gleichstrom und einen hohen Widerstand gegenüber schnell variierenden Pulsen zu leisten;

d) einen Spannungsverstärker, der zwischen dem Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers und der anderen Spannungsquelle verbunden ist, für die Zuführung eines Spannungspegels, der höher ist als die Spannung der ersten Spannungsquelle, an den Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers;

e) eine Steuerschaltung zur Steuerung des Spannungsverstärkers, um dem Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers einen Spannungspegel zuzuführen, der höher ist als die Spannung der ersten Spannungsquelle, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und – falls es sich bei der Impedanz um eine steuerbare Impedanz handelt – um die variable Impedanz so zu steuern, dass sie den hohen Impedanzwert erreicht, wenn ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und um einen entsprechenden niedrigen Widerstand zu erreichen, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

[0026] Mindestens eine variable Impedanz der Vorrichtung kann ein Induktor, eine Diode oder eine steuerbare Impedanz wie z. B. ein bipolarer Transistor oder ein FET sein. Die Vorrichtung kann außerdem

Folgendes beinhalten:

a) eine Abtastschaltung für die Abtastung des Pegels der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird;

b) einen Komparator für die Erzeugung eines Fehlersignals durch den Vergleich des abgetasteten Pegels der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, mit dem Pegel des überschüssigen Eingabesignals; und

c) eine negative Rückkopplungsschleife zur genauen Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, mit Hilfe des Fehlersignals.

[0027] Die Vorrichtung kann außerdem Folgendes umfassen:

a) eine Abtastschaltung zur Abtastung des Pegels der HF-Ausgabesignale, die durch den Leistungsverstärker verstärkt werden;

b) einen Komparator zur Erzeugung eines Fehlersignals durch den Vergleich des abgetasteten Pegels der HF-Ausgabesignale, die durch den Leistungsverstärker verstärkt werden, mit dem Pegel des überschüssigen Eingabesignals; und

c) eine negative Rückkopplungsschleife zur genauen Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, mit Hilfe des Fehlersignals.

[0028] Alternativ kann die Vorrichtung weiterhin Folgendes umfassen:

a) einen Modulator zur Erzeugung eines modulierten Signals, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird;

b) eine Basisband-Signalquelle zur Erzeugung einer Basisband-Wellenform, die in den Modulator eingegeben wird;

c) eine Abtastschaltung zur kontinuierlichen Abtastung der Amplitude der Basisband-Wellenform zum Zweck der Erfassung eines überschüssigen Eingabesignals gemäß einem vordefinierten Bezugspegel, oberhalb dessen mindestens ein Teil der Basisband-Wellenform als überschüssiges Basisband-Signal bestimmt ist;

d) eine Energieversorgung für die indirekte Zuführung einer Betriebsspannung an den Leistungsverstärker; und

e) eine Steuerschaltung, die zusammen mit der Energieversorgung arbeitet, um zu bewirken, dass die Energieversorgung dem Leistungsverstärker einen niedrigeren Pegel der Betriebsspannung zuführt, der ausreicht, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude unterhalb des Bezugspegels haben, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und dass die Energieversorgung dem Leistungsverstärker einen höheren Pegel der Betriebsspannung zuführt, der ausreicht, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude oberhalb des Bezugspegels haben, wenn ein überschüssiges

Eingabesignal erfasst wird.

[0029] Die Vorrichtung kann mit dem Leistungsverstärker verbunden sein, der die Hilfsverstärkerschaltung ist, die in der Doherty-Konfiguration verwendet wird, so dass die Ausgabe der Hilfsverstärkerschaltung direkt mit einer Last verbunden ist und in Verbindung mit einem Hauptverstärker betrieben wird, der mit der Last durch einen Doherty-Koppler verbunden ist. Die Eingabe der Hilfsverstärkerschaltung ist mit der Eingabe des Hauptverstärkers durch eine Phasenverschiebungsschaltung gekoppelt, die im Wesentlichen eine ähnliche Phasenverschiebung hat wie die Phasenverschiebung, die durch den Doherty-Koppler eingeführt wird.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0030] Die oben genannten Eigenschaften und Vorteile der Erfindung, sowie weitere Eigenschaften und Vorteile, werden verständlicher durch die folgende veranschaulichende und nicht einschränkende detaillierte Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung mit Bezugnahme auf die beigefügten Figuren, worin

[0031] Die **Fig. 1A** und **1B** schematisch die Wellenform des Eingabesignals am Leistungsverstärker bzw. die gewünschte Wellenform der Versorgungsspannung am Leistungsverstärker gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulichen;

[0032] **Fig. 2A** ein Blockschaltbild der Grundschaltung zur Steuerung der Versorgungsspannung am Leistungsverstärker gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist;

[0033] **Fig. 2B** ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der verstärkten Versorgungsspannung am Leistungsverstärker durch Rückkopplung der verstärkten Spannung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist; Die **Fig. 2C** bis **2E** schematisch berechnete simulierte Ergebnisse der zugeführten Spannung mit und ohne Rückkopplung des überschüssigen Eingabesignals (ES) gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung veranschaulichen;

[0034] **Fig. 3** ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der Versorgungsspannung am Leistungsverstärker ist, wenn Zugriff auf Basisband-Signale besteht, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

[0035] **Fig. 4** ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der Versorgungsspannung an den Leistungsverstärker mit einer Ausgabesteuerung ist, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung;

[0036] **Fig. 5** eine grafische Darstellung der Analyseergebnisse der erwarteten Verbesserung des Wirkungsgrades durch Verwendung der VEC (Spannungsverstärkungsschaltung) gemeinsam mit der Doherty-Konfiguration ist; und

[0037] **Fig. 6** eine schematische Darstellung einer Doherty-Konfiguration ist, die eine VEC (Spannungsverstärkungsschaltung) zur Verstärkung der DC-Versorgungsspannung der Hilfsverstärkerschaltung umfasst, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0038] Die **Fig. 1A** und **1B** veranschaulichen schematisch die Wellenform des Eingabesignals am Leistungsverstärker bzw. die gewünschte Wellenform der Versorgungsspannung am Leistungsverstärker gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Die Wellenform  $v_{in}(t)$  in **Fig. 1A** stellt die positive Hüllfunktion eines HF-Eingabesignals dar, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird. Ein überschüssiges Signal (ES) tritt dann auf, wenn der Pegel der Signal-Hüllkurve (SE) einen vordefinierten Bezugspegel (L) überschreitet, der vom Systemdesigner bestimmt wurde. Die vorliegende Erfindung stellt eine Schaltung bereit, die als Spannungsverstärkungsschaltung bezeichnet wird (VE = Voltage Enhancement steht für die Spannungsverstärkung und VEC = Voltage Enhancement Circuit steht für die Spannungsverstärkungsschaltung, die weiter unten beschrieben ist und die dafür sorgt, dass die Versorgungsspannung an den HF-Verstärker die gewünschte Wellenform hat, wie in **Fig. 1B** dargestellt: Die Versorgungsspannung bleibt normalerweise bei einem konstanten Wert,  $+B_c$ , (wobei das tiefgestellte C für "herkömmlich" steht) und wird nur während der anomalen Perioden variiert (verstärkt), wenn der Pegel des Eingabesignals höher ist als der vordefinierte Bezugspegel (L), d. h. wenn ein ES anliegt. Die resultierende Wellenform der verstärkten Spannung (EV) ist der ES-Wellenform sehr ähnlich, wie in den **Fig. 1A** und **1B** zu sehen ist.

[0039] **Fig. 2A** ist ein Blockschaltbild der Grundschaltung zur Steuerung der Versorgungsspannung am Leistungsverstärker gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Schaltung **200** umfasst einen Sensor für eine Überschuss-Hüllkurve (EES) **201**, eine VEC **202**, HF-Stufen **209** und **204** sowie einen Eingabekoppler an Punkt **14**. Der HF-Leistungsverstärker **204** ist so konstruiert, dass, wenn an Punkt **12** kein überschüssiges Signal ES anliegt, die DC-Versorgung  $+B_c$  ausreicht, um das modulierte HF-Signal an Punkt **25** mit der erforderlichen Genauigkeit zu verstärken. Wenn jedoch das Signal **25** Spitzenwerte erreicht, würde der HF-Leistungsverstärker **204** sein, wenn die Spannung  $+B_c$  zugeführt wird. Solche Spitzen werden vom EES **201** abgetastet, der das überschüssige Signal ES an Punkt **12**, das aus diesen Spitzen resultiert, an den VEC-Block **202** ausgibt, der wiederum die Spannung  $v_{out}(t)$ , die an Punkt **15** auftritt und dem HF-Leistungsverstärker **204** zugeführt wird, entsprechend verstärkt. Bei dieser Spannung handelt es sich um die

verstärkte Spannung EV, die in **Fig. 1B** eingeführt wird. Daher bleibt der HF-Leistungsverstärker **204** mit der verstärkten Versorgungsspannung ungesättigt, wenn die Spitzen des HF-Eingabesignals auftreten, und die Verstärkung bleibt angemessen.

[0040] Der EES **201** erfasst ein ES, indem er das HF-Signal an der Eingabe **14** abtastet und den Abtastwert, der an der Eingabe **11** des EES **201** auftritt, mit dem Bezugswert L vergleicht der an der Eingabe **13** des EES **201** auftritt. EES **201** gibt das überschüssige Signal (ES) am Punkt **12** aus. Das ES wird dann in den VEC-Block **202** eingegeben, der so konfiguriert ist, dass er die erforderliche Versorgungsspannung  $v_{out}(t)$  (gezeigt in **Fig. 1B**) an Punkt **15** an den HF-Verstärker **204** ausgibt. Während normaler Perioden, wenn kein ES am Punkt **12** anliegt, befindet sich die analoge Leistungsröhre (APV = Analog Power Valve) **203** im Wesentlichen im Abschaltbereich, und der VE LOAD-Block **205** führt einen geringen DC-Widerstand ein. Daher wird die DC-Spannung  $+B_c$  am Punkt **16** dem HF-Verstärker **204** vollständig zugeführt. In diesem Zustand  $v_{out} = +B_c$ , wie in **Fig. 1B** oben dargestellt. Andererseits bietet der VE LOAD-Block **205** eine hohe Impedanz gegenüber positiven Pulsen, wie z. B. gegenüber einem Spannungsverstärkungspuls, den die analoge Leistungsröhre (APV) **203** aussendet, wenn sie von einem ES angeregt wird. Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der VE LOAD-Block **205** entweder mit Hilfe einer HF-Drossel, einer Diode, deren Anode an eine Spannung  $+B_c$  angeschlossen ist, oder eines spannungsgesteuerten Transistors (z. B. eines Feldeffekttransistors (FET) oder eines bipolaren Transistors) implementiert werden.

[0041] Der APV-Block **203** kann als Transistor, z. B. als Feldeffekttransistor (FET) oder als bipolarer Transistor implementiert und auf eine geeignete Art mit einer Vorspannung versorgt werden, dass er sich normalerweise im ausgeschalteten Zustand befindet, außer wenn er durch die Ausgabe vom Verstärker des überschüssigen Signals (ESA) **206** angeregt wird. Der APV-Block **203** kann von einer separaten DC-Spannungsquelle,  $B_v$ , mit Strom versorgt werden. Der optionale Former des überschüssigen Signals (Excess Signal Shaper = ESS) **207**, der das ES in die Eingabe von ESA **206** umsetzt, ist eine gedächtnislose, monotone Nichtlinearität. Das Ziel von ESA **206** ist es, an Punkt **23** eine veränderte Form des überschüssigen Signals auszugeben, das an Punkt **12** auftaucht, um eventuellen Nichtlinearitäten im APV-Block **203** und in den Kennlinien des HF-Verstärkers **204** entgegenzuwirken.

[0042] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann das überschüssige Signal (ES), das an Punkt **12** ausgegeben wird, auch genutzt werden, um die Gesamtverstärkung der HF-Kette während des Vorgangs der Spannungsverstärkung (VE) anzupassen, um die Genauigkeit zu verbessern. Diese Option ist in **Fig. 2A** durch gepunktete Linien dargestellt. Das ES wird entsprechend durch den AGC

Former-(AGCS = Automatic Gain Control Shaper)-Block **208** geformt und dann zur Steuerung der Verstärkung der augenblicklichen automatischen Verstärkungssteuerung (Instantaneous Automatic Gain Control = IAGC) Stufe **209**, verwendet. Der AGCS-Block **208** ist ebenfalls eine gedächtnislose monotone Nichtlinearität, ähnlich wie der ESS **207**. Das Konzept, das den beiden Formern, ESS **207** und AGCS **208**, zugrundeliegt, ist folgendes: Grundsätzlich hat die Spannungsverstärkung des HF-Verstärkers **204** zum Ziel, den dynamischen Bereich des Verstärkers zu vergrößern. Diese VE erhöht jedoch auch zu einem gewissen Grad die Verstärkung des HF-Verstärkers **204**. Die IAGC-Stufe **209** wird benutzt, um die Änderungen in der Verstärkung durch entsprechende Verringerung der Verstärkung in dieser Stufe zu kompensieren. Die Übertragungsfunktionen des ESS **207** und des AGCS-Blocks **208** können so angepasst werden, dass die Verstärkung linear ist, während der dynamische Bereich während der Spannungsverstärkungsperiode vergrößert wird.

[0043] **Fig. 2B** ist ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der verstärkten Versorgungsspannung am Leistungsverstärker durch Rückkopplung der verstärkten Spannung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Mit dieser Option kann eine bessere Genauigkeit erreicht werden als mit dem Former-Block des überschüssigen Signals (ESS-Block) **207** alleine, wie in **Fig. 2A** oben gezeigt. Ein Komparator **210** vergleicht die Ausgangsspannung  $v_{out}(t)$  an Punkt **15** mit der ES an Punkt **12**. Die Spannungs Differenz an Punkt **32** wird in VEC **202** eingespeist. Dadurch entsteht eine modifizierte Rückkopplungs-VEC (Feed Back VEC, FB-VEC), die in **Fig. 2B** durch das Bezugszeichen **211** gekennzeichnet ist. Je nach der Vielzahl der Spannungs Differenz wird die Spannungsverstärkung von VEC **202** entweder vergrößert oder verkleinert werden, bis die EV das ES verfolgt.

[0044] Die **Fig. 2C** bis **2E** veranschaulichen schematisch computersimulierte Ergebnisse eines herkömmlichen Verstärkers sowie der FB-VEC in **Fig. 2B** gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Das obere Diagramm (**Fig. 2B**) zeigt die Wellenform der Hüllkurve des Eingabesignals am HF-Verstärker **204**, das aus neun Kanälen eines CD-MA-Signals besteht (vergrößert durch 3.6). Die anderen Diagramme (**Fig. 2D** und **2E**) zeigen die Hüllkurve der Ausgabe vom HF-Verstärker **204**. Das mittlere Diagramm (**Fig. 2D**) zeigt eine herkömmliche Situation, in der die VEC deaktiviert ist und nur die Spannung  $+B_c$  zugeführt wird. Eine schwere Verzerrung der Ausgaben oberhalb von 80 Volt ist erkennbar. Das untere Diagramm (**Fig. 2E**) zeigt die Situation, in der die FB-VEC **211** (gezeigt in **Fig. 2B**) betrieben wird. Im unteren Diagramm ist die schnelle Verfolgung der Veränderung in der Hüllkurven-Amplitude oberhalb von Werten von 80 Volt bemerkenswert.

[0045] **Fig. 3** ist ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der Versorgungsspannung am Leis-

tungsverstärker, wenn Zugriff auf Basisband-Signale besteht, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung. Die Schaltung **300** verwendet einen VEC-Block **301**, der entweder die Grund-VEC **202** ohne Rückkopplung (s. **Fig. 2B**) oder die FB-VEC (s. **Fig. 2B**) sein kann. Die Schaltung **300** wird mit Zugriff auf den Amplitudenwert der Basisband-Signalquelle (Base Band Signal Source = BBSS) **302** am Punkt **31** implementiert. Der HF-Leistungsverstärker **204** sollte HF-Signale mit hohen Spitzen oberhalb seines Durchschnittswerts, wie er sie von der Basisband-Signalquelle **302** erhält, verstärken. Die BBSS **302** gibt komplexe Signale am Punkt **34** aus, die in einen entsprechenden Modulator **303** eingegeben werden, der auch von einer HF-Sinuswelle von einem HF-Oszillator **304** gespeist wird. Die BBSS **302** leitet die Amplitudeninformationen an Punkt **31** in den Spannungsabschneider **305**. Der Spannungsabschneider **305** führt an einem Basisband-Signal denselben Vorgang durch wie der EES-Block **201** an einem HF-Eingangssignal: Er gibt ein überschüssiges Signal ES am Punkt **32** aus, wenn die Amplitude am Punkt **31** den Bezugspegel  $L$  übersteigt. Die Vorgänge, die dann folgen, sind genau die gleichen wie oben in **Fig. 2A**.

[0046] **Fig. 4** ist ein Blockschaltbild einer Schaltung zur Steuerung der verstärkten Versorgungsspannung an den Leistungsverstärker durch Rückkopplung eines Teils des HF-Verstärker-Ausgabesignals und nicht, wie in **Fig. 2B** gezeigt, eines Teils der EV. Die Schaltung **400** ist eine Verfeinerung des FB-VEC-Blocks **211**, gezeigt in **Fig. 2B**. Komparator **401** vergleicht die Ausgabe des EES **201** mit der Ausgabe eines zusätzlichen EES **402**, der über einen Koppler **212** an die Ausgabe (Punkt **48**) des HF-Leistungsverstärkers **204** gekoppelt wird. Wie oben in **Fig. 2B** dargestellt, wird die Spannungsdifferenz am Punkt **32**, die an der Ausgabe des Komparators **401** erscheint, in den VEC-Block **202** eingespeist. Dass in dieser Implementierung die Rückkopplungsschleife auch den HF-Leistungsverstärker **204** einschließt, ist von Vorteil, da die Schaltung **400** Nichtlinearitäten des HF-Leistungsverstärkers **204** potentiell ebenfalls korrigieren kann.

[0047] Nach einer anderen Ausführungsform der Erfindung wird die VEC benutzt, um den Wirkungsgrad eines Leistungsverstärkers zu verbessern, in dem die Doherty-Konfiguration verwendet (die Doherty-Konfiguration ist z. B. im US-Patent 2,210,028 und in "RF Power Amplifiers for Wireless Communications", Artech House **1999**, Seiten 225-239 Kapitel 8, von Steve C. Cripps, beschrieben).

[0048] Die Doherty-Konfiguration verbessert den Wirkungsgrad eines Leistungsverstärkers (im Folgenden HAUPT-Verstärkerschaltung genannt), indem sie eine zusätzliche Verstärkerschaltung (im Folgenden HILFS-Verstärkerschaltung genannt) einführt, wobei die Ausgänge dieser Verstärker über eine Kopplungsschaltung (die so genannte Doherty-Kopplung) gekoppelt sind. Während die HAUPT-Verstärkerschaltung kontinuierlich arbeitet,

wird die HILFS-Verstärkerschaltung dann aktiviert, wenn der Wert der Eingabe eine vordefinierte Schwelle (im Folgenden Doherty-Schwelle genannt) überschreitet. Auf diese Art wird, indem eine korrekte Kopplung zwischen den Ausgängen der Verstärkerschaltungen eingerichtet wird, die Arbeit der HAUPT-Verstärkerschaltung konstant gehalten (d. h. diese Schaltung arbeitet mit einer konstanten Ausgabespannung).

[0049] Der Wirkungsgrad wird dadurch erheblich verbessert, dass die HAUPT-Verstärkerschaltung bei allen Eingabesignalen, deren Amplitude oberhalb der Schwelle liegt, mit der maximalen Ausgabespannung ( $V_{max}$ ) arbeiten kann. An diesem Betriebspunkt ist der Wirkungsgrad des HAUPT-Verstärkers maximal und bleibt maximal aufgrund der Doherty-Kopplung. Auf diese Art wird, wenn das Eingangssignal einen vordefinierten Wert übersteigt, die HILFS-Verstärkerschaltung aktiviert und erhöht die Ausgabeleistung um einen Faktor von bis zu 2, ohne die Ausgabespannung der HAUPT-Verstärkerschaltung zu beeinträchtigen.

[0050] Der Spannungsbereich, in dem die Doherty-Konfiguration arbeitet, ist jedoch durch den Schwellenwert begrenzt, der verwendet wird, um die HILFS-Verstärkerschaltung zu aktivieren. In der Tat ist der Bereich auf ca. zweimal (Faktor 2) den Schwellenwert begrenzt. Genauer gesagt, wird nach dem Stand der Technik die Doherty-Konfiguration bis zu dem Punkt ausgenutzt, wo der Strom der HAUPT-Verstärkerschaltung und der Strom der HILFS-Verstärkerschaltung denselben Wert haben (d. h. bis zu dem Punkt, an dem jeder der Ströme gleich einen Wert von  $I_{max}$  ist), und daher ist dies in Systemen mit einem hohen Spitzenwertfaktor (Crestfaktor) keine voll zufrieden stellende Lösung.

[0051] Damit diese Begrenzung (Faktor 2) überwunden werden kann, wird die VEC, nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, gemeinsam mit der Doherty-Konfiguration eingesetzt, wie in **Fig. 6** schematisch dargestellt. Das System in **Fig. 6** besteht aus einer Verstärkereinheit **256** und einer anderen Einheit **255**, für die Erkennung überschüssiger Hüllkurvensignale und für Spannungsverstärkung (VE). Letzteres wird genutzt, um die Energieversorgung der Verstärkereinheit **256** zu verbessern, wenn ein überschüssiges Hüllkurvensignal erfasst wird, wie im Folgenden detailliert beschrieben.

[0052] Die Ausgabe **12** des EES steuert die Spannungsverstärkungsschaltung (VEC) **202** an, die den Strom, welcher der Verstärkerschaltung **256** zugeführt wird, verstärkt, wenn ein überschüssiges Hüllkurvensignal in ihre Eingabe **12** eingespeist wird, und sie arbeitet als zusätzliche Energieversorgung für die Verstärkerschaltung **256**. Das Eingangssignal wird ein überschüssiges Signal für Amplituden, die höher sind als der vordefinierte Bezugspegel ( $L$ ). Es ist zu beachten, dass der vordefinierte Bezugspegel ( $L$ ), der die Spannungsverstärkung der VEC **202** aktiviert, höher ist als die Doherty-Schwelle.

[0053] Die Verstärkerschaltung **256** umfasst zwei

Verstärker, eine HAUPT-Verstärkerschaltung **253** und eine HILFS-Verstärkerschaltung **204**. Diese Verstärker sind in einer Doherty-Konfiguration verbunden, wobei die HAUPT-Verstärkerschaltung **253** kontinuierlich arbeitet, während die HILFS-Verstärkerschaltung **204** nur dann aktiviert wird, wenn sie am Punkt **15** eine Leistungsverstärkung von der VEC **202** empfängt.

[0054] Die Doherty-Konfiguration wird benutzt, um den Wirkungsgrad zu verbessern, und wie zuvor schon erklärt, wird dies durch Kopplung der Ausgänge der Verstärker **204** und **253** über den Doherty-Koppler **252** bewerkstelligt. Die Funktion des Doherty-Kopplers **252** ist es, die Impedanz der Last, wie von der HAUPT-Verstärkerschaltung **253** "gesehen"), zu reduzieren, wenn der Wert des Eingabesignals **18** zunimmt. Auf diese Art steigt die Ausgabeleistung, während die Ausgangsspannung der HAUPT-Verstärkerschaltung konstant bleibt. Eine Doherty-Konfiguration **256** wird benutzt, um eine Ausgangsspannung zu erzeugen, welche die typische Ausgangsspannung  $V_{max}$  der HAUPT-Verstärkerschaltung übersteigt. Die Doherty-Konfiguration ist normalerweise so konstruiert, dass die HILFS-Verstärkerschaltung aktiviert wird, um die Ausgabeleistung zu erhöhen, wenn das Eingabesignal **18** einen durchschnittlichen Eingabewert übersteigt. Die Spannung der HAUPT-Verstärkerschaltung **253** erreicht normalerweise ihren maximalen Ausgabewert ( $V_{max}$ ), wenn die HILFS-Verstärkerschaltung aktiviert ist. Eine Erhöhung des Eingabesignals über den durchschnittlichen Eingabewert wird dazu führen, dass die Ausgangsspannung der HILFS-Verstärkerschaltung und auch die Ströme vom sowohl HAUPT-Verstärker als auch HILFS-Verstärker verstärkt werden.

[0055] Die Doherty-Kopplungsschaltung **252** hat eine Phasenkonstante (d. h. eine Verzögerung) von normalerweise  $\pi/2$ . Daher können die Ausgangsspannungen der Verstärkerschaltungen, **204** und **253**, einen Phasenunterschied haben, außer wenn an der Eingabe einer (oder beider) der Verstärkerschaltungen, **204** und **253**, eine Kompensationsschaltung **254** eingeführt wird. Diese Kompensationsschaltung **254** beeinflusst die Eingaben der Verstärkerschaltungen, **204** und **253**, um den Phasenunterschied zu beseitigen, der von der Kopplungsschaltung **252** verursacht wird. Die Eingabe der Kompensationsschaltung **254** wird vom Eingabesignal an **18** ausgekoppelt, indem eine Kopplungsschaltung **19** verwendet wird.

[0056] Die Ausgangsspannung und die Ströme der Verstärker sind in der Doherty-Konfiguration jedoch begrenzt. Normalerweise kann die Ausgangsspannung der HILFS-Verstärkerschaltung bis zu  $V_{max}$  erhöht werden, und die Ströme der HAUPT-Verstärkerschaltung und der Strom der HILFS-Verstärkerschaltung können je bis zu  $I_{max}$  erhöht werden. Gemäß der Erfindung können die Ausgangsspannung der HILFS-Verstärkerschaltung, der Strom der HAUPT-Verstärkerschaltung und der Strom der HILFS-Verstärkerschaltung in der Doherty-Konfigu-

ration jetzt die Werte von  $V_{max}$  bzw.  $I_{max}$  überschreiten, indem die VEC verwendet wird, um die Spannungsversorgung an die HILFS-Verstärkerschaltung **204** zu verstärken.

[0057] **Fig. 5** stellt den erwarteten Wirkungsgrad  $\eta$  gegenüber der normalisierten Ausgangsspannung an der Last, wie für verschiedene Spannungsverstärkungswerte analysiert, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung dar. Die Kurve **602** stellt den linearen Wirkungsgrad dar, der von einem herkömmlichen Verstärker der Klasse B erreicht wird. Wie durch die Kurve **603** dargestellt, wird der Wirkungsgrad im Wesentlichen verbessert, wenn die Doherty-Konfiguration auf herkömmliche Art verwendet wird. Der Wirkungsgrad wird weiter verbessert, wenn die VEC **202** verwendet wird, um die Spannung zu verstärken, die der HILFS-Verstärkerschaltung der Doherty-Konfiguration zugeführt wird, so dass die Spannung an der Last über  $V_{max}$  steigt, abhängig vom Verstärkungsfaktor  $Z$  (der Verstärkungsfaktor  $Z$  ist definiert als das Verhältnis zwischen dem Pegel der DC-Spannung, der einem Leistungsverstärker für den Maximalwert des überschüssigen Eingabesignals zugeführt wird, und dem Pegel der DC-Spannung, der dem Leistungsverstärker in Abwesenheit eines überschüssigen Eingabesignals zugeführt wird). Die Kurven **603**, **604** und **605** stellen den Betrieb der Doherty-Konfiguration mit Verstärkungsfaktoren von  $Z = 1$  (keine Verstärkung),  $Z = 1,5$  bzw.  $Z = 2$  dar. Wenn  $V_{max}$  die maximale Spannung an der Last bei einer herkömmlichen Doherty-Konfiguration darstellt, wird in **Fig. 5** die Kurve **603** auf  $0,5 V_{max}$  normalisiert, die Kurve **604** wird auf  $0,66 V_{max}$  normalisiert, und die Kurve **605** wird auf  $V_{max}$  normalisiert.

[0058] In der Kurve **603** stellt Punkt c die normalisierte Spannung an der Last dar, bei der die HILFS-Verstärkerschaltung aktiv zu werden beginnt, und Punkt e stellt die normalisierte Spannung an der Last dar, bei welcher die HILFS-Verstärkerschaltung voll aktiv ist und der Last ihre maximale Leistung zuführt, ohne Verstärkung. In diesem Fall (bei  $Z = 1$ ), ist die maximale Spannung, die an der Last erhalten werden kann,  $V_{max}$ .

[0059] In der Kurve **604** stellt Punkt b die normalisierte Spannung an der Last dar, bei der die HILFS-Verstärkerschaltung aktiv zu werden beginnt, und Punkt d stellt die normalisierte Spannung an der Last dar, bei welcher die HILFS-Verstärkerschaltung voll aktiv ist und der Last ihre maximale Leistung ohne Verstärkung zuführt. An diesem Punkt d ist die maximale Spannung, die an der Last erhalten werden kann,  $V_{max}$ . Wenn ein Verstärkungsfaktor von  $Z = 1,5$  angelegt wird, steigt der Wirkungsgrad  $\eta$  von Punkt g entlang der Kurve zu Punkt e. In diesem Fall ist die maximale Spannung, die an der Last erhalten werden kann, bei  $Z = 1,5$   $1,33 V_{max}$ .

[0060] In der Kurve **605** stellt Punkt a die normalisierte Spannung an der Last dar, bei der die HILFS-Verstärkerschaltung aktiv zu werden beginnt, und Punkt c stellt die normalisierte Spannung an der

Last dar, bei welcher die HILFS-Verstärkerschaltung voll aktiv ist und der Last ihre maximale Leistung ohne Verstärkung zuführt. An diesem Punkt c ist die maximale Spannung, die an der Last erhalten werden kann,  $V_{\max}$ . Wenn ein Verstärkungsfaktor von  $Z = 2$  angelegt wird, steigt der Wirkungsgrad  $\eta$  von Punkt f entlang der Kurve zu Punkt e. In diesem Fall ist die maximale Spannung, die an der Last erhalten werden kann, bei  $Z = 2$   $2 V_{\max}$ . Daher ermöglicht es die Verstärkung der Spannung, die der HILFS-Verstärkerschaltung der Doherty-Konfiguration zugeführt wird, an der Last Ausgabespannungspegel zu erhalten, die höher als  $V_{\max}$  sind (was natürlich zu einer höheren Ausgabeleistung führt), abhängig von dem Wert des Verstärkungsfaktors  $Z$ . Selbstverständlich dienen die obigen Beispiele und Beschreibungen nur der Verdeutlichung und haben nicht zum Ziel, die Erfindung in irgendeiner Weise zu beschränken. Wie vom Fachmann verstanden werden wird, kann die Erfindung auf zahlreiche Arten ausgeführt werden, indem mehr als eines der oben beschriebenen Techniken angewandt werden kann, die alle den Schutzzumfang der Erfindung, wie in den beigefügten Ansprüchen festgelegt, nicht überschreiten.

### Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Erhöhung des Wirkungsgrads und des dynamischen Bereichs eines Leistungsverstärkers (**204**), das folgendes umfasst:

- a) Bestimmung eines Bezugspegels ( $L$ ), über den mindestens ein Abschnitt der Amplitude eines Eingabesignals ( $V_{\text{en}}(t)$ ), das ein modulierte Signal ist, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird, oder eine Basisband-Wellenform, die verwendet wird, um das modulierte Signal zu erzeugen, als ein überschüssiges Eingabesignal (ES) bestimmt wird;
- b) das kontinuierliche Abtasten der Amplitude des Eingabesignals zur Erfassung eines überschüssigen Eingabesignals;

**dadurch gekennzeichnet**, dass es weiterhin folgendes umfasst:

- c) die Zuführung eines konstanten Pegels der Betriebsspannung ( $+B_c$ ) an den Leistungsverstärker, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, wobei der konstante Pegel der Betriebsspannung ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale ( $V_{\text{en}}(t)$ ) zu verstärken, die eine Amplitude haben, die unterhalb des Bezugspegels ( $L$ ) liegt; und
- d) wann immer ein überschüssiges Eingabesignal (ES) erfasst wird, die simultane Zuführung eines variablen Pegels (EV) der Betriebsspannung an den Leistungsverstärker, wobei der variable Pegel der Betriebsspannung im wesentlichen der Amplitude des überschüssigen Eingabesignals folgt, wodurch ein variabler erhöhter Pegel der Betriebsspannung zugeführt wird, der ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude über den Bezugspegel haben.

2. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das weiterhin folgendes umfasst:

- a) das Verbinden einer Schaltung (**209**) für die automatische Verstärkungsregelung an die Eingabe des Leistungsverstärkers, zur Steuerung der Amplitude des Eingabesignals bzw. der Eingabesignale ( $V_{\text{en}}(t)$ ) vor der Verstärkung;
- b) wann immer ein überschüssiges Eingabesignal (ES) erfasst wird, das Abtasten des überschüssigen Eingabesignals; und
- c) die Kompensierung von Veränderungen in der Verstärkung des Leistungsverstärkers (**204**) während der Anwesenheit des überschüssigen Eingabesignals, indem die Verstärkung der Schaltung mit automatischer Verstärkungsregelung in Übereinstimmung mit den Abtastungen des überschüssigen Eingabesignals gesteuert wird.

3. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Pegel der Betriebsspannung dem Leistungsverstärker (**204**) zugeführt wird, indem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- a) die Bereitstellung einer ersten Spannungsquelle ( $+B_c$ ) zur Speisung des Leistungsverstärkers;
- b) die Bereitstellung einer zweiten Spannungsquelle ( $+B_v$ ) für die zusätzliche Speisung des Leistungsverstärkers, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal (ES) erfasst wird;
- c) die Verbindung des Spannungsversorgungsanschlusses des Leistungsverstärkers mit der zweiten Spannungsquelle ( $+B_v$ ) durch eine variable Impedanz (**203**) und mit der ersten Spannungsversorgung ( $+B_c$ ) durch eine weitere variable Impedanz (**205**);
- d) wann immer kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, die Steuerung der variablen Impedanz, um diese in ihrem Zustand mit hoher Impedanz zu führen; und
- e) wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, die Steuerung der variablen Impedanz, um in einem Zustand mit niedriger Impedanz zu sein, wobei der Zustand mit niedriger Impedanz im wesentlichen gleich mit dem Wert ist, der erforderlich ist, um die zweite Spannungsquelle auf einen Pegel zu erhöhen, der in der Lage ist, der Amplitude des überschüssigen Eingabesignals zu folgen.

4. Ein Verfahren gemäß Anspruch 3, worin eine weitere Energieversorgung die zweite Spannungsquelle ( $+B_v$ ) bereitstellt, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

5. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Pegel der Betriebsspannung dem Leistungsverstärker (**204**) zugeführt wird, indem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

- a) die Bereitstellung einer ersten Spannungsquelle ( $+B_c$ ) für die zusätzliche Speisung des Leistungsverstärkers, wann immer kein überschüssiges Eingabesignal (ES) erfasst wird;
- b) die Bereitstellung einer anderen Spannungsquelle

(+B<sub>v</sub>) für die Speisung des Leistungsverstärkers, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird;

c) die Verbindung des Spannungsversorgungsanschlusses des Leistungsverstärkers an die erste Spannungsquelle (+B<sub>c</sub>) durch eine variable Impedanz (**205**) und an die andere Spannungsquelle (+B<sub>c</sub>) durch einen Spannungsverstärker (**203**), worin die variable Impedanz in der Lage ist, eine niedrige Impedanz bei einem Gleichstrom zu zeigen, und eine hohe Impedanz für schnell variable Pulse;

d) wann immer sein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, das Gestatten, dass die variable Impedanz ihre niedrigste Impedanz erreicht; und

e) wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, das Gestatten, dass die variable Impedanz ihre höchste Impedanz erreicht, und das Gestatten, dass der Spannungsverstärker einen Spannungspiegel, der höher ist als jener der Spannung der ersten Spannungsquelle, an den Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers zuführt.

6. Ein Verfahren gemäß Anspruch 3, worin mindestens eine der variablen Impedanzen eine steuerbare Impedanz ist.

7. Ein Verfahren gemäß Anspruch 3, worin die variable Impedanz eine Drosselspule oder eine Diode ist.

8. Ein Verfahren gemäß Anspruch 6, worin die steuerbare Impedanz ein bipolarer Transistor oder ein FET ist.

9. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das weiterhin folgendes umfasst:

a) Normalisierung der Pegel der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker (**204**) zugeführt werden, auf entsprechende vorbestimmte Pegel (L) des überschüssigen Eingabesignals (ES);

b) das Abtasten des Pegels der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird;

c) das Erzeugen einer Spannungsdifferenz, indem der Pegel der Betriebsspannung mit den vorbestimmten Pegeln des überschüssigen Eingabesignals verglichen wird; und

d) die Verwendung der Spannungsdifferenz zum Betreiben einer negativen Rückkopplungsschleife zur genauen Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird.

10. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, das weiterhin folgendes umfasst:

a) die Normalisierung der Pegel des überschüssigen Eingabesignals (ES) auf entsprechende vorbestimmte Pegel von HF-Ausgabesignalen, die durch den Leistungsverstärker (**204**) verstärkt werden;

b) das Abtasten des Pegels der HF-Ausgabesignale, die durch den Leistungsverstärker verstärkt werden;

c) das Erzeugen einer Spannungsdifferenz durch den

Vergleich des abgetasteten Pegels der HF-Ausgabesignale mit den Pegeln des überschüssigen Eingabesignals; und

d) die Verwendung der Spannungsdifferenz zum Betreiben einer negativen Rückkopplungsschleife für die genaue Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird.

11. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Pegel der Gleichspannung, die den Leistungsverstärker (**204**) zugeführt wird, gesteuert wird, indem die Basisband-Wellenform ( $V_{en}(t)$ ) verwendet wird, indem die folgenden Schritte durchgeführt werden:

a) die Bereitstellung eines Modulators (**303**), der durch eine Basisband-Signalquelle (**302**) gespeist wird, die die Basisband-Wellenform ausgibt, zur Erzeugung eines modulierten Eingabesignals an den Leistungsverstärker;

b) die Bereitstellung eines Spannungsschneiders (**305**) zur Extraktion eines überschüssigen Signals (ES) aus der Basisband-Wellenform, wenn die Amplitude der Basisband-Wellenform einen Bezugspegel (L) überschreitet;

c) die Zuführung eines konstanten Pegels der Betriebsspannung (+B<sub>c</sub>) an den Leistungsverstärker, wenn kein überschüssiges Basisband-Signal erfasst wird, wobei der konstante Pegel der Betriebsspannung ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die mit einer Basisband-Wellenform moduliert sind, die eine Amplitude unterhalb des Bezugspegels hat; und

d) die Zuführung eines variablen erhöhten Pegels der Betriebsspannung (+B<sub>c</sub> +EV) an den Leistungsverstärker, wann immer ein überschüssiges Basisband-Signal erfasst wird, wobei der erhöhte Pegel der Betriebsspannung ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die mit einer Basisband-Wellenform moduliert sind, die eine Amplitude oberhalb des Bezugspegels hat.

12. Vorrichtung zur Verbesserung des Wirkungsgrads des dynamischen Bereichs eines Leistungsverstärkers (**204**), die folgendes umfasst:

a) eine Abtastschaltung (**201**) für die kontinuierliche Abtastung der Amplitude eines Eingabesignals, das ein moduliertes Signal ist, das in den Leistungsverstärker eingegeben wird, oder einer Basisband-Wellenform, die verwendet wird, um das modulierte Signal zu erzeugen, zur Erfassung eines überschüssigen Eingabesignals (ES) in Übereinstimmung mit einem vorbestimmten Bezugspegel (L), über den mindestens ein Teil des Eingabesignals als das überschüssige Eingabesignal bestimmt ist; und

b) eine Energieversorgung, für die Zuführung einer Betriebsspannung an den Leistungsverstärker; dadurch gekennzeichnet, dass sie folgendes umfasst:

c) eine Steuerschaltung (**202**), die zusammen mit der Energieversorgung arbeitet, um zu bewirken, dass die Energieversorgung einen konstanten Pegel der Betriebsspannung (+B<sub>c</sub>), der ausreichend ist, um

wirksam Eingabesignale ( $V_{en}(t)$ ) zu verstärken, die eine Amplitude unterhalb des Bezugspegels haben, an den Leistungsverstärker zuführt, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und um simultan dem Leistungsverstärker, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, einen variablen erhöhten Pegel der Betriebsspannung (EV) zuzuführen, der im wesentlichen der Amplitude des überschüssigen Eingabesignals folgt und der ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude oberhalb des Bezugspegels haben.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, die weiterhin folgendes umfasst

- a) eine Schaltung (**209**) mit automatischer Verstärkungsregelung, die mit der Eingabe des Leistungsverstärkers (**204**) gekoppelt ist, zur Steuerung der Amplitude des Eingabesignals bzw. der Eingabesignale ( $V_{en}(t)$ ) vor der Verstärkung;
- b) eine Schaltung (**201**) zur Abtastung des überschüssigen Eingabesignals (ES); und
- c) eine Steuerschaltung (**202**) zur Kompensierung von Änderungen in der Verstärkung des Leistungsverstärkers während der Anwesenheit des überschüssigen Eingabesignals, indem die Verstärkung der Schaltung mit automatischer Verstärkungsregelung gesteuert wird, und zwar in Übereinstimmung mit den Abtastungen des überschüssigen Eingabesignals.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, die folgendes umfasst:

- a) eine erste Spannungsquelle ( $+B_c$ ) für die Speisung des Leistungsverstärkers;
- b) eine zweite Spannungsquelle ( $+B_v$ ) für die Speisung des Leistungsverstärkers, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal (ES) erfasst wird;
- c) eine variable Impedanz (**203**), die zwischen der Spannungsversorgungseingabe des Leistungsverstärkers und der zweiten Spannungsquelle verbunden ist; und
- d) eine weitere variable Impedanz (**205**), die zwischen der Spannungsversorgungseingabe des Leistungsverstärkers und der ersten Spannungsquelle ( $+B_c$ ) verbunden ist; und e) eine Steuerschaltung (**202**) zur Steuerung der variablen Impedanz, um diese in ihrem Zustand mit hoher Impedanz zu führen, wann immer kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und um diese in einem Zustand mit niedriger Impedanz zu führen, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, wobei der Zustand mit niedriger Impedanz im wesentlichen gleich mit dem Wert ist, der erforderlich ist, um die zweite Spannungsquelle auf einem Pegel zu erhöhen, der in der Lage ist, der Amplitude des überschüssigen Eingabesignals zu folgen.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, die weiterhin folgendes umfasst

- a) eine erste Spannungsquelle ( $+B_c$ ) für die Speisung des Leistungsverstärkers (**204**);
- b) eine zweite Spannungsquelle ( $+B_v$ ) für die zusätzliche Speisung des Leistungsverstärkers, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird;
- c) ein Spannungsverstärker, der zwischen dem Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers und der zweiten Spannungsquelle verbunden ist, für die Zuführung eines Spannungspegels, der höher als die Spannung der ersten Spannungsquelle ist, an den Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers; und
- d) eine Steuerschaltung (**202**) für die Steuerung des Spannungsverstärkers, um einen Spannungspegel zuzuführen, der höher als die Spannung der ersten Spannungsquelle ist, an den Spannungsversorgungsanschluss des Leistungsverstärkers, wann immer kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 14 oder 15, worin eine weitere Energieversorgung die zweite Spannungsquelle bereitstellt, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, in der die variable Impedanz eine steuerbare Impedanz ist.

18. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, in der die variable Impedanz eine Drosselspule oder eine Diode ist.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 17, in der die steuerbare Impedanz ein bipolarer Transistor oder ein FET ist.

20. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, die weiterhin folgendes umfasst:

- a) eine Abtastschaltung für die Abtastung des Pegels der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker (**204**) zugeführt wird,
- b) einem Komparator (**210**) zur Erzeugung einer Spannungsdifferenz durch den Vergleich des abgetasteten Pegels der Betriebsspannung ( $V_{out}(t)$ ), die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, mit dem Pegel des überschüssigen Eingabesignals (ES); und
- c) eine negative Rückkopplungsschleife zur genauen Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, indem die Spannungsdifferenz verwendet wird.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, die weiterhin folgendes umfasst:

- a) eine Abtastschaltung (**402**) zur Abtastung des Pegels des HF-Ausgabesignals, das durch den Leistungsverstärker verstärkt wird;
- b) einen Komparator (**401**) zur Erzeugung einer Spannungsdifferenz durch den Vergleich des abgetasteten Pegels des HF-Ausgabesignals, das durch den Leistungsverstärker (**204**) verstärkt wird, mit dem Pegel des überschüssigen Eingabesignals (ES); und

c) eine negative Rückkopplungsschleife zur genauen Steuerung der Betriebsspannung, die dem Leistungsverstärker zugeführt wird, indem die Spannungsdifferenz verwendet wird.

22. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, die weiterhin folgendes umfasst:

- a) einen Modulator (**303**) zur Erzeugung eines modulierten Signals, das in den Leistungsverstärker (**204**) eingegeben wird;
- b) eine Basisband-Signalquelle (**302**) zur Erzeugung einer Basisband-Wellenform, die in den Modulator eingegeben wird;
- c) einen Spannungsschneider (**305**) zur Extraktion eines überschüssigen Eingabesignals (ES) aus der Basisband-Wellenform, wenn die Amplitude der Basisband-Wellenform einen Bezugspegel (L) überschreitet;
- d) eine Energieversorgung für die Zuführung einer Betriebsspannung an den Leistungsverstärker; und
- e) eine Steuerschaltung (**300**), die zusammen mit der Energieversorgung arbeitet, um zu bewirken, dass die Energieversorgung einen konstanten Pegel ( $+B_c$ ) der Betriebsspannung, der ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude unterhalb des Bezugspegels haben, an den Leistungsverstärker zuführt, wenn kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, und um einen variablen erhöhten Pegel ( $+B_c + EV$ ) der Betriebsspannung zuzuführen, der ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die eine Amplitude über den Bezugspegel haben, an den Leistungsverstärker, wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird.

23. Ein Verfahren gemäß Anspruch 1, worin der Leistungsverstärker die Hilfsverstärkerschaltung (**256**) mit einer Doherty-Konfiguration.

24. Ein Verfahren gemäß Anspruch 23, das folgendes umfasst:

- a) die Bereitstellung einer Doherty-Konfiguration, die aus einem Hilfsverstärker (**204**), der direkt mit einer Last (**251**) verbunden ist, und einem Hauptverstärker (**253**) besteht, der durch einen Doherty-Koppler (**252**) mit der Last verbunden ist;
- b) die Bestimmung eines Bezugspegels (L), über den mindestens ein Teil der Amplitude eines Eingabesignals (**18**), das ein modulierte Signal ist, das der Eingabe des Leistungsverstärkers zugeführt wird, oder eine Basisband-Wellenform, die verwendet wird, um das modulierte Signal zu erzeugen, als ein überschüssiges Eingabesignal (ES) bestimmt ist, und zwar derart dass der Bezugspegel im wesentlichen gleich mit dem Pegel des Eingabesignals ist, was bewirkt, dass die Haupt- (**255**) und Hilfsverstärker (**256**) Schaltungen im wesentlichen dieselbe Leistung an die Last ausgeben, wobei der maximale Ausgabeleistungspegel unter der DC-Betriebsspannung erreicht wird;

c) das kontinuierliche Abtasten der Amplitude des Eingabesignals zur Erfassung eines überschüssigen Eingabesignals;

d) das kontinuierliche Verstärken des Eingabesignals mit dem Hauptverstärker, indem eine konstante Betriebsspannung ( $B_c$ ) der Hauptverstärkerschaltung zugeführt wird;

e) solange kein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, das Verstärken des Eingabesignals durch die Hilfsverstärkerschaltung durch die Zuführung an den Hilfsverstärker derselben DC-Betriebsspannung, die den Hauptverstärker zugeführt wird; und

f) wann immer ein überschüssiges Eingabesignal erfasst wird, die simultane Zuführung eines variablen erhöhten Pegels der DC-Betriebsspannung ( $B_c + EV$ ) an die Hilfsverstärkerschaltung, wobei der verbesserte Pegel der Betriebsspannung ausreichend ist, um wirksam Eingabesignale zu verstärken, die die Amplitude oberhalb des Bezugspegels haben.

25. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, in der der Leistungsverstärker eine Hilfsverstärkerschaltung (**256**) ist, die in einer Doherty-Konfiguration verwendet wird, wobei die Ausgabe der Hilfsverstärkerschaltung direkt mit einer Last (**251**) verbunden ist und zusammen mit einem Hauptverstärker (**253**) betrieben wird, der mit der Last durch einen Doherty-Koppler (**252**) gekoppelt ist, wobei die Eingabe der Hilfsverstärkerschaltung durch eine Phasenverschiebungsschaltung (**254**) mit der Eingabe des Hauptverstärkers gekoppelt ist, die im wesentlichen eine ähnliche Phasenverschiebung zur Phasenverschiebung hat, die durch den Doherty-Koppler eingeführt wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

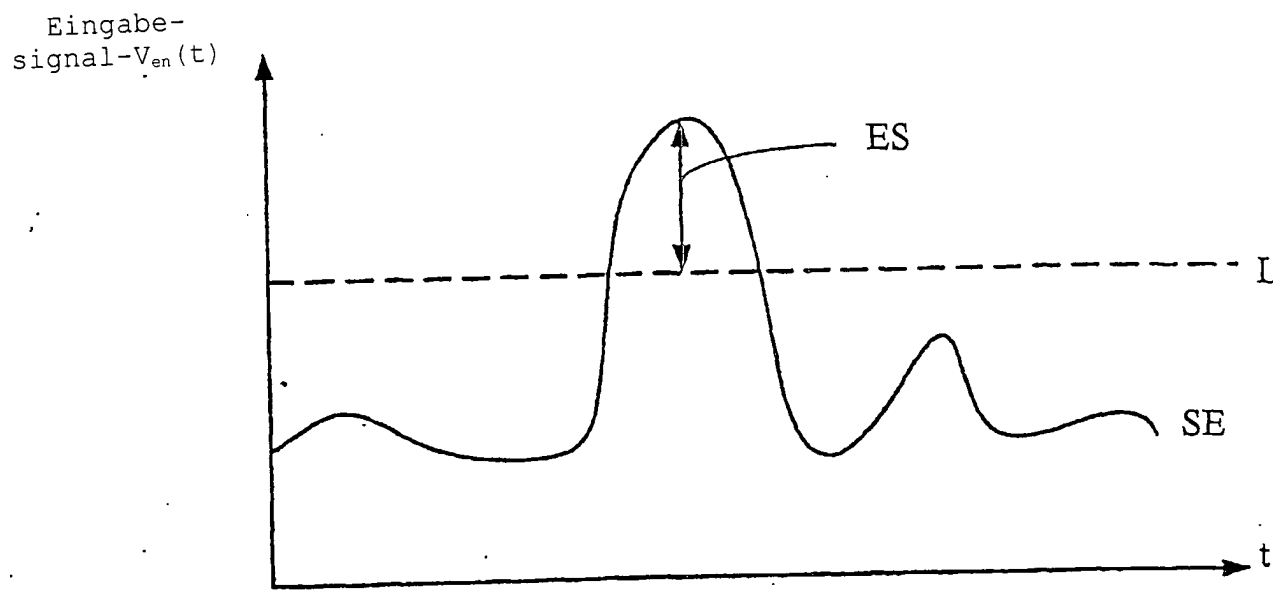


Fig. 1A

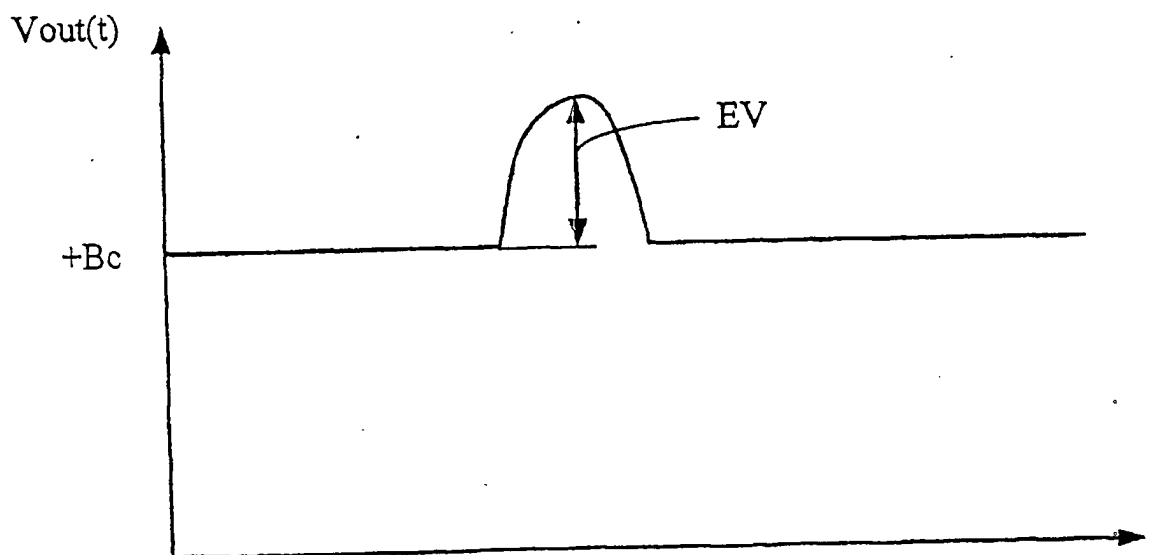


Fig. 1B

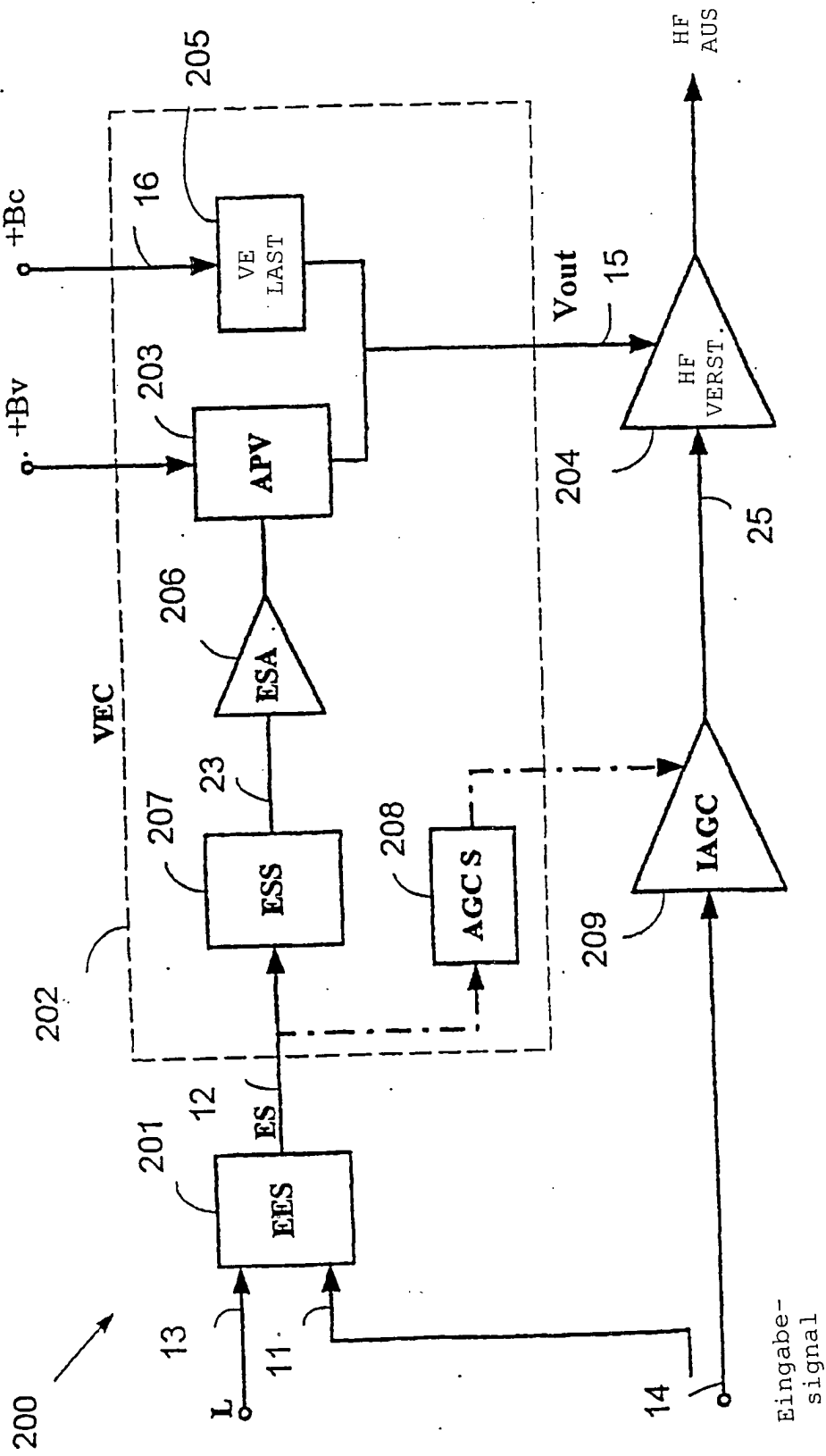


Fig. 2A

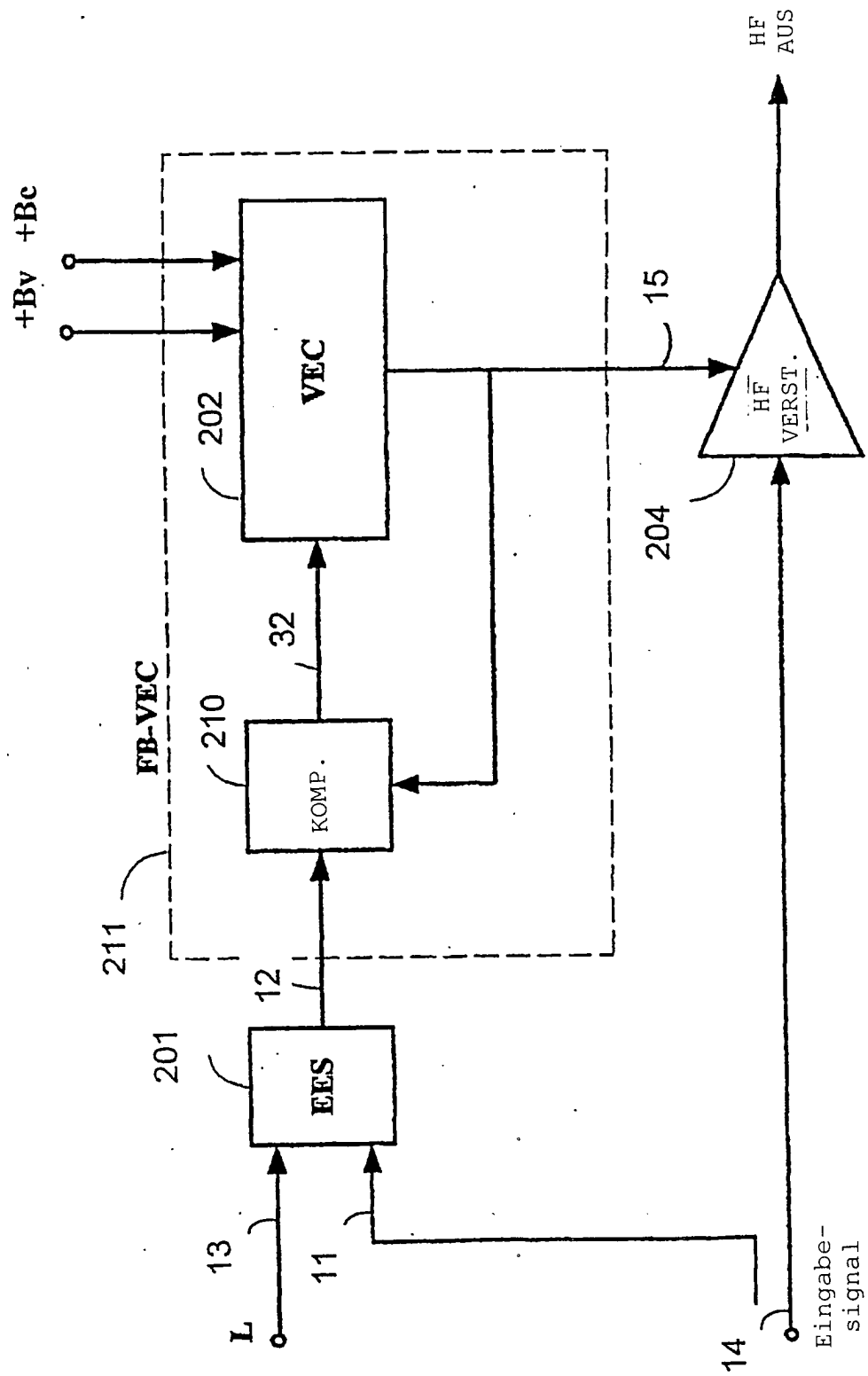


Fig. 2B

HF-SIGNAL-HÜLLKURVEN

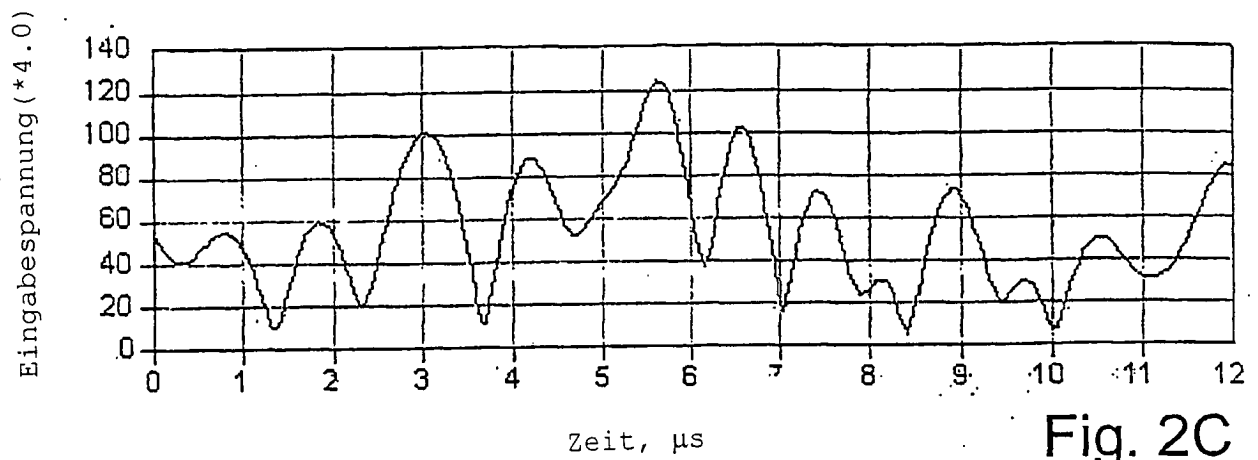


Fig. 2C

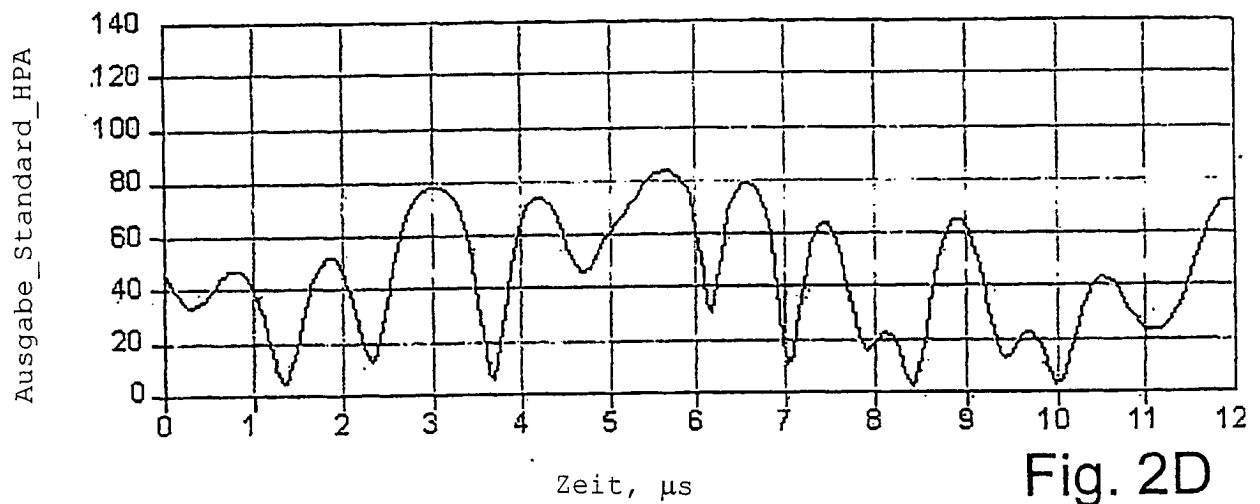


Fig. 2D

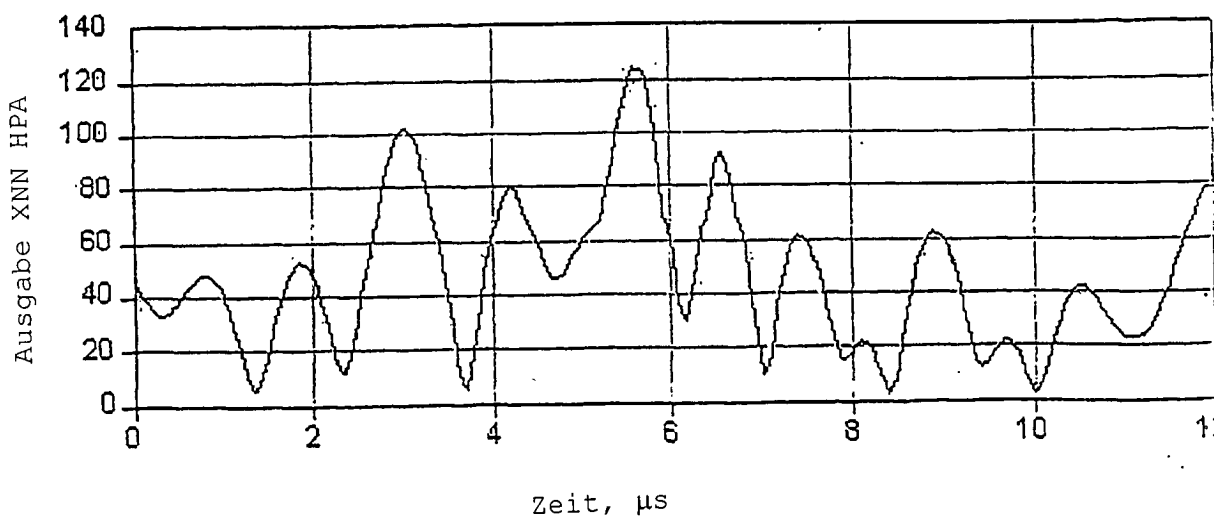


Fig. 2E

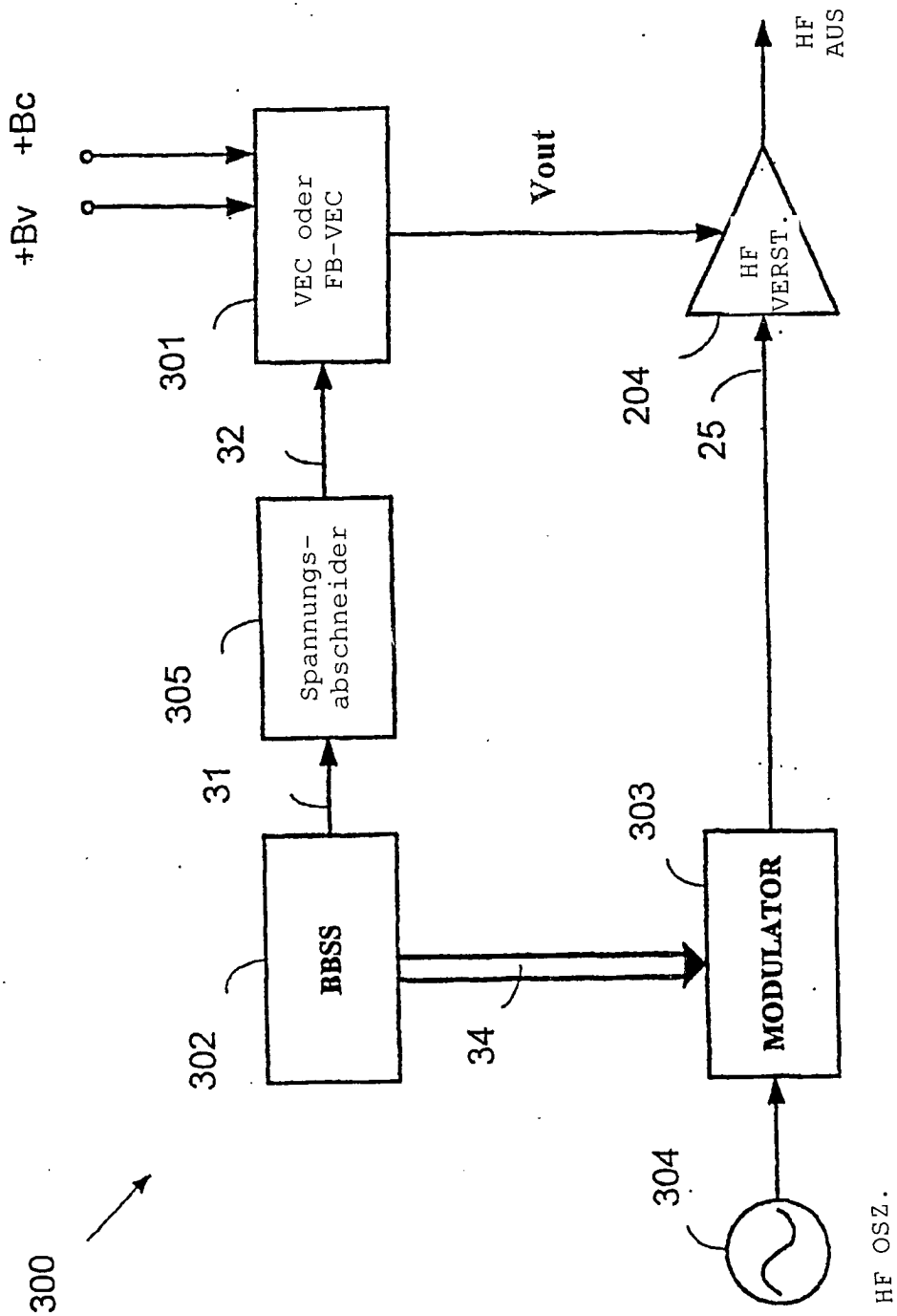


Fig. 3

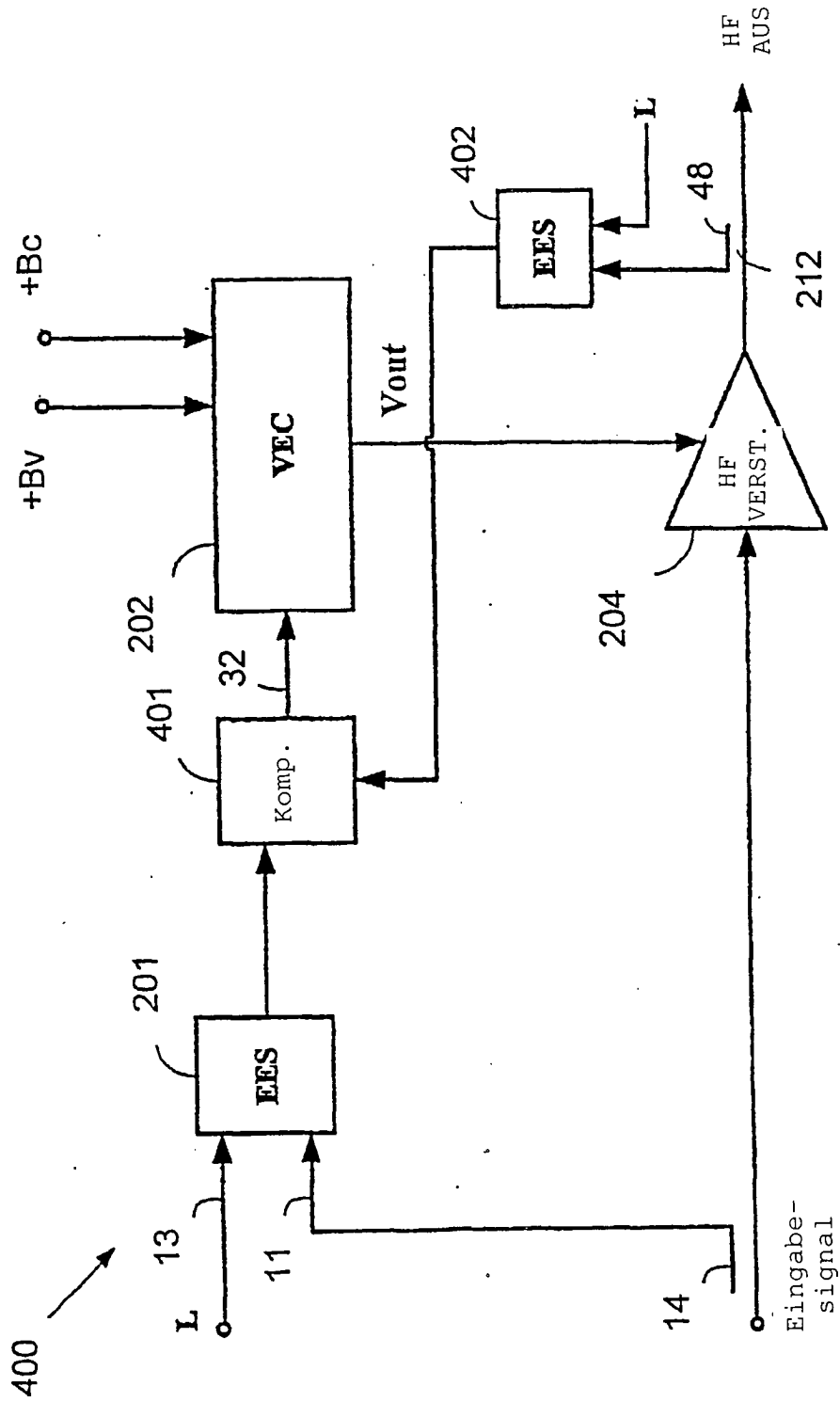


Fig. 4

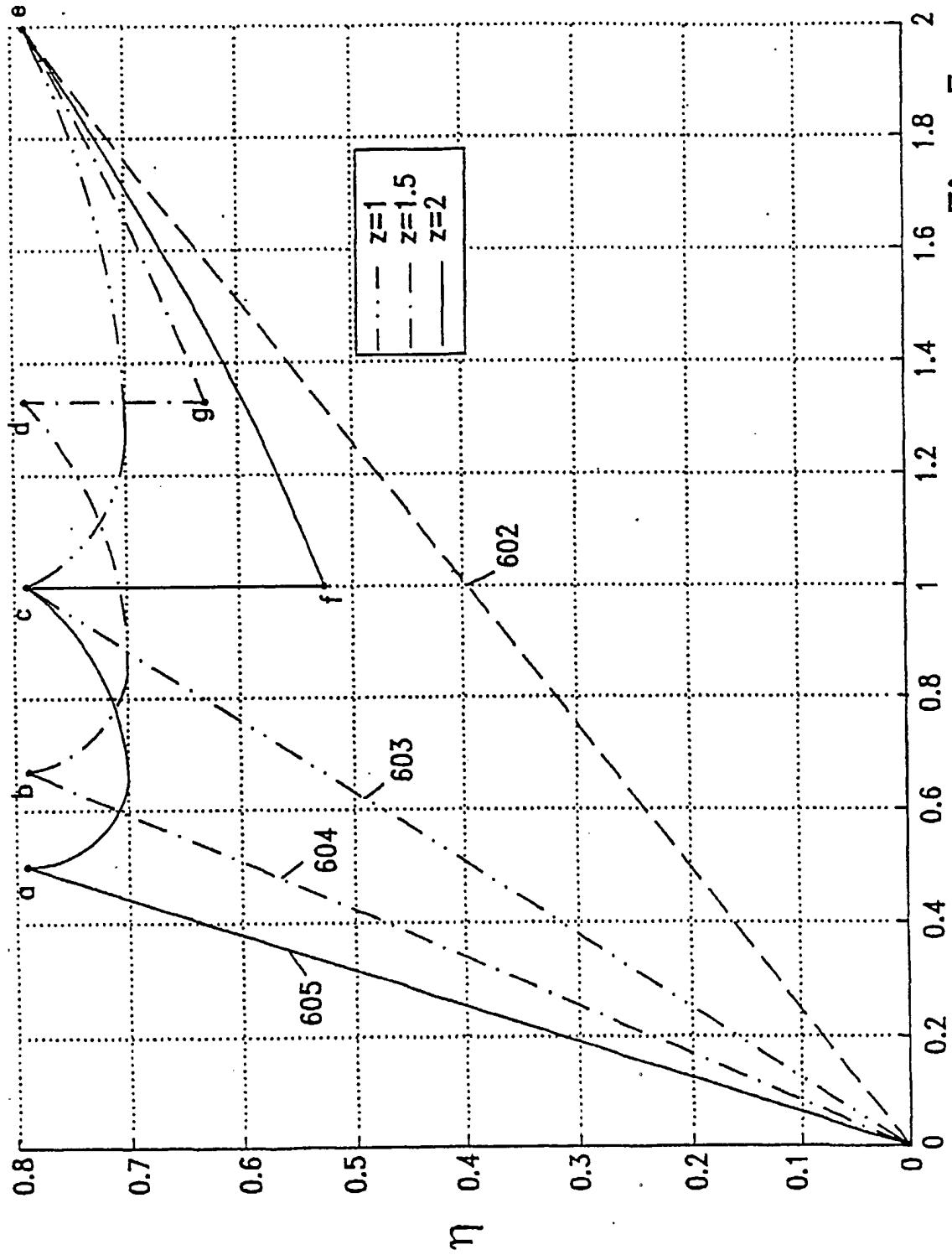
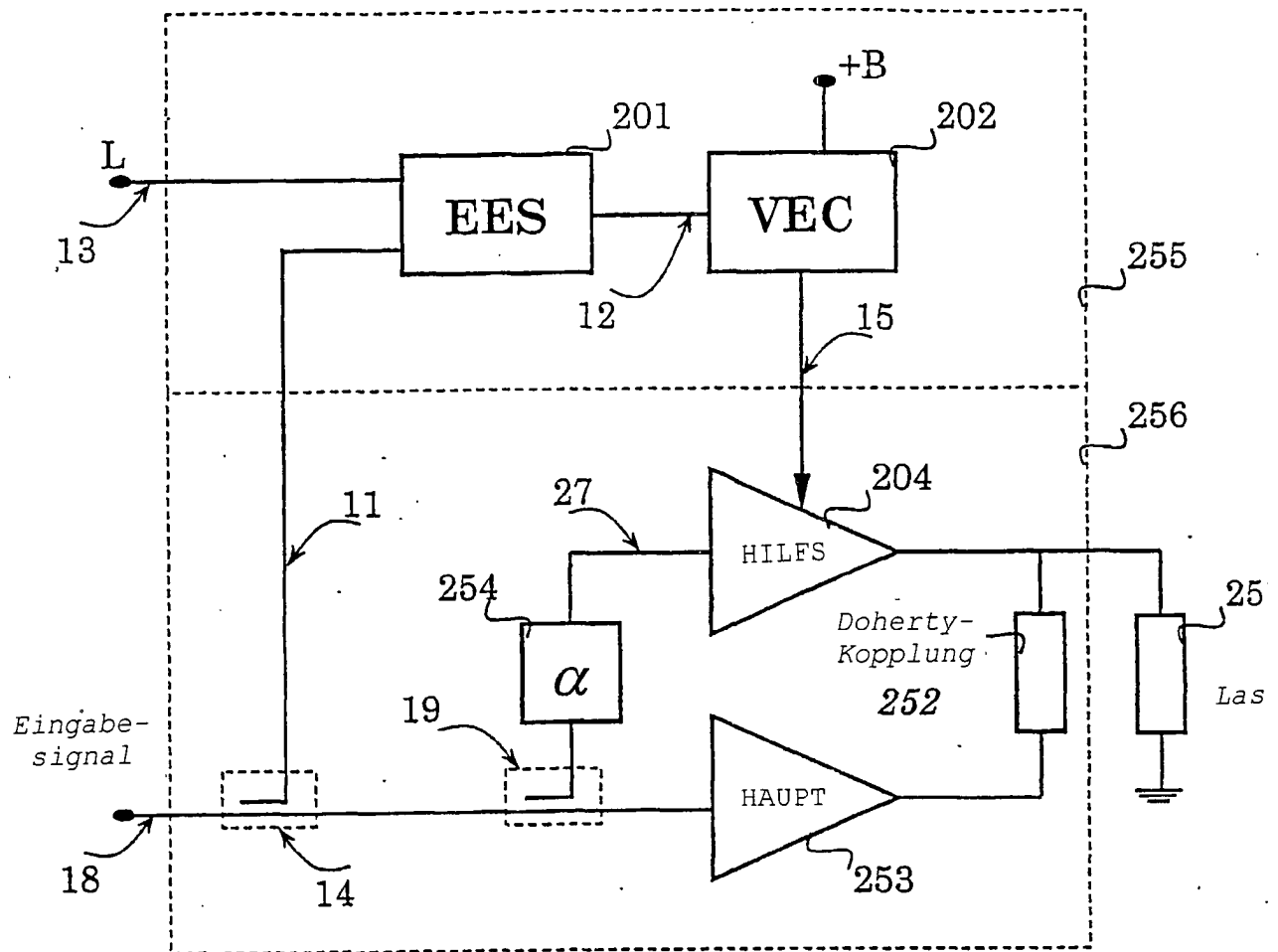


Fig. 5

Normalisierte Ausgabespannung



**Fig. 6**