

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2012年7月19日(19.07.2012)



(10) 国際公開番号  
WO 2012/096337 A1

- (51) 国際特許分類:  
H03F 1/32 (2006.01) H03F 3/20 (2006.01)  
H03F 1/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/050459
- (22) 国際出願日: 2012年1月12日(12.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2011-006041 2011年1月14日(14.01.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社日立国際電気(HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) [JP/JP]; 〒1018980 東京都千代田区外神田四丁目14番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 本江 直樹(HONGO, Naoki) [JP/JP]; 〒1878511 東京都小平市御幸町32番地 株式会社日立国際電気内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,

BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

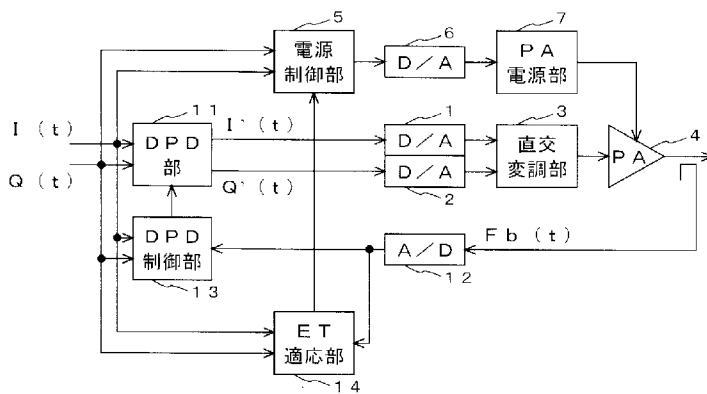
添付公開書類:

- 国際調査報告(条約第21条(3))

(54) Title: AMPLIFYING DEVICE

(54) 発明の名称: 増幅装置

[図1]



- 3 Orthogonal modulation unit
- 5 Power supply control unit
- 7 PA power supply unit
- 11 DPD unit
- 13 DPD control unit
- 14 ET adaptation unit

(57) Abstract: [Problem] To effectively control the amplitude vs. supply voltage characteristics of an ET amplifier, for example. [Solution] An amplifying device for amplifying an input signal wherein: an amplification means (4) amplifies the input signal; amplification control means (5, 7) control the supply voltage to the amplification means on the basis of the input signal; a first detection means (14) detects the amplification factor between the input signal and a feedback signal obtained by means of a feedback of the signal that has been amplified by the amplification means; a second detection means (14) detects the amplitude value of the input signal or the variance of the amplification factor in each range; and an amplification control update means (14) performs an update so as to increase the supply voltage with respect to an amplitude value or range that exhibits a variance in excess of a predetermined threshold value, or to reduce the supply voltage with respect to an amplitude value or range that exhibits a variance lower than the predetermined threshold value.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/096337 A1



---

課題 例えば、E T増幅器で、効果的に、振幅対電源電圧特性を制御する。 解決手段 入力信号を増幅する増幅装置において、増幅手段4が入力信号を増幅し、増幅制御手段5、7が入力信号に基づいて増幅手段への電源電圧を制御し、第1の検出手段14が入力信号と増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号との増幅率を検出し、第2の検出手段14が入力信号の振幅の値又は範囲毎に増幅率の分散を検出し、増幅制御更新手段14が分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について電源電圧をより大きくするように更新し、分散が所定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について電源電圧をより小さくするように更新する。

## 明 細 書

発明の名称：増幅装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、増幅装置に関し、特に、例えば、歪補償機能付き又はそのような機能が無いE T増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御する増幅装置に関する。

### 背景技術

[0002] 電力増幅器には、低非線形歪、高効率化及び広帯域化が求められる。

現在は、ドハティ増幅器で高効率化し、DPD (Digital Pre-Distorter) で歪補償を行う方法が一般的である。

例えば、第3世代以降の携帯電話では、WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) 方式やOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex) 方式などのように、大きなPAPR (Peak to Average Power Ratio) を持つ信号が用いられ、システムの帯域幅は数十MHzである。

[0003] 第4世代には更に広帯域な信号が用いられるが、ドハティ増幅器では、PAPRに応じたバックオフが必要であるため高効率化に限界がある。また、 $1/4$ 波長線路を用いた負荷変調を行うため広帯域化が困難である。

[0004] そこで、増幅する信号の振幅に応じて増幅器の電源電圧を制御することによって、常に飽和に近い状態で動作させる方式が研究されている。このような方式を用いると、理想的にはバックオフは不要となるため高効率化を実現することができ、また、増幅する信号の周波数に依存しないため広帯域化を実現することができる。このような方式の代表的な技術として、ET (Envelope Tracking) やEER (Envelope Elimination and Restoration) が挙げられる。

[0005] 図10には、アナログ方式のET増幅器 (ET方式の増幅器) の構成例を

示してある。

本例のE T増幅器は、電力増幅部（PA：Power Amplifier）101、振幅検出部102、PA電源部103を備えている。

本例のE T増幅器において行われる動作の例を示す。

入力信号は、CDMA信号やOFDM信号などのように大きなPAPRを持つ変調信号を無線周波数（RF：Radio Frequency）の搬送波に乗せたRF信号である。

[0006] 振幅検出部102では、入力信号が入力され、その振幅を検出する。PA電源部103では、検出された振幅の大きさに応じて、電力増幅部101に与える電源電圧の大きさを制御する。電力増幅部101では、入力信号が入力され、その電力を増幅して出力信号（増幅信号）を出力する。このとき、電力増幅部101で入力信号の振幅に対応した電源が供給されるように、電力増幅部101の入力側又は電源供給側に、適宜、遅延回路（図示せず）を挿入して時間調整が行われる。

[0007] これを実施する一例としては、振幅検出部102にはダイオード検波器を用い、PA電源部103にはD級増幅器を用い、電力増幅部101には電界効果トランジスタ（FET：Field Effect Transistor）やバイポーラトランジスタを用いる。その他、様々な公知の技術で実現することが可能である。

[0008] 図11には、従来方式とE T方式との比較の一例を示してある。

図11に示されるグラフにおいて、横軸は時間（Time）を表しており、縦軸は増幅器の一例としてFETに印加するドレイン電圧（VDD）を表している。

従来方式（Conventional）では、最大電力に合わせた固定の電源電圧（Fixed VDD）を印加していたのに対して、E T方式では、入力信号の振幅（図11で点線で示されるEnvelope）に応じた電源電圧を印加して常に飽和に近い状態で増幅器を動作させる。

従って、E T方式では従来方式と比べて、図11で色付き部分の供給電圧

を低減することができ、すなわち、電力増幅部 101 への供給電力を低減することができるため、高効率となる。

[0009] 上述した E T 方式の例はアナログ信号に対する実現方法であったが、次に、デジタル信号に対する実現方法を示す。

図 12 には、デジタル方式の E T 増幅器の構成例を示してある。

本例の E T 増幅器は、複素信号の I 成分に対応した D/A (Digital to Analog) 変換器 111、複素信号の Q 成分に対応した D/A 変換器 112、直交変調部 113、電力増幅部 (PA) 114、振幅検出部 115、D/A 変換器 116、PA 電源部 117 を備えている。

[0010] ここで、本例のデジタル方式の E T 増幅器において、振幅検出部 115 と PA 電源部 117 と電力増幅部 114 は、図 10 に示されるアナログ方式の E T 増幅器の対応する処理部と同様な機能を有している。

また、本例のデジタル方式の E T 増幅器では、アナログ方式との違いとして、3 個の D/A 変換器 111、112、116 と直交変調部 113 を備えている。

[0011] 本例の E T 増幅器において行われる動作の例を示す。

入力信号は I 相 (I 成分)  $I(t)$  及び Q 相 (Q 成分)  $Q(t)$  からなるデジタル信号である。 $I(t)$ 、 $Q(t)$  は時間 (時刻)  $t$  の関数である。

振幅検出部 115 は、デジタル部に備えられ、入力信号  $I(t)$ 、 $Q(t)$  に基づいて、(式 1) により、瞬時振幅  $Env(t)$  を求める。 $Env(t)$  は時間  $t$  の関数である。

[数 1]

$$Env(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)} \quad \cdot \cdot \quad (式 1)$$

[0012] 振幅検出部 115 からの出力信号 (瞬時振幅  $Env(t)$  に対応した信号) が、D/A 変換器 116 によりデジタル信号からアナログ信号へ変換されて、PA 電源部 117 に入力される。

PA電源部117は、図10に示されるアナログ方式の場合と等しい処理を行う。

[0013] また、入力信号  $I(t)$ 、 $Q(t)$  は2個のD/A変換器111、112によりデジタル信号からアナログ信号へ変換され、当該変換後の信号について直交変調部113により直交変調が行われ、当該直交変調結果の信号が電力増幅部114によりその電力を増幅される。

なお、無線周波数によっては、通常、図示していないが周波数変換器（アップコンバータ）が用いられ、例えば、直交変調部113と電力増幅部114との間に周波数変換器（アップコンバータ）が備えられる。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0014] 特許文献1：特開2004-104194号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0015] 図13には、歪補償機能付きのET増幅器の構成例を示してある。

本例の歪補償機能付きET増幅器は、複素信号のI成分に対応したD/A変換器201、複素信号のQ成分に対応したD/A変換器202、直交変調部203、電力増幅部（PA）204、電源制御部205、D/A変換器206、PA電源部207、DPD部211、A/D（Analog to Digital）変換器212、DPD制御部213を備えている。

[0016] 本例の歪補償機能付きET増幅器において行われる動作の例を示す。

入力信号はI相（I成分） $I(t)$ 及びQ相（Q成分） $Q(t)$ からなるデジタル信号である。 $I(t)$ 、 $Q(t)$ は時間 $t$ の関数である。

電源制御部205は、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ の振幅（瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ ）を（式1）により検出し、検出した振幅に応じて電力増幅部204に与える電源電圧に対する電源制御値を出力する。

ここで、電源制御部205は、例えば、振幅に応じた電源電圧の値（電源

制御値)をメモリに保存しておくテーブル(例えば、LUT: Look-Up Table)を設けて当該テーブルの内容に基づいて電源制御値を出力する機能を備えることや、或いは、電源電圧の値(電源制御値)を振幅の関数として保持してサンプル毎に電源制御値を計算して出力する機能を備えることなどによって実現することができ、この場合、電源電圧は、例えば、ET方式で電力効率が大きくなるように設計する。

[0017] 図14には、振幅と電源制御値との対応付けの一例を示してある。

図14に示されるグラフにおいて、横軸は振幅を表しており、縦軸は電源制御値を表している。

例えば、振幅が大きい場合には電源電圧を大きくし、振幅が小さい場合には電源電圧を小さくする特性によって、図10に示されるET増幅器のような動作が実現される。

なお、本例では、電源制御値が大きくなると電源電圧が大きくなり、電源制御値が小さくなると電源電圧が小さくなるように構成されているとする。

[0018] 電源制御部205から出力された電源制御値は、D/A変換器206によりデジタル信号からアナログ信号へ変換されて、PA電源部207に送られる。

PA電源部207では、入力された電源制御値に応じて、電力増幅部204に与える電源電圧の大きさを制御する。

[0019] DPD部211は、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ に対して、電力増幅部204のAM/AM特性及びAM/PM特性の逆特性を与えることによって、電力増幅部204の非線形歪を補償する。

ここで、DPD部211は、様々な公知の技術によって実現することができ、また、近年ではメモリ効果を補償する技術も搭載されている。

[0020] DPD部211からの出力信号 $I'(t)$ 、 $Q'(t)$ はD/A変換器201、202によりデジタル信号からアナログ信号へ変換されて、当該変換後の信号について直交変調部203により直交変調が行われ、当該直交変調結果の信号が電力増幅部204によりその電力を増幅される。

[0021] このとき、電力増幅部204で入力信号の振幅に対応した電源が供給されるように、電力増幅部204の入力側又は電源供給側に、適宜、遅延回路（図示せず）を挿入して時間調整が行われる。

なお、無線周波数によっては、通常、図示していないが周波数変換器（アップコンバータ）が用いられ、例えば、直交変調部203と電力増幅部204との間に周波数変換器（アップコンバータ）が備えられる。

[0022] 電力増幅部204からの出力信号（増幅信号）の一部が、方向性結合器などによって取得されて、フィードバック信号 $F_b(t)$ として帰還され、A/D変換器212によりアナログ信号からデジタル信号へ変換されて、DPD制御部213に入力される。 $F_b(t)$ は時間 $t$ の関数である。

なお、無線周波数によっては、通常、図示していないが周波数変換器（ダウンコンバータ）が用いられ、例えば、電力増幅部204とA/D変換器212との間に周波数変換器（ダウンコンバータ）が備えられる。

DPD制御部213は、入力されたフィードバック信号とメモリ等に記憶しておいた入力信号とを比較して、例えば、温度変化や経年変化などで歪補償性能が劣化しないように、DPD部211（例えば、その歪補償の特性）を適応的に制御する。

なお、DPD制御部213は、例えば、様々な公知の技術によって実現することができる。

[0023] しかしながら、上記のような歪補償機能付きET増幅器では、電源制御部205の振幅対電源電圧特性を設計するにあたり、電力効率を大きくするために電源電圧を小さくしすぎると、電力増幅部204がより深い飽和領域で動作することになり、歪補償能力の限界を超えてしまって、非線形歪が関係する品質規格（例えば、ACLR (Adjacent Channel Leakage power Ratio) や、EVM (Error Vector Magnitude) ) を満足しないことになってしまう。一方、品質規格を満足するように電源電圧を大きくして余裕を持たせると、電力効率が小さくなり無駄な電力を消費してしまうという問題がある。

このような実状から、品質規格を満たし、且つ、電力効率を大きくする（例えば、最大化する）技術の開発が期待されている。

[0024] また、別の問題について、携帯電話システムを例として説明する。

基地局については、他のシステムの干渉とならないように許容される帯域外輻射電力の規格や、また、移動局の回路規模を増大することなく通信品質を確保するために要求される規格が厳しい。一方、移動局については、電池の連続使用可能時間を長くするために、比較的規格が緩和されている。すなわち、基地局では非線形歪を小さくすることを重視し、移動局では電力効率を重視する。

[0025] そこで、検討すると、例えば、非線形歪が関係する品質規格によって振幅対電源電圧特性を適応的に決定する方法があると、その都度設計する必要がないために開発効率が向上し、また、増幅素子の固体差の問題や固体調整に要する時間の問題が解消される、と考えられる。

また、従来においては、振幅対電源電圧特性を適応的に決定する方法の更なる開発が望まれていた。

[0026] 本発明は、このような従来事情に鑑み為されたもので、例えば、歪補償機能付き又はそのような機能が無いET増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御することができる増幅装置を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0027] 上記目的を達成するため、本発明では、以下のような構成とした。

（構成例1）上位的な概念に係る構成例を示す。

本発明では、入力信号を増幅する増幅装置において、次のような構成とした。

すなわち、増幅手段が、前記入力信号を増幅する。増幅制御手段が、前記入力信号に基づいて、前記増幅手段への電源電圧を制御する。第1の検出手段が、前記入力信号と前記増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号との増幅率（又は、位相差）を検出する。第2の検出手段が、前記

第1の検出手段により検出された増幅率（又は、位相差）について、前記入力信号の振幅の値又は範囲毎に、増幅率（又は、位相差）の分散を検出する。増幅制御更新手段が、前記第2の検出手段により検出された分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより大きくするように更新し、前記第2の検出手段により検出された分散が前記所定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより小さくするように更新する。

[0028] 従って、例えば、歪補償機能付き又はそのような機能が無いET増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御することができる。

ここで、増幅手段としては、種々なものが用いられてもよく、例えば、電力増幅器を用いることができる。

また、入力信号に基づいて電源電圧を制御する態様としては、例えば、入力信号の振幅又は電力などのレベルに基づいて電源電圧を制御する態様を用いることができる。

[0029] また、振幅の値又は範囲としては、例えば、振幅の値が用いられてもよく、或いは、振幅の範囲が用いられてもよい。振幅の範囲が用いられる場合には、例えば、各範囲や、範囲の数（総数）としては、それぞれ種々な態様が用いられてもよい。

また、分散に関する所定の閾値としては、種々な値が用いられてもよい。

[0030] また、電源電圧を更新する量やタイミングなどとしては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、一定の量又は変化し得る量や、一定の時間のタイミング又は変化し得る時間のタイミングなどの態様を用いることができる。

また、増幅制御手段により制御される増幅手段への電源電圧を更新する態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、電源電圧を制御するためにテーブルが用いられる場合に、そのテーブルの情報内容を変更（更新）する態様や、或いは、電源電圧を制御するために数式やパラメータが用いられる場合に、その数式やパラメータを変更（更新）する態様などを用いる

ことができる。

[0031] また、入力信号と帰還信号との増幅率としては、例えば、（帰還信号の振幅）／（入力信号の振幅）の値や、或いは、（入力信号の振幅）／（帰還信号の振幅）の値を用いることができる。

また、入力信号と帰還信号との位相差としては、例えば、{（入力信号の位相）－（帰還信号の位相）}の値の絶対値を用いることができる。

[0032] （構成例2）増幅率を用いる構成例を示す。

本発明では、入力信号を増幅する増幅装置において、次のような構成とした。

すなわち、増幅手段が、前記入力信号を増幅する。増幅制御手段が、前記入力信号に基づいて、前記増幅手段への電源電圧を制御する。入力振幅検出手段が、前記入力信号の振幅を検出する。帰還検波手段が、前記増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号（フィードバック信号）を検波する。帰還振幅検出手段が、前記帰還検波手段により検波された信号の振幅を検出する。増幅率検出手段が、前記入力振幅検出手段により検出された振幅と前記帰還振幅検出手段により検出された振幅に基づいて、増幅率を検出する。振幅増幅率対応付け手段が、前記増幅率検出手段により検出された増幅率と前記入力振幅検出手段により検出された振幅の値又は範囲とを対応付ける。分散検出手段が、前記振幅増幅率対応付け手段による対応付けに基づいて、前記入力信号の振幅の値又は範囲毎に、増幅率の分散を検出する。増幅制御更新手段が、前記分散検出手段により検出された分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより大きくするように更新し、前記分散検出手段により検出された分散が前記所定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより小さくするように更新する。

[0033] 従って、例えば、歪補償機能付き又はそのような機能が無いET増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御することができる。

ここで、上記した（構成例1）について述べたことは、同様な構成部分について適用され得る。

[0034] また、増幅率と振幅の値又は範囲とを対応付ける態様及び振幅の値又は範囲毎に増幅率の分散を検出する態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、増幅率と振幅の値とを対応付けて、振幅の値毎に、同一の振幅の値を有するサンプルについて増幅率の分散を検出する態様や、或いは、増幅率と振幅の値とを対応付けて、振幅の範囲毎に、同一の振幅の範囲に属するサンプルについて増幅率の分散を検出する態様や、或いは、増幅率と振幅の範囲とを対応付けて、振幅の範囲毎に、同一の振幅の範囲に属するサンプルについて増幅率の分散を検出する態様を用いることができる。

[0035] （構成例3）位相差を用いる構成例を示す。

本発明では、入力信号を増幅する増幅装置において、次のような構成とした。

すなわち、増幅手段が、前記入力信号を増幅する。増幅制御手段が、前記入力信号に基づいて、前記増幅手段への電源電圧を制御する。入力振幅検出手段が、前記入力信号の振幅を検出する。入力位相検出手段が、前記入力信号の位相を検出する。帰還直交検波手段が、前記増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号を直交検波する。帰還位相検出手段が、前記帰還直交検波手段により検波された信号の位相を検出する。位相差検出手段が、前記入力位相検出手段により検出された位相と前記帰還位相検出手段により検出された位相に基づいて、位相差を検出する。振幅位相差対応付け手段が、前記位相差検出手段により検出された位相差と前記入力振幅検出手段により検出された振幅の値又は範囲とを対応付ける。分散検出手段が、前記振幅位相差対応付け手段による対応付けに基づいて、前記入力信号の振幅の値又は範囲毎に、位相差の分散を検出する。増幅制御更新手段が、前記分散検出手段により検出された分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより大きくするように更新し、前記分散検出手段により検出された分散が前記所

定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより小さくするように更新する。

[0036] 従って、例えば、歪補償機能付き又はそのような機能が無いET増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御することができる。

ここで、上記した（構成例1）について述べたことは、同様な構成部分について適用され得る。

[0037] また、位相差と振幅の値又は範囲とを対応付ける態様及び振幅の値又は範囲毎に位相差の分散を検出する態様としては、種々な態様が用いられてもよく、例えば、位相差と振幅の値とを対応付けて、振幅の値毎に、同一の振幅の値を有するサンプルについて位相差の分散を検出する態様や、或いは、位相差と振幅の値とを対応付けて、振幅の範囲毎に、同一の振幅の範囲に属するサンプルについて位相差の分散を検出する態様や、或いは、位相差と振幅の範囲とを対応付けて、振幅の範囲毎に、同一の振幅の範囲に属するサンプルについて位相差の分散を検出する態様を用いることができる。

[0038] （構成例4）上記した（構成例1）～（構成例3）における更なる構成例を示す。

本発明では、上記した（構成例1）～（構成例3）のいずれかに係る増幅装置において、次のような構成とした。

すなわち、プリディストーション手段が、前記増幅手段により増幅される信号について、プリディストーション方式により歪補償を行う。

[0039] 従って、例えば、歪補償機能付きのET増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御することができる。例えば、電源電圧の制御とプリディストーション方式による歪補償とを共に行う場合に、これら両方の組み合わせにおいて良好な制御を実現することができる。

ここで、プリディストーション手段としては、種々なものが用いられてもよく、例えば、AM/AM特性及びAM/PM特性に関する歪補償を行うプリディストータ（メモリレスプリディストータ）が用いられてもよく、或いは、メモリレスプリディストータと共に、メモリ効果に関する歪補償を行う

プリディストータ（メモリプリディストータ）が用いられてもよい。

## 発明の効果

[0040] 以上説明したように、本発明に係る増幅装置によると、例えば、歪補償機能付き又はそのような機能が無いE T増幅器において、効果的に、振幅対電源電圧特性を適応的に制御することができる。

## 図面の簡単な説明

[0041] [図1]本発明の一実施例（第1実施例）に係る歪補償機能付きのE T増幅器の構成例を示す図である。

[図2]E T適応部の構成例を示す図である。

[図3]（a）はAM/A M特性の一例を示す図であり、（b）は電源制御部の対応付けの一例を示す図である。

[図4]歪補償機能付きE T増幅器においてE T適応部により電源制御部を制御する処理の手順の一例を示すフローチャートの図である。

[図5]E T適応部の構成例を示す図である。

[図6]AM/A M特性の一例を示す図である。

[図7]（a）、（b）はDPDを用いた場合について電源電圧が一定である電力増幅部（PA）の歪補償特性の一例を示す図である。

[図8]（a）、（b）はDPDを用いた場合についてE T方式の電力増幅部（PA）の歪補償特性の第1の例を示す図である。

[図9]（a）、（b）はDPDを用いた場合についてE T方式の電力増幅部（PA）の歪補償特性の第2の例を示す図である。

[図10]アナログ方式のE T増幅器の構成例を示す図である。

[図11]従来方式とE T方式との比較の一例を示す図である。

[図12]デジタル方式のE T増幅器の構成例を示す図である。

[図13]歪補償機能付きのE T増幅器の構成例を示す図である。

[図14]振幅と電源制御値との対応付けの一例を示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0042] 本発明に係る実施例を図面を参照して説明する。

まず、概要を説明する。

本実施例では、電力増幅部（PA）からの出力信号をフィードバックして、それぞれの振幅のゲインの分散を把握し、ゲインの分散に応じてET増幅器の電源電圧を適応的に調節する。

[0043] 図6には、AM/AM特性の一例を示してある。

図6に示されるグラフにおいて、横軸は振幅を表しており、縦軸はゲインを表している。また、プリディストータ（PD）があるときの特性例と、プリディストータ（PD）が無いときの特性例を示してある。

一般的な増幅素子では、入力信号の振幅が大きくなると飽和領域となりゲインが急激に小さくなり、これが非線形歪の原因となる。そこで、PD（例えば、DPD）を用いると、非線形特性が補償され、すなわち、ゲインが一定になる。

[0044] しかしながら、実際の電力増幅部（PA）では、メモリ効果によって発生する非線形歪が存在する。

図7（a）、（b）には、DPDを用いた場合について、電源電圧が一定である電力増幅部（PA）の歪補償特性の一例を示してある。

図8（a）、（b）には、DPDを用いた場合について、ET方式の電力増幅部（PA）の歪補償特性の第1の例を示してある。

図9（a）、（b）には、DPDを用いた場合について、ET方式の電力増幅部（PA）の歪補償特性の第2の例を示してある。

ここで、図9（a）、（b）に示される第2の例では、図8（a）、（b）に示される第1の例と比較して、電源電圧を小さく設計した場合となっている。

[0045] 図7、図8、図9において、（a）には、AM/AM特性の一例を示してある。グラフの横軸は入力電力（Input power）[dB]を表しており、グラフの縦軸はゲイン（Gain）[dB]を表している。

図7、図8、図9において、（b）には、周波数パワースペクトル（Power Spectrum）の一例を示してある。グラフの横軸は周波数（

Frequency) [MHz] を表しており、グラフの縦軸はパワースペクトル密度 (Power Spectral Density) [dB] を表している。

[0046] ここで、図7(a)、図8(a)、図9(a)に示されるAM/AM特性から、入力の振幅が同じでもメモリ効果によってゲインが異なることが分かる。なお、DPDによってそれぞれの振幅のゲインの平均値は一定になっていることから、DPDは正常に機能しており、DPDの歪補償性能の限界に達していることが分かる。メモリ効果は飽和領域で多く発生し、影響を強く受けすぎるとメモリ効果用のDPDを用いても完全には補償することができない。

[0047] 図7(a)、(b)の例のように、電力増幅部(PA)の電源電圧が一定である場合には、入力電力が大信号領域のみで飽和領域となるため、入力電力が小さい領域ではゲインのばらつき、すなわち、ゲインの分散が小さい。一方、図8(a)、(b)や図9(a)、(b)の例のように、ET方式では、振幅が小さい場合には電源電圧を小さくするため、小信号領域でも飽和に近い領域での動作となりゲインの分散が大きくなる。

また、図9(a)、(b)の例の方が図8(a)、(b)の例と比較して電源電圧を小さく設計した場合であるため、効率は良いが、ゲインの分散が大きくなることが分かる。

従って、ゲインの分散と電力効率とが関係付けられる。

[0048] また、図7(b)、図8(b)、図9(b)に示されるように、ゲインの分散が大きいと非線形歪による不要波のエネルギーが大きくなることが分かる。

従って、ゲインの分散と無線特性(ACLR、EVMなど)が関係付けられる。

[0049] このように、電力効率と無線特性はトレードオフの関係となり、両者ともゲインの分散の増減と相関関係がある。

そこで、本実施例では、ゲインの分散を所要品質によって定まる値以下に

抑えつつ電源電圧を最小にすることによって、E T増幅器を最適化することを図る。

## 実施例 1

[0050] 本発明の第1実施例を説明する。

図1には、本発明の一実施例に係る歪補償機能付きのE T増幅器の構成例を示してある。

本例の歪補償機能付きE T増幅器は、複素信号のI成分に対応したD/A変換器1、複素信号のQ成分に対応したD/A変換器2、直交変調部3、電力増幅器から構成された電力増幅部(PA)4、電源制御部5、D/A変換器6、PA電源部7、DPD部11、A/D変換器12、DPD制御部13、E T適応部14を備えている。

ここで、本例の歪補償機能付きE T増幅器は、概略的には、図13に示される歪補償機能付きE T増幅器と同様な構成において、更に、E T適応部14を備えた構成となっている。

[0051] 本例の歪補償機能付きE T増幅器において行われる動作の例を示す。

入力信号はI相(I成分)  $I(t)$  及びQ相(Q成分)  $Q(t)$  からなるデジタル信号である。 $I(t)$ 、 $Q(t)$  は時間  $t$  の関数である。

電源制御部5は、入力信号  $I(t)$ 、 $Q(t)$  の振幅(瞬時振幅  $E_{nv}(t)$ ) を(式1)により検出し、検出した振幅に応じて電力増幅部4に与える電源電圧に対する電源制御値を出力する。

ここで、電源制御部5は、例えば、振幅に応じた電源電圧の値(電源制御値)をメモリに保存しておくテーブル(例えば、LUT: Look-Up Table)を設けて当該テーブルの内容に基づいて電源制御値を出力する機能を備えることや、或いは、電源電圧の値(電源制御値)を振幅の関数として保持してサンプル毎に電源制御値を計算して出力する機能を備えることなどによって実現することができる。

なお、本例では、電源制御値が大きくなると電源電圧が大きくなり、電源制御値が小さくなると電源電圧が小さくなるように構成されているとする。

[0052] 電源制御部5から出力された電源制御値は、D/A変換器6によりデジタル信号からアナログ信号へ変換されて、PA電源部7に送られる。

PA電源部7では、入力された電源制御値に応じて、電力増幅部4に与える電源電圧の大きさを制御する。

[0053] DPD部11は、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ に対して、電力増幅部4のAM/AM特性及びAM/PM特性の逆特性を与えることによって、電力増幅部4の非線形歪を補償する。

ここで、DPD部11は、例えば、様々な公知の技術によって実現することができ、また、近年ではメモリ効果を補償する技術も搭載されている。

DPD部11としては、例えば、AM/AM特性及びAM/PM特性に関する歪補償を行うプリディストータ（メモリレスプリディストータ）が用いられてもよく、或いは、メモリレスプリディストータと共に、メモリ効果に関する歪補償を行うプリディストータ（メモリプリディストータ）が用いられてもよい。

[0054] DPD部11からの出力信号 $I'(t)$ 、 $Q'(t)$ はD/A変換器1、2によりデジタル信号からアナログ信号へ変換されて、当該変換後の信号について直交変調部3により直交変調が行われ、当該直交変調結果の信号が電力増幅部4によりその電力を増幅される。

[0055] このとき、電力増幅部4で入力信号の振幅に対応した電源が供給されるように、電力増幅部4の入力側又は電源供給側に、適宜、遅延回路（図示せず）を挿入して時間調整が行われる。

なお、無線周波数によっては、通常、図示していないが周波数変換器（アップコンバータ）が用いられ、例えば、直交変調部3と電力増幅部4との間に周波数変換器（アップコンバータ）が備えられる。

[0056] 電力増幅部4からの出力信号（増幅信号）の一部が、方向性結合器などによって取得されて、フィードバック信号 $F_b(t)$ として帰還され、A/D変換器12によりアナログ信号からデジタル信号へ変換されて、DPD制御部13及びET適応部14に入力される。 $F_b(t)$ は時間 $t$ の関数である

。

なお、無線周波数によっては、通常、図示していないが周波数変換器（ダウンコンバータ）が用いられ、例えば、電力増幅部4とA/D変換器12との間に周波数変換器（ダウンコンバータ）が備えられる。

DPD制御部13は、入力されたフィードバック信号とメモリ等に記憶しておいた入力信号とを比較して、例えば、温度変化や経年変化などで歪補償性能が劣化しないように、DPD部11（例えば、その歪補償の特性）を適応的に制御する。

なお、DPD制御部13は、例えば、様々な公知の技術によって実現することができる。

[0057] ET適応部14には、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ と、電力増幅部4からの出力信号をフィードバックした信号 $F_b(t)$ が入力される。

ET適応部14は、入力信号の振幅毎に電力増幅部4の増幅率（ゲイン）の分散を求め、所要品質によって決定した閾値（分散閾値）よりも分散が大きい振幅では電源電圧を現在の電圧よりも大きくし、当該閾値（分散閾値）よりも分散が小さい振幅では電源電圧を現在の電圧よりも小さくする。ET適応部14は、この規則に従って、電源制御部5に備えられる振幅と電源制御値との対応付け（例えば、図14に示されるような対応付け、或いは、他の手法による対応付け）を適応制御する。

[0058] ここで、分散閾値としては、種々な値が用いられてもよく、一例として、予めパラメータとして複数回試行した測定結果から得られる経験的な分散閾値—無線特性（例えば、ACLR）の値を用いることが挙げられる。また、適応制御において、電源電圧を増減する量としては、種々な値が用いられてもよく、例えば、ある微小な値を用いてもよく、又は、分散閾値に対する分散の差或いは比に応じて変化させる方法や、或いは、時間の経過と共に小さくする方法など、様々な方法が用いられてもよく、システムの要求に応じて任意の手法が用いられてもよい。

[0059] 以上のように、本例の歪補償機能付きET増幅器では、入力信号と帰還信

号（フィードバック信号）との増幅率（ゲイン）を計算し、入力信号の振幅毎に前記増幅率の分散を計算し、例えば所要品質によって決定した分散閾値よりも前記分散が大きい振幅では電力増幅部4の電源電圧を現在の電圧よりも大きくし、前記分散閾値よりも前記分散が小さい振幅では電力増幅部4の電源電圧を現在の電圧よりも小さくする。

[0060] 従って、本例の歪補償機能付きE T増幅器では、電力増幅部4について、非線形歪に関係する品質規格を満たし、且つ、電力効率を大きく（例えば、最大化）することができ、これにより、電力増幅器（電力増幅部4）の高品質化及び高効率化が実現される。

また、本例の歪補償機能付きE T増幅器では、例えば、開発効率が向上し、また、増幅素子の固体差の問題や、固体調整に要する時間の問題を解消することができる。

[0061] また、本例の歪補償機能付きE T増幅器では、P A電源部7から電力増幅部4への電源電圧の調整と、D P D部（その中における振幅の調整部）の調整との両方により、出力信号の振幅を調整することが可能であり、このような構成において、これら両方の調整の組み合わせの態様を良好にする（好ましくは、最適化する）ことができる。

[0062] なお、本例の歪補償機能付きE T増幅器（増幅装置の一例）では、電力増幅部4の機能により増幅手段が構成されており、電源制御部5やP A電源部7の機能により増幅制御手段が構成されており、E T適応部14の機能により、増幅率（他の構成例として、位相差でもよい）を検出する第1の検出手段や、増幅率の分散（他の構成例として、位相差の分散でもよい）を検出する第2の検出手段や、電力増幅部4に対する電源電圧の制御態様を更新する増幅制御更新手段が構成されている。また、本例では、D P D部11やD P D制御部13の機能によりプリディストーション手段が構成されている。

## 実施例 2

[0063] 本発明の第2実施例を説明する。

図2には、好ましい一実施例として、図1に示されるE T適応部14の構

成例を示してある。

本例のE T適応部14は、振幅検出部21、検波部22、振幅検出部23、ゲイン検出部24、振幅-ゲインマッピング部25、分散計算部26、振幅-電圧更新部27を備えている。

[0064] 本例のE T適応部14において行われる動作の例を示す。

振幅検出部21の入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ は、I相及びQ相のデジタル信号である。

振幅検出部21は、例えば図12に示される振幅検出部115と同様に、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ に基づいて、(式1)により、瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ を求める。 $E_{nv}(t)$ は時間 $t$ の関数である。本例では、振幅検出部21は、求めた瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ をゲイン検出部24及び振幅-ゲインマッピング部25へ出力する。

[0065] 検波部22の入力信号は、電力増幅部4からの出力信号であるフィードバック信号 $F_b(t)$ をデジタル変換した信号である。

検波部22は、入力されたフィードバック信号の検波を行い、その結果(I成分及びQ成分)を振幅検出部23へ出力する。本例では、好ましい形態例として、検波として、直交検波を用いている。

振幅検出部23は、振幅検出部21と同様な機能を有しており、入力された検波結果の信号(フィードバック信号)に対して、(式1)により、瞬時振幅 $E_{nv}(t)'$ を求めて、ゲイン検出部24へ出力する。

[0066] ここで、アナログ検波を行う場合には、検波部22は図1に示されるA/D変換器12の前段に備えられ、また、検波方式として包絡線検波を用いる場合には、振幅検出部23を省略することができる。つまり、本例では、フィードバック系に関しては、ゲイン検出部24にフィードバック信号の包絡線情報が入力されればよい。

ゲイン検出部24は、入力信号とフィードバック信号を同期させ、メモリ等に記憶しておいた入力信号の瞬時振幅とフィードバック信号の瞬時振幅とから、有限な任意の時間内の複数のサンプルについて、入力信号とフィード

バック信号との増幅率（ゲイン）を求めて、振幅－ゲインマッピング部 25 へ出力する。

[0067] 振幅－ゲインマッピング部 25 は、振幅検出部 21 により検出された入力信号の振幅と、ゲイン検出部 24 により検出されたゲインとを対応付けてメモリ等に記憶する。

分散計算部 26 は、振幅－ゲインマッピング部 25 で記憶したデータの中から、同じ振幅の範囲に含まれるゲインの分散を、それぞれの振幅の範囲について計算して、振幅－電圧更新部 27 へ出力する。ここで、振幅の範囲としては、任意の値でよい。

[0068] 振幅－電圧更新部 27 は、それぞれのゲインの分散とゲインの分散に関する閾値（分散閾値）とを比較して、比較結果に応じて、電源制御部 5 に対して、振幅－電源制御値の対応付けを更新する。具体的には、振幅－電圧更新部 27 は、ゲインの分散が分散閾値よりも大きい振幅の範囲については電源電圧を大きくする方向に電源制御値を更新し、ゲインの分散が分散閾値よりも小さい振幅の範囲については電源電圧を小さくする方向に電源制御値を更新する。

[0069] 図 3 (a)、(b) を参照して、本例の作用を説明する。

図 3 (a) には、AM/AM 特性の一例を示してある。グラフの横軸は入力電力 (Input Power) [dB] を表しており、グラフの縦軸はゲイン (Gain) [dB] を表している。

図 3 (b) には、電源制御部 5 の対応付けの一例を示してある。グラフの横軸は振幅を表しており、グラフの縦軸は電源制御値を表している。

[0070] 図 3 (a) に示される AM/AM 特性における点線で囲んだ部分（領域 301、302）ではゲインの分散が分散閾値よりも大きく、このため、図 3 (b) に示される電源制御部の対応付けにおける該当する振幅の範囲（領域 301、302）の電圧（電源制御値）を大きくし、その他の振幅ではゲインの分散が分散閾値よりも小さいことから電圧（電源制御値）を小さくする。

なお、本例では、好ましい形態例として、振幅の範囲の中心において電圧を更新し、その他の振幅についてはその更新結果を補間する例の結果を示してある。ここで、例えば、最小二乗法などの様々な平均化法或いは補間法を用いると良い特性が得られると考えられ、任意の方法が選択されて用いられてもよい。

[0071] 図4には、本例の歪補償機能付きET増幅器においてET適応部14により電源制御部5を制御する処理の手順の一例を示してある。

なお、本例の処理は、例えば、計算機やプロセッサなどのプログラム、或いは、ロジック回路などを用いて行われる。

また、例えば、図14、図6、図3(b)のグラフの横軸については振幅で表し、図7(a)、図7(b)、図7(c)、図3(a)のグラフの横軸については電力で表していることから分かるように、同じ効果が得られることから、振幅又は電力のいずれの単位が用いられてもよい。

[0072] まず、本例の処理フローにおいて使用する記号について説明する。

$G(t)$  は、時刻  $t$  におけるゲインを表す。

$Ref(t)$  は、時刻  $t$  における入力信号の振幅を表す。

$Fb(t)$  は、時刻  $t$  におけるフィードバック信号の振幅を表す。

$E_i$  は、振幅の範囲を表す。なお、 $E_i$  は、任意に設定されてもよい。

$N$  は、振幅の範囲の数を表す。 $i = 1, 2, \dots, N$  となる。

$G_{|E_i}$  は、振幅が  $E_i$  に含まれるサンプルのゲインを表す。

$Var(G_{|E_i})$  は、振幅が  $E_i$  に含まれるサンプルのゲインの分散を表す。

。

$\mu_{E_i}$  は、振幅が  $E_i$  に含まれるサンプルのゲインの平均値を表す。

$Num(E_i)$  は、時間  $T$  内において振幅が  $E_i$  に含まれるサンプルの数を表す。なお、 $T$  は、任意に設定されてもよい。

$Th$  は、分散の閾値を表す。なお、 $Th$  は、任意に設定されてもよい。

$V(E_i)$  は、振幅が  $E_i$  に含まれるサンプルのドレイン電圧 ( $V_{dd}$ ) を表す。なお、本例では、増幅器の一例としてFETを用いた場合を示し、

FETに印加するドレイン電圧 ( $V_{dd}$ ) を用いる。

$S_{V_{dd}}$ は、振幅制御値の更新ステップサイズを表す。なお、 $S_{V_{dd}}$ は、任意に設定されてもよい。

[0073] 次に、本例の処理フローについて説明する。

本例では、ステップS1とステップS9との間の処理（ステップS2～ステップS8の処理）を繰り返して行う。

すなわち、ゲイン検出部24が、定められた時間T内において、各サンプル毎に、ゲイン $G(t)$ を計算する（ステップS2）。一例として、 $G(t) = \text{Ref}(t) / \text{Fb}(t)$ で表される。振幅-ゲインマッピング部25では、各サンプル毎に、振幅とゲインとの対応が得られる。

なお、 $G(t) = \text{Fb}(t) / \text{Ref}(t)$ と表すことも可能である。

[0074] 次に、ステップS3とステップS8との間の処理（ステップS4～ステップS7の処理）を、 $i = 1, 2, \dots, N$ の各々について、順に行う。

まず、分散計算部26が、それぞれの振幅（本例では、送信振幅）の範囲 $E_i$ に振幅が含まれるゲイン $G(t) = G_{|E_i}$ について、分散 $\text{Var}(G_{|E_i})$ を求める（ステップS4）。一例として、 $\text{Var}(G_{|E_i}) = \sum (G_{|E_i} - \mu_{E_i})^2 / \text{Num}(E_i)$ で表され、 $\sum$ は $\text{Num}(E_i)$ に含まれるサンプル（振幅が $E_i$ に含まれるサンプル）についての和を表す。

[0075] そして、振幅-電圧更新部27が、求められた分散 $\text{Var}(G_{|E_i})$ と閾値 $T_h$ との大小関係を判定する（ステップS5）。

この結果、振幅-電圧更新部27は、分散 $\text{Var}(G_{|E_i})$ が閾値 $T_h$ 以下であることを判定した場合には、電力増幅部4に対する電圧 $V(E_i)$ を更新ステップサイズ $S_{V_{dd}}$ だけ小さくするように更新する（ステップS6）。

一方、振幅-電圧更新部27は、分散 $\text{Var}(G_{|E_i})$ が閾値 $T_h$ より大きいことを判定した場合には、電力増幅部4に対する電圧 $V(E_i)$ を更新ステップサイズ $S_{V_{dd}}$ だけ大きくするように更新する（ステップS7）。

[0076] 以上のように、本例の歪補償機能付きET増幅器では、ET適応部14において、入力信号の振幅を検出する振幅検出部21、帰還信号（フィードバ

ック信号)を検波する検波部22、前記検波された信号の振幅を検出する振幅検出部23、前記入力信号の振幅と前記帰還信号の振幅から増幅率(ゲイン)を計算する増幅率計算部(ゲイン検出部24)、前記増幅率を前記入力信号の振幅と対応付ける振幅-増幅率対応付け部(振幅-ゲインマッピング部25)、前記対応付けのうち分類した振幅毎に同一の振幅(本例では、振幅の範囲)に分類された増幅率の分散を計算する分散計算部26、前記分散が分散閾値よりも大きい振幅では電力増幅部4の電源電圧を現在の電圧よりも大きくする一方で前記分散が前記分散閾値よりも小さい振幅では電力増幅部4の電源電圧を現在の電圧よりも小さくする振幅-電圧更新部27を備えた。

従って、電力増幅器(電力増幅部4)の高品質化及び高効率化などを実現することができる。

[0077] なお、本例の歪補償機能付きET増幅器(増幅装置の一例)では、電力増幅部4の機能により増幅手段が構成されており、電源制御部5やPA電源部7の機能により増幅制御手段が構成されている。また、本例では、ET適応部14において、振幅検出部21の機能により入力振幅検出手段が構成されており、検波部22の機能により帰還検波手段が構成されており、振幅検出部23の機能により帰還振幅検出手段が構成されており、ゲイン検出部24の機能により増幅率(ゲイン)検出手段が構成されており、振幅-ゲインマッピング部25の機能により振幅増幅率対応付け手段が構成されており、分散計算部26の機能により分散検出手段が構成されており、振幅-電圧更新部27の機能により増幅制御更新手段が構成されている。また、本例では、DPD部11やDPD制御部13の機能によりプリディストーション手段が構成されている。

### 実施例 3

[0078] 本発明の第3実施例を説明する。

まず、概要を説明する。

第1実施例や第2実施例では、図1~図4を参照して、AM/AM特性を

用いる場合について説明したが、AM/PM特性についても、メモリ効果がある場合には分散が大きくなるため、同様な構成を適用することができる。概略的には、AM/AM特性を用いた場合における「増幅率（ゲイン）」をAM/PM特性では「位相差」と読み替えればよく、例えば、「ゲインの分散」は「位相差の分散」となる。位相差を用いる場合においても、入力信号の振幅に対応付ける。

[0079] 次に、より具体的に説明する。

図5には、好ましい一実施例として、図1に示されるET適応部14の構成例を示してある。

本例のET適応部14は、位相検出部31、振幅検出部32、直交検波部33、位相検出部34、位相差検出部35、振幅一位相差マッピング部36、分散計算部37、振幅－電圧更新部38を備えている。

[0080] 本例のET適応部14において行われる動作の例を示す。

位相検出部31及び振幅検出部32の入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ は、I相及びQ相のデジタル信号である。

位相検出部31は、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ の位相（瞬時位相）を検出して、位相差検出部35へ出力する。

振幅検出部32は、例えば図12に示される振幅検出部115と同様に、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ に基づいて、(式1)により、瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ を求める。 $E_{nv}(t)$ は時間 $t$ の関数である。本例では、振幅検出部32は、求めた瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ を振幅一位相差マッピング部36へ出力する。

[0081] 直交検波部33の入力信号は、電力増幅部4からの出力信号であるフィードバック信号 $F_b(t)$ をデジタル変換した信号である。

直交検波部33は、入力されたフィードバック信号の直交検波を行い、その結果（I成分及びQ成分）を位相検出部34へ出力する。

位相検出部34は、入力された直交検波結果の信号（フィードバック信号）について、位相（瞬時位相）を検出して、位相差検出部35へ出力する。

[0082] 位相差検出部 35 は、入力信号とフィードバック信号を同期させ、メモリ等に記憶しておいた入力信号の瞬時位相とフィードバック信号の瞬時位相とから、有限な任意の時間内の複数のサンプルについて、入力信号とフィードバック信号の位相差を求めて、振幅一位相差マッピング部 36 へ出力する。

[0083] 振幅一位相差マッピング部 36 は、振幅検出部 32 により検出された入力信号の振幅と、位相差検出部 35 により検出された位相差とを対応付けてメモリ等に記憶する。

分散計算部 37 は、振幅一位相差マッピング部 36 で記憶したデータの中から、同じ振幅の範囲に含まれる位相差の分散を、それぞれの振幅の範囲について計算して、振幅一電圧更新部 38 へ出力する。ここで、振幅の範囲としては、任意の値でよい。

[0084] 振幅一電圧更新部 38 は、それぞれの位相差の分散と位相差の分散に関する閾値（分散閾値）とを比較して、比較結果に応じて、電源制御部 5 に対して、振幅一電源制御値の対応付けを更新する。具体的には、振幅一電圧更新部 38 は、位相差の分散が分散閾値よりも大きい振幅の範囲については電源電圧を大きくする方向に電源制御値を更新し、位相差の分散が分散閾値よりも小さい振幅の範囲については電源電圧を小さくする方向に電源制御値を更新する。

[0085] 以上のように、本例の歪補償機能付き E T 増幅器では、入力信号と帰還信号（フィードバック信号）との位相差を計算し、入力信号の振幅毎に前記位相差の分散を計算し、例えば所要品質によって決定した分散閾値よりも前記分散が大きい振幅では電力増幅部 4 の電源電圧を現在の電圧よりも大きくし、前記分散閾値よりも前記分散が小さい振幅では電力増幅部 4 の電源電圧を現在の電圧よりも小さくする。

[0086] 具体的には、本例の歪補償機能付き E T 増幅器では、E T 適応部 14 において、入力信号の位相を検出する位相検出部 31、入力信号の振幅を検出する振幅検出部 32、帰還信号（フィードバック信号）を直交検波する直交検波部 33、前記直交検波した信号の位相を検出する位相検出部 34、前記入

力信号の位相と前記帰還信号の位相から位相差を計算する位相差計算部（位相差検出部35）、前記位相差を前記入力信号の振幅と対応付ける振幅一位相差対応付け部（振幅一位相差マッピング部36）、前記対応付けのうち分類した振幅毎に同一の振幅（本例では、振幅の範囲）に分類された位相差の分散を計算する分散計算部37、前記分散が分散閾値よりも大きい振幅では電力増幅部4の電源電圧を現在の電圧よりも大きくする一方で前記分散が前記分散閾値よりも小さい振幅では電力増幅部4の電源電圧を現在の電圧よりも小さくする振幅－電圧更新部38を備えた。

従って、電力増幅器（電力増幅部4）の高品質化及び高効率化などを実現することができる。

[0087] なお、本例の歪補償機能付きET増幅器（増幅装置の一例）では、電力増幅部4の機能により増幅手段が構成されており、電源制御部5やPA電源部7の機能により増幅制御手段が構成されている。また、本例では、ET適応部14において、振幅検出部32の機能により入力振幅検出手段が構成されており、位相検出部31の機能により入力位相検出手段が構成されており、直交検波部33の機能により帰還直交検波手段が構成されており、位相検出部34の機能により帰還位相検出手段が構成されており、位相差検出部35の機能により位相差検出手段が構成されており、振幅一位相差マッピング部36の機能により振幅位相差対応付け手段が構成されており、分散計算部37の機能により分散検出手段が構成されており、振幅－電圧更新部38の機能により増幅制御更新手段が構成されている。また、本例では、DPD部11やDPD制御部13の機能によりプリディストーション手段が構成されている。

#### 実施例 4

[0088] 本発明の第4実施例を説明する。

第1実施例～第3実施例では、図1～図5を参照して、図1に示されるようにDPD部11やDPD制御部13からなる歪補償機能が付いたET増幅器を例として説明したが、他の構成例として、このような歪補償機能が付い

ていないE T増幅器にE T適応部14を適用することも可能である。

[0089] 一構成例として、図1に示されるようなE T増幅器の構成において、D P D部11とD P D制御部13を備えずに、入力信号I (t)、Q (t)が電源制御部5、2個のD/A変換器1、2、E T適応部14に入力されるようにし、A/D変換器12からの出力信号がE T適応部14に入力されるようにする。

また、E T適応部14としては、例えば、図2や図5に示されるような構成を用いることができる。

また、分散閾値としては、例えば、使用状況等に応じて、種々な値が設定されてもよい。

[0090] 以上のように、本例のE T増幅器では、E T適応部14により電源制御部5を制御することで、電源制御部5による電力増幅部4の電源電圧の制御を良好にすることができる。

[0091] (実施例のまとめ)

ここで、本発明に係るシステムや装置などの構成としては、必ずしも以上に示したものに限られず、種々な構成が用いられてもよい。また、本発明は、例えば、本発明に係る処理を実行する方法或いは方式や、このような方法や方式を実現するためのプログラムや当該プログラムを記録する記録媒体などとして提供することも可能であり、また、種々なシステムや装置として提供することも可能である。

また、本発明の適用分野としては、必ずしも以上に示したものに限られず、本発明は、種々な分野に適用することが可能なものである。

また、本発明に係るシステムや装置などにおいて行われる各種の処理としては、例えばプロセッサやメモリ等を備えたハードウェア資源においてプロセッサがROM (Read Only Memory) に格納された制御プログラムを実行することにより制御される構成が用いられてもよく、また、例えば当該処理を実行するための各機能手段が独立したハードウェア回路として構成されてもよい。

また、本発明は上記の制御プログラムを格納したフロッピー（登録商標）ディスクやCD（Compact Disc）-ROM等のコンピュータにより読み取り可能な記録媒体や当該プログラム（自体）として把握することもでき、当該制御プログラムを当該記録媒体からコンピュータに入力してプロセッサに実行させることにより、本発明に係る処理を遂行させることができる。

### 産業上の利用可能性

[0092] 本発明は、低歪、高効率で、広帯域システムに適用することができる増幅装置に適している。

### 符号の説明

[0093] 1、2、6、111、112、116、201、202、206・・・D/A変換器、 3、113、203・・・直交変調部、 4、101、114、204・・・電力増幅部（PA）、 5、205・・・電源制御部、 7、103、117、207・・・PA電源部、 11、211・・・DPD部、 12、212・・・A/D変換器、 13、213・・・DPD制御部、 14・・・ET適応部、 21、23、32、102、115・・・振幅検出部、 22・・・検波部、 24・・・ゲイン検出部、 25・・・振幅-ゲインマッピング部、 26、37・・・分散計算部、 27、38・・・振幅-電圧更新部、 31、34・・・位相検出部、 33・・・直交検波部、 35・・・位相差検出部、 36・・・振幅-位相差マッピング部、

## 請求の範囲

### [請求項1]

入力信号を増幅する増幅装置において、  
前記入力信号を増幅する増幅手段と、  
前記入力信号に基づいて前記増幅手段への電源電圧を制御する増幅制御手段と、  
前記入力信号と前記増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号との増幅率又は位相差を検出する第1の検出手段と、  
前記第1の検出手段により検出された増幅率又は位相差について、前記入力信号の振幅の値又は範囲毎に、増幅率又は位相差の分散を検出する第2の検出手段と、  
前記第2の検出手段により検出された分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより大きくするように更新し、前記第2の検出手段により検出された分散が前記所定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより小さくするように更新する増幅制御更新手段と、  
を備えたことを特徴とする増幅装置。

### [請求項2]

入力信号を増幅する増幅装置において、  
前記入力信号を増幅する増幅手段と、  
前記入力信号に基づいて前記増幅手段への電源電圧を制御する増幅制御手段と、  
前記入力信号の振幅を検出する入力振幅検出手段と、  
前記増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号を検波する帰還検波手段と、  
前記帰還検波手段により検波された信号の振幅を検出する帰還振幅検出手段と、  
前記入力振幅検出手段により検出された振幅と前記帰還振幅検出手段により検出された振幅に基づいて増幅率を検出する増幅率検出手段

と、

前記増幅率検出手段により検出された増幅率と前記入力振幅検出手段により検出された振幅の値又は範囲とを対応付ける振幅増幅率対応付け手段と、

前記振幅増幅率対応付け手段による対応付けに基づいて、前記入力信号の振幅の値又は範囲毎に、増幅率の分散を検出する分散検出手段と、

前記分散検出手段により検出された分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより大きくするように更新し、前記分散検出手段により検出された分散が前記所定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより小さくするように更新する増幅制御更新手段と、

を備えたことを特徴とする増幅装置。

[請求項3]

入力信号を増幅する増幅装置において、

前記入力信号を増幅する増幅手段と、

前記入力信号に基づいて前記増幅手段への電源電圧を制御する増幅制御手段と、

前記入力信号の振幅を検出する入力振幅検出手段と、

前記入力信号の位相を検出する入力位相検出手段と、

前記増幅手段により増幅された後の信号を帰還させた帰還信号を直交検波する帰還直交検波手段と、

前記帰還直交検波手段により検波された信号の位相を検出する帰還位相検出手段と、

前記入力位相検出手段により検出された位相と前記帰還位相検出手段により検出された位相に基づいて位相差を検出する位相差検出手段と、

前記位相差検出手段により検出された位相差と前記入力振幅検出手

段により検出された振幅の値又は範囲とを対応付ける振幅位相差対応付け手段と、

前記振幅位相差対応付け手段による対応付けに基づいて、前記入力信号の振幅の値又は範囲毎に、位相差の分散を検出する分散検出手段と、

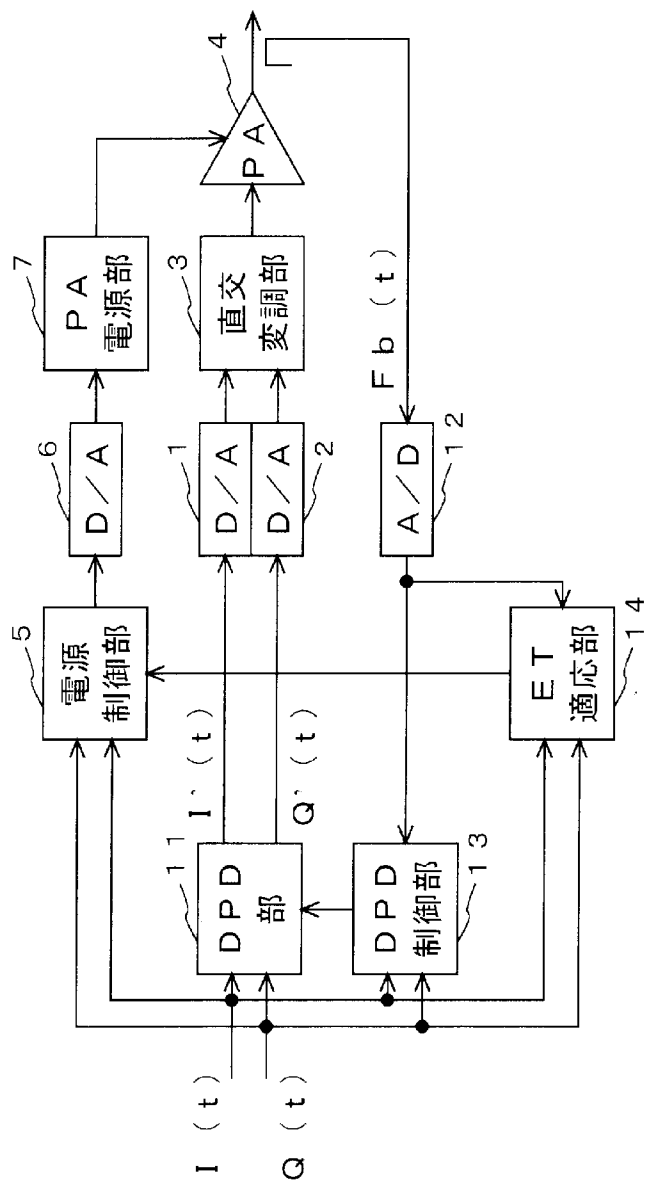
前記分散検出手段により検出された分散が所定の閾値より大きい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより大きくするように更新し、前記分散検出手段により検出された分散が前記所定の閾値より小さい振幅の値又は範囲について前記増幅制御手段により制御される前記増幅手段への電源電圧をより小さくするように更新する増幅制御更新手段と、

を備えたことを特徴とする増幅装置。

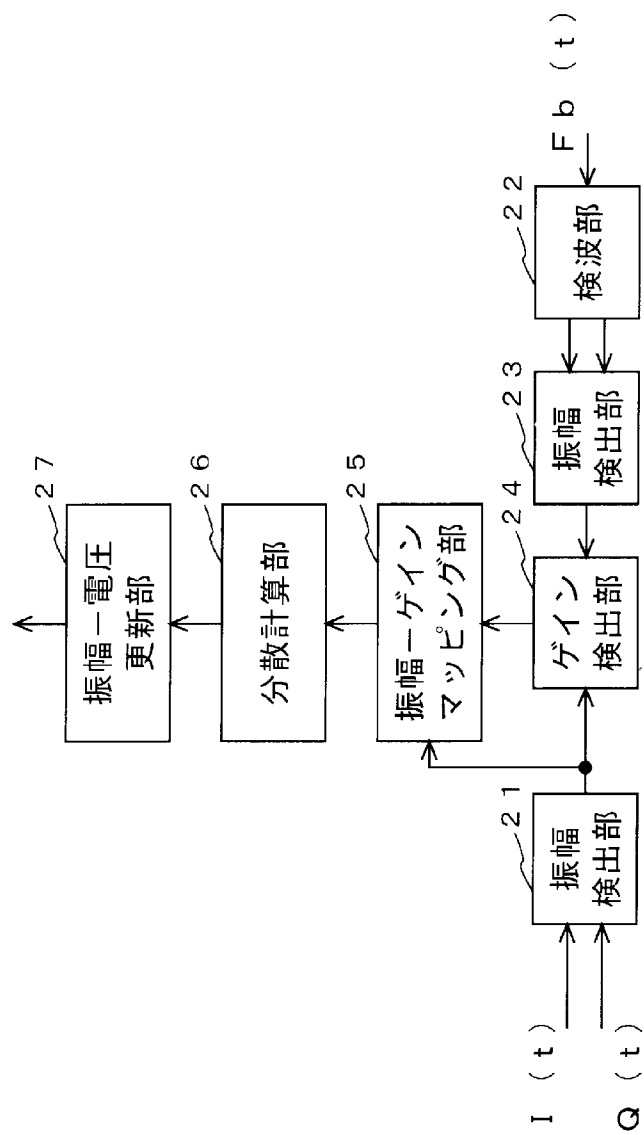
[請求項4]

請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の増幅装置において、前記増幅手段により増幅される信号についてプリディストーション方式により歪補償を行うプリディストーション手段を備えた、ことを特徴とする増幅装置。

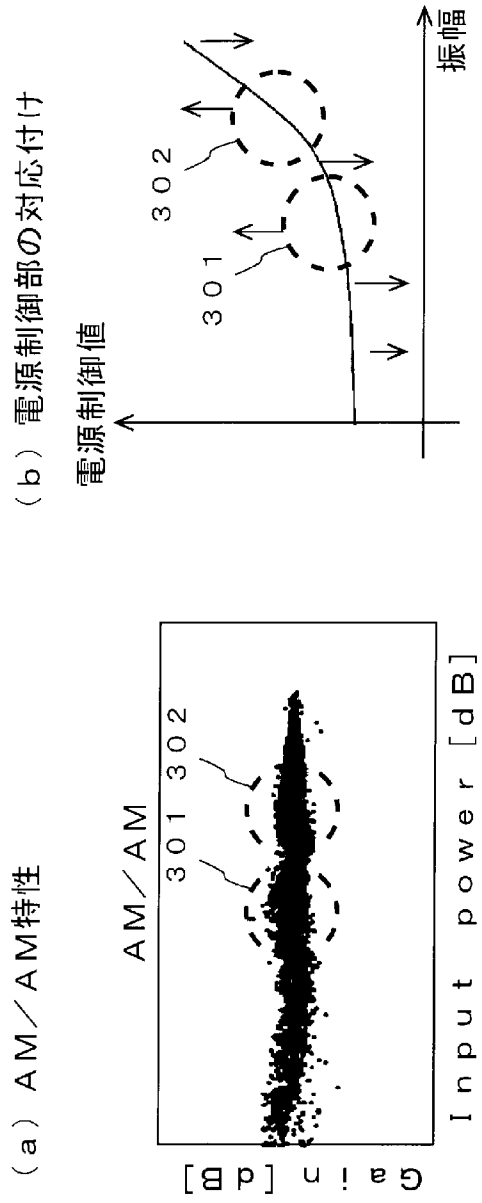
[図1]



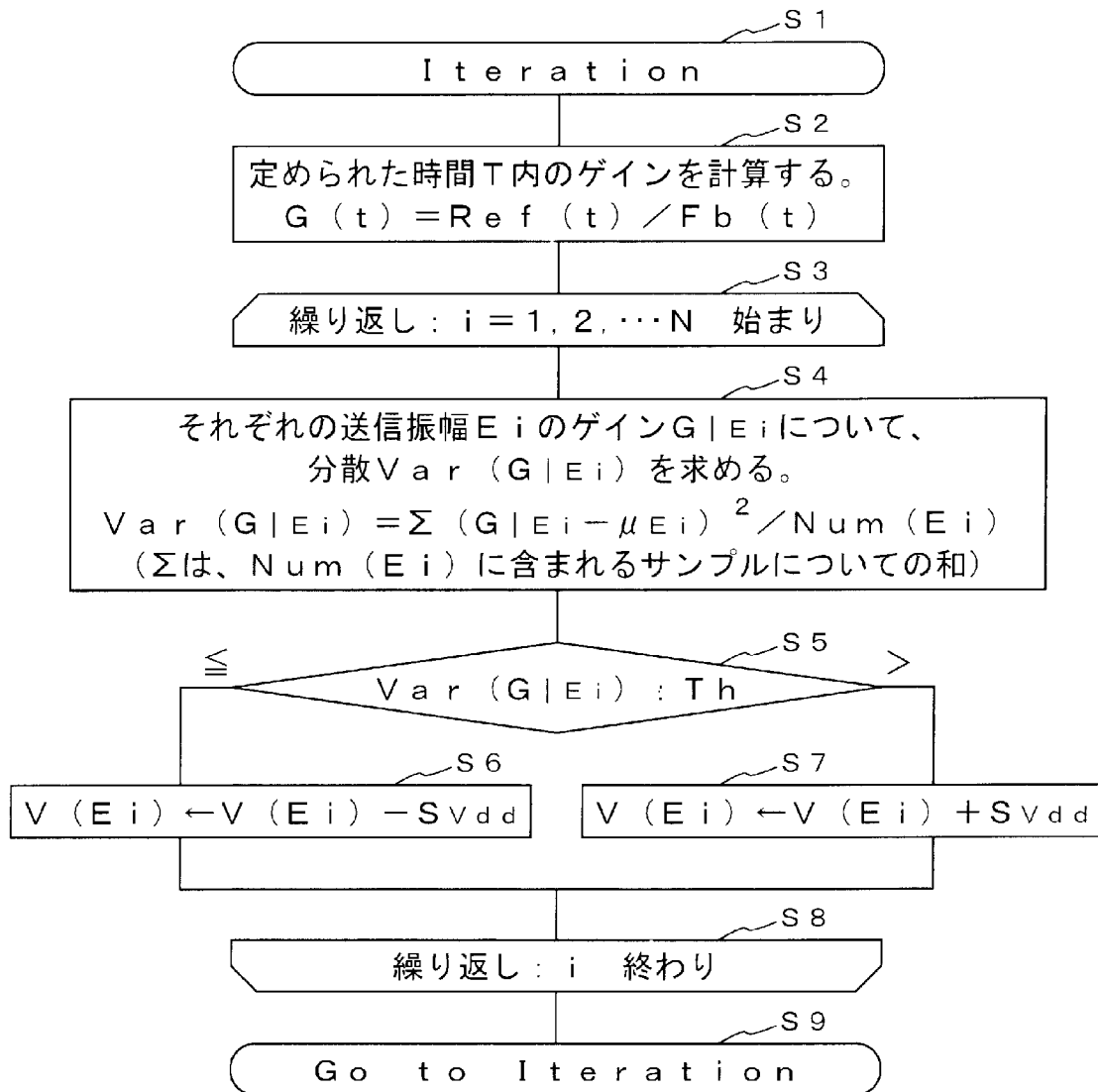
[図2]



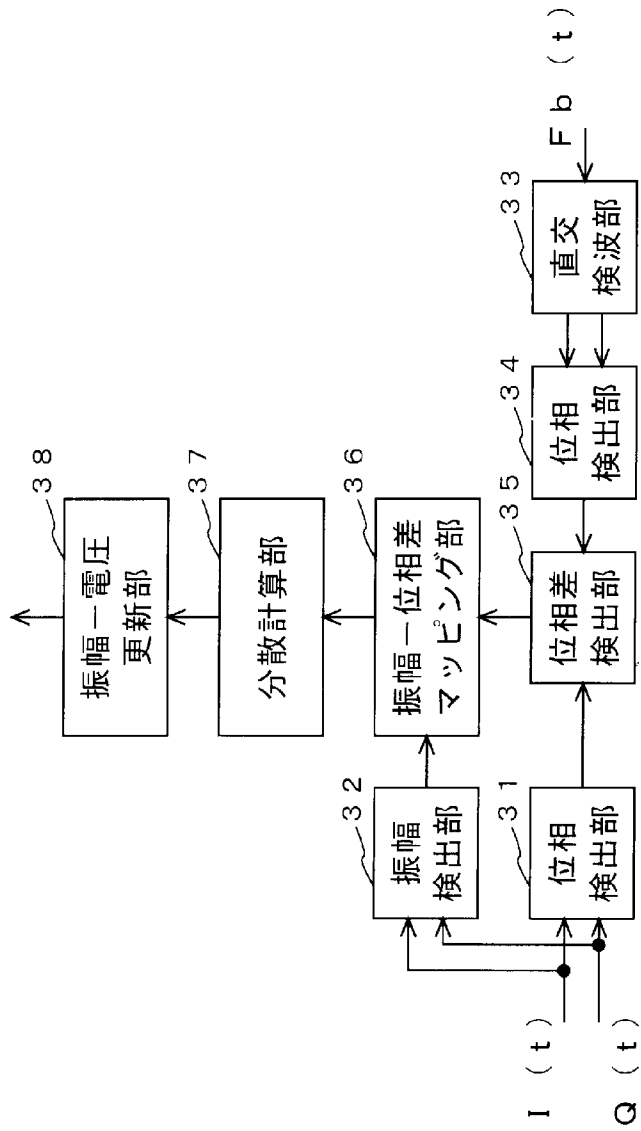
[図3]



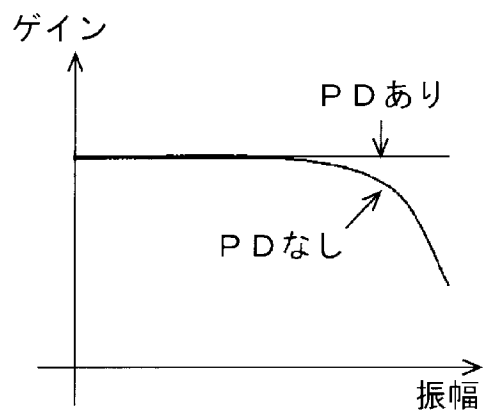
[図4]



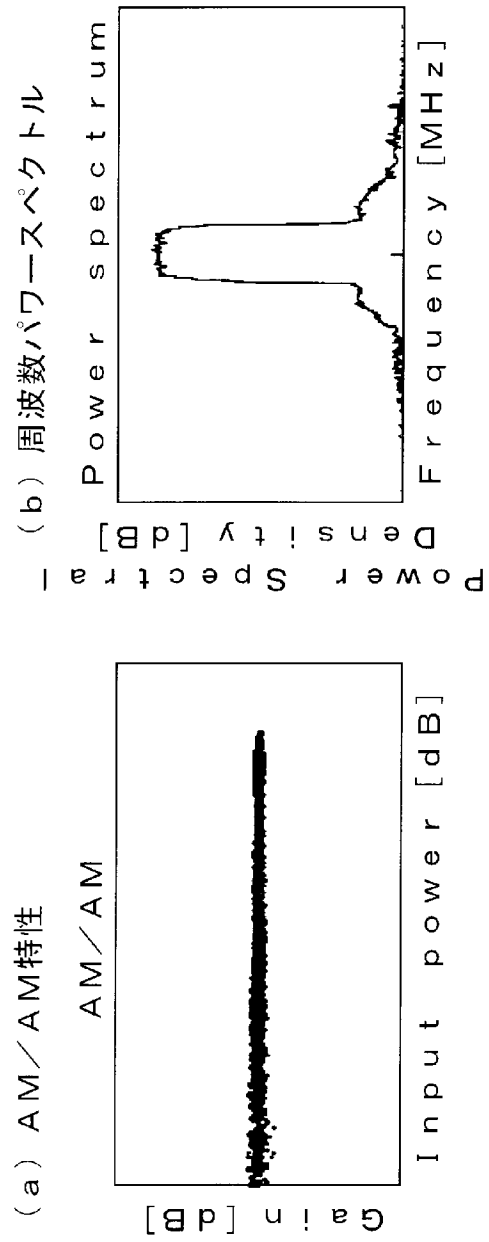
[図5]



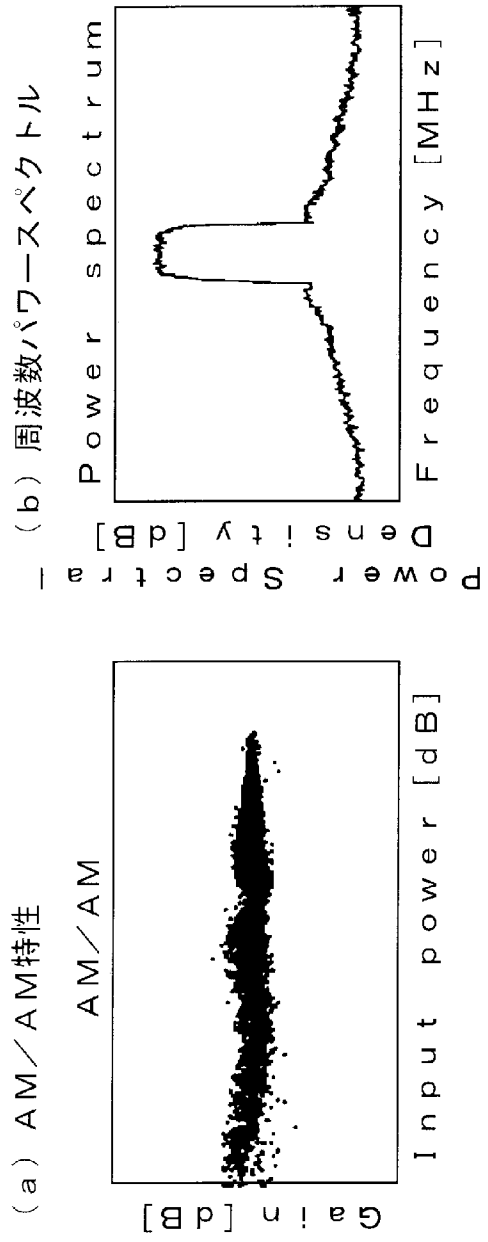
[図6]



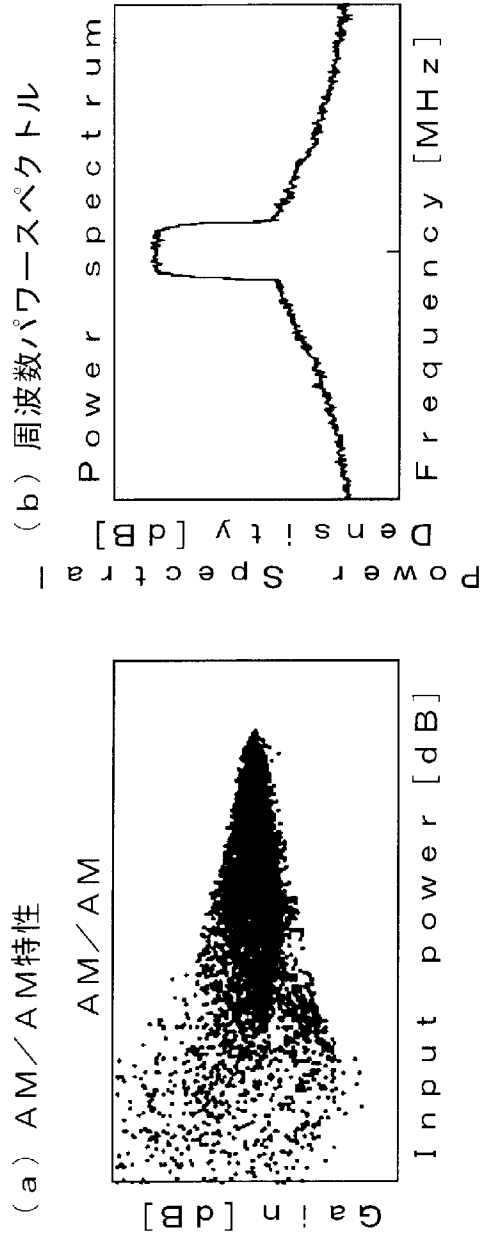
[図7]



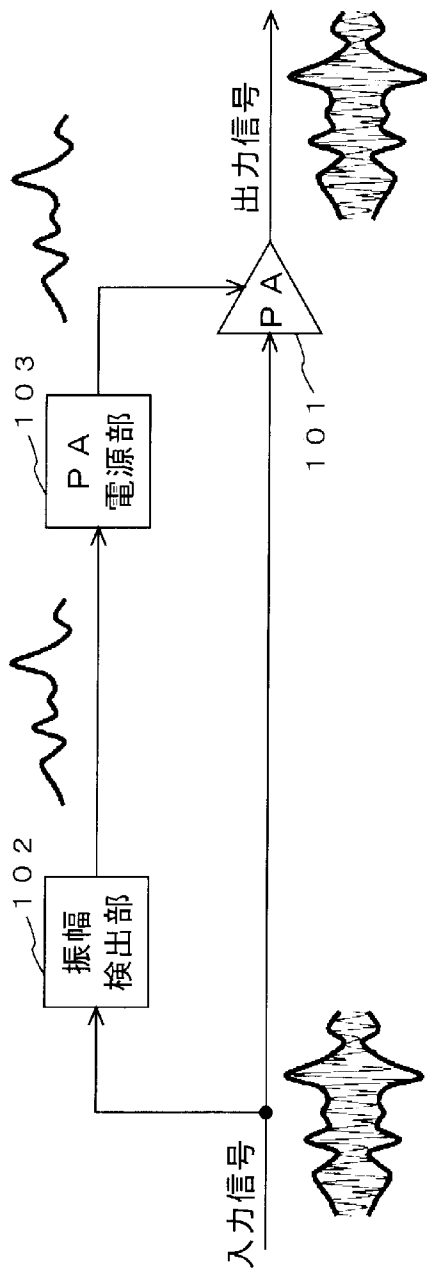
[図8]



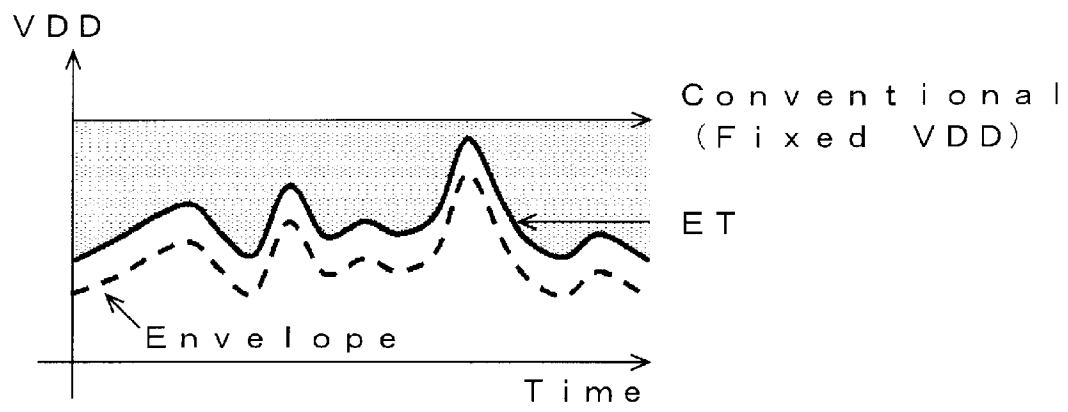
[図9]



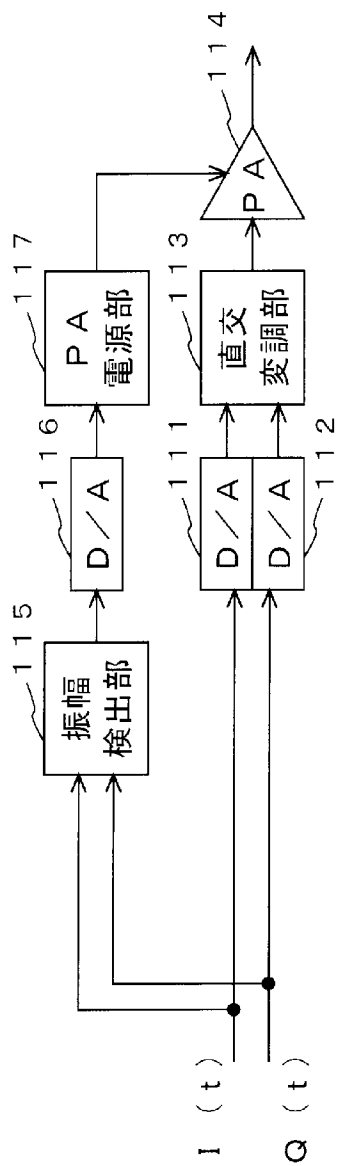
[図10]



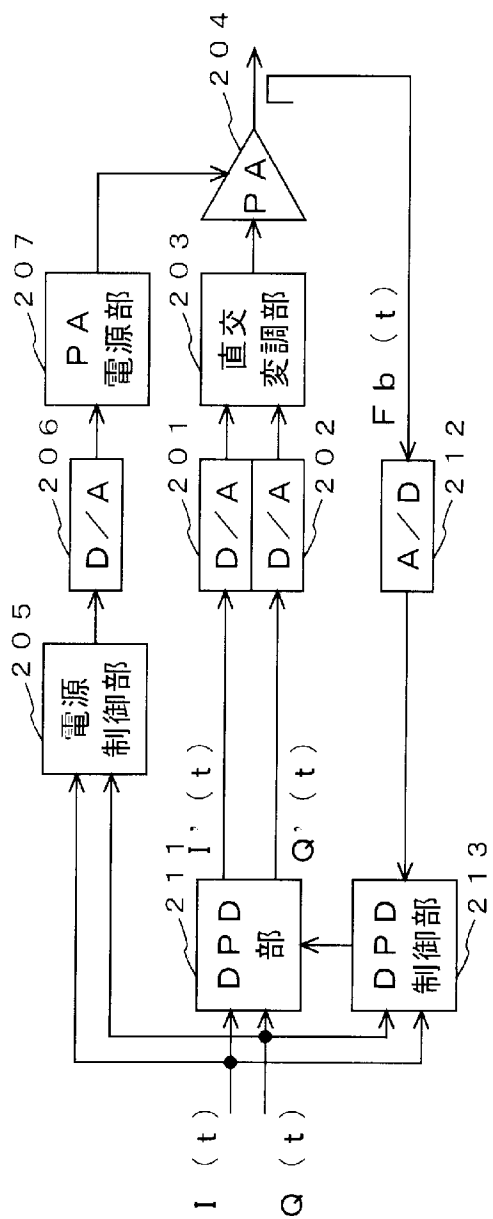
[図11]



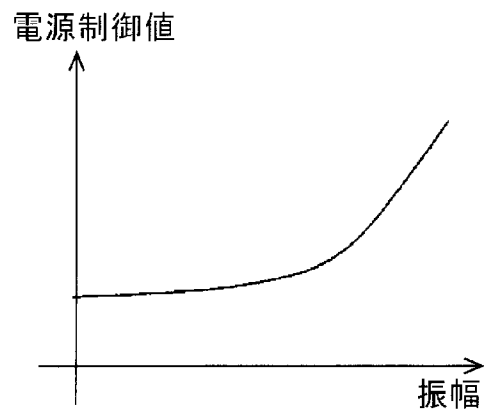
[図12]



[図13]



[図14]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/050459

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03F1/32(2006.01) i, H03F1/02(2006.01) i, H03F3/20(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03F1/32, H03F1/02, H03F3/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2003/103163 A1 (Fujitsu Ltd.), 11 December 2003 (11.12.2003), page 9, line 2 to page 10, line 6; fig. 10 to 14 & US 2005/0047521 A1 & EP 1499027 A1	1-4
A	JP 2010-4306 A (Japan Radio Co., Ltd.), 07 January 2010 (07.01.2010), paragraphs [0019] to [0034]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-4
A	JP 2001-102947 A (Toshiba Corp.), 13 April 2001 (13.04.2001), paragraphs [0025] to [0049]; fig. 1 to 3 & US 6650878 B1 & EP 1089429 A3 & EP 1089429 A2 & DE 60024196 D & DE 60024196 T & CN 1293493 A	1-4

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
26 January, 2012 (26.01.12)Date of mailing of the international search report  
07 February, 2012 (07.02.12)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2012/050459

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-14241 A (Mitsubishi Electric Corp.), 12 January 2006 (12.01.2006), paragraphs [0007] to [0017]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H03F1/32(2006.01)i, H03F1/02(2006.01)i, H03F3/20(2006.01)i

B. 調査を行った分野  
 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
 Int.Cl. H03F1/32, H03F1/02, H03F3/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの  
 日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2003/103163 A1 (富士通株式会社) 2003.12.11, 第9頁第2行一第10頁第6行, 図10-14 & US 2005/0047521 A1 & EP 1499027 A1	1-4
A	JP 2010-4306 A (日本無線株式会社) 2010.01.07, 段落【0019】-【0034】, 図1-6 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2001-102947 A (株式会社東芝) 2001.04.13, 段落【0025】-【0049】, 図1-3 & US 6650878 B1 & EP 1089429 A3 & EP	1-4

C欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー                  「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの                  「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの                  「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)                  「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                  「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献                  「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの                  「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの                  「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの                  「&amp;」同一パテントファミリー文献</p>
---	---

国際調査を完了した日 26.01.2012	国際調査報告の発送日 07.02.2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 高橋 義昭 電話番号 03-3581-1101 内線 3568

5 T 4776

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	1089429 A2 & DE 60024196 D & DE 60024196 T & CN 1293493 A JP 2006-14241 A (三菱電機株式会社) 2006.01.12, 段落【0007】 - 【0017】, 図1-3 (ファミリーなし)	1-4