

【特許請求の範囲】

【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、

10

20

30

40

50

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。

【発明の詳細な説明】

【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 E T 増幅器 (E T 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 (

10

20

30

40

50

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ET方式との比較の一例を示してある。

10

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、ET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、ET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】

20

上述したET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ET増幅器の構成例を示してある。

本例のET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ET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ET増幅器の対応する処理部と同様な機能を有している。

30

また、本例のデジタル方式のET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(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。

40

【数1】

$$Env(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)}$$

・ ・ (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

50

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 $Env(t)$ ）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】

10

20

30

40

50

D P D 部 2 1 1 は、入力信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ に対して、電力増幅部 2 0 4 の A M / A M 特性及び A M / P M 特性の逆特性を与えることによって、電力増幅部 2 0 4 の非線形歪を補償する。

ここで、D P D 部 2 1 1 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】

D P D 部 2 1 1 からの出力信号 $I'(t)$ 、 $Q'(t)$ は D / A 変換器 2 0 1、2 0 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 2 0 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 2 0 4 によりその電力を増幅される。

10

【0021】

このとき、電力増幅部 2 0 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 2 0 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 2 0 3 と電力増幅部 2 0 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。

【0022】

電力増幅部 2 0 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 $Fb(t)$ として帰還され、A / D 変換器 2 1 2 によりアナログ信号からデジタル信号へ変換されて、D P D 制御部 2 1 3 に入力される。 $Fb(t)$ は時間 t の関数である。

20

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 2 0 4 と A / D 変換器 2 1 2 との間に周波数変換器（ダウンコンバータ）が備えられる。

D P D 制御部 2 1 3 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、D P D 部 2 1 1（例えば、その歪補償の特性）を適応的に制御する。

なお、D P D 制御部 2 1 3 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。

30

【0023】

しかしながら、上記のような歪補償機能付き E T 増幅器では、電源制御部 2 0 5 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 2 0 4 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、A C L R（A d j a c e n t C h a n n e l L e a k a g e p o w e r R a t i o）や、E V M（E r r o r V e c t o r M a g n i t u d e））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。

40

【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

50

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、このような従来の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。

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

10

20

30

40

50

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。

10

【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。

20

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。

30

【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。

40

【0036】

50

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 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。

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。

10

【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 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。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。

20

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。

30

【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/AM 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。

40

【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/AM 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。

50

【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 (P A) からの出力信号をフィードバックして、それぞれの
10 振幅のゲインの分散を把握し、ゲインの分散に応じて E T 増幅器の電源電圧を適応的に調節する。

【0043】

図 6 には、A M / A M 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 (P D) があるときの特性例と、プリディストータ (P D) 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、P D (例えば、D P D) 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。
20

【0044】

しかしながら、実際の電力増幅部 (P A) 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、D P D 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 (P A) の歪補償特性の一例を示してある。

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

図 9 (a)、(b) には、D P D を用いた場合について、E T 方式の電力増幅部 (P A)
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。
30

【0045】

図 7、図 8、図 9 において、(a) には、A M / A M 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 Sp
e c t r u m) の一例を示してある。グラフの横軸は周波数 (Frequency) [M
H z] を表しており、グラフの縦軸はパワースペクトル密度 (Power Sp e c t r
a l D e n s i t y) [dB] を表している。
40

【0046】

ここで、図 7 (a)、図 8 (a)、図 9 (a) に示される A M / A M 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、D P D 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、D P D は正常に機能して
おり、D P D 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 D P D 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 (P A) 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)
50

、(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、ET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、ET適応部14を備えている。

ここで、本例の歪補償機能付きET増幅器は、概略的には、図13に示される歪補償機能付きET増幅器と同様な構成において、更に、ET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

10

20

30

40

50

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。

D P D部 1 1としては、例えば、A M / A M特性及びA M / P M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。

【 0 0 5 4 】

D P D部 1 1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。

10

【 0 0 5 5 】

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。

【 0 0 5 6 】

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 $Fb(t)$ として帰還され、A / D変換器 1 2によりアナログ信号からデジタル信号へ変換されて、D P D制御部 1 3及びE T適応部 1 4に入力される。 $Fb(t)$ は時間 t の関数である。

20

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 1 2との間に周波数変換器（ダウンコンバータ）が備えられる。

D P D制御部 1 3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、D P D部 1 1（例えば、その歪補償の特性）を適応的に制御する。

なお、D P D制御部 1 3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。

30

【 0 0 5 7 】

E T適応部 1 4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 $Fb(t)$ が入力される。

E T適応部 1 4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。E T適応部 1 4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 1 4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。

【 0 0 5 8 】

40

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、A C L R）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。

【 0 0 5 9 】

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

50

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 1 4 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 1 1 や D P D 制御部 1 3 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 1 4 の構成例を示してある。

本例の E T 適応部 1 4 は、振幅検出部 2 1、検波部 2 2、振幅検出部 2 3、ゲイン検出部 2 4、振幅－ゲインマッピング部 2 5、分散計算部 2 6、振幅－電圧更新部 2 7 を備えている。

【0064】

本例の E T 適応部 1 4 において行われる動作の例を示す。

振幅検出部 2 1 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 2 1 は、例えば図 1 2 に示される振幅検出部 1 1 5 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 2 1 は、求めた瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ をゲイン検出部 2 4 及び振幅－ゲインマッピング部 2 5 へ出力する。

【0065】

検波部 2 2 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 2 2 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 2 3 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 2 3 は、振幅検出部 2 1 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 2 4 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 2 2 は図 1 に示される A/D 変換器 1 2 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 2 3

10

20

30

40

50

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 E T 増幅器において E T 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。

10

20

30

40

50

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。

$\text{Var}(G|_{E_i})$ 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。

μ_{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。

$\text{Num}(E_i)$ 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。

10

$S_{V_{dd}}$ 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 $S2 \sim$ 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、 $G(t) = \text{Ref}(t) / Fb(t)$ 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。

20

なお、 $G(t) = Fb(t) / \text{Ref}(t)$ 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 $S4 \sim$ 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。

30

【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 Th 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 Th 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 Th 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】

40

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。

50

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 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いる。また、本例では、E T 適応部 1 4 において、振幅検出部 2 1 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 2 2 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 2 3 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 2 4 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 2 5 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 2 6 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 2 7 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、D P D 部 1 1 や D P D 制御部 1 3 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。

10

【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、A M / A M 特性を用いる場合について説明したが、A M / P M 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、A M / A M 特性を用いた場合における「増幅率（ゲイン）」を A M / P M 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。

20

【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 E T 適応部 1 4 の構成例を示してある。

本例の E T 適応部 1 4 は、位相検出部 3 1、振幅検出部 3 2、直交検波部 3 3、位相検出部 3 4、位相差検出部 3 5、振幅－位相差マッピング部 3 6、分散計算部 3 7、振幅－電圧更新部 3 8 を備えている。

30

【0080】

本例の E T 適応部 1 4 において行われる動作の例を示す。

位相検出部 3 1 及び振幅検出部 3 2 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 3 1 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 3 5 へ出力する。

振幅検出部 3 2 は、例えば図 1 2 に示される振幅検出部 1 1 5 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 3 2 は、求めた瞬時振幅 $E_{nv}(t)$ を振幅－位相差マッピング部 3 6 へ出力する。

40

【0081】

直交検波部 3 3 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 $Fb(t)$ をデジタル変換した信号である。

直交検波部 3 3 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 3 4 へ出力する。

位相検出部 3 4 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 3 5 へ出力する。

【0082】

位相差検出部 3 5 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

50

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一電圧更新部 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 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いる。また、本例では、E T 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、振幅一電圧更新部 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、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 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 D P D 部

10

20

30

40

50

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ET増幅器にET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ET増幅器の構成において、DPD部11とDPD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、ET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ET適応部14に入力されるようにする。

また、ET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ET増幅器では、ET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。

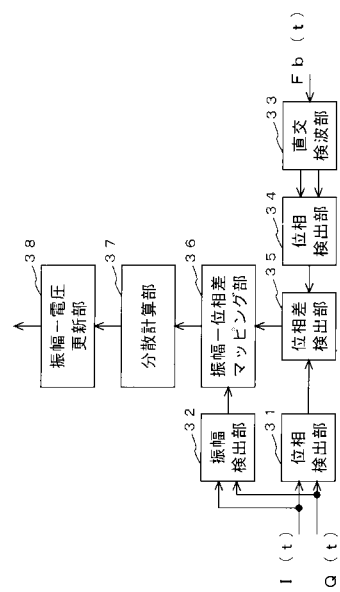
また、本発明は上記の制御プログラムを格納したフロッピー(登録商標)ディスクやCD(Compact Disc)-ROM等のコンピュータにより読み取り可能な記録媒体や当該プログラム(自体)として把握することもでき、当該制御プログラムを当該記録媒体からコンピュータに入力してプロセッサに実行させることにより、本発明に係る処理を遂行させることができる。

【符号の説明】

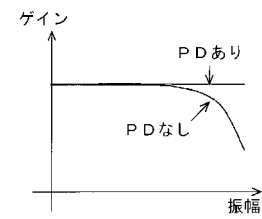
【0092】

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、

【図 5】



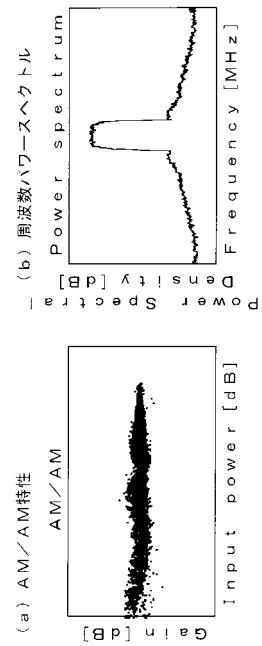
【図 6】



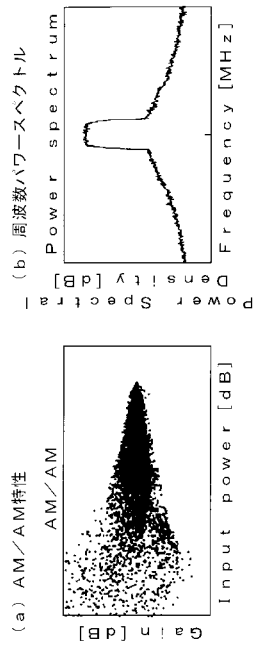
【図 7】



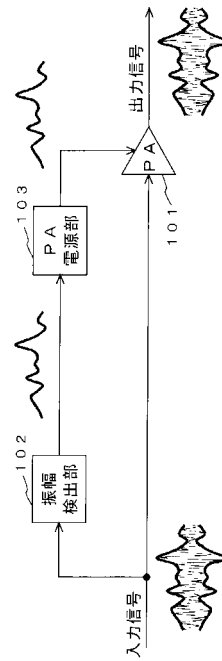
【図 8】



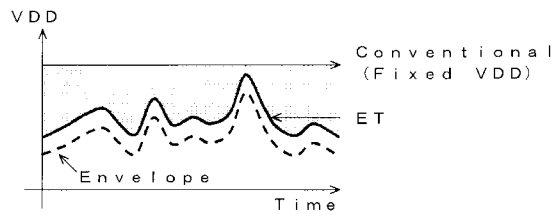
【図 9】



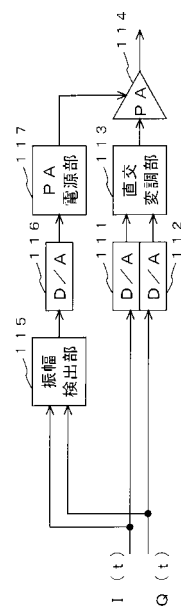
【図 10】



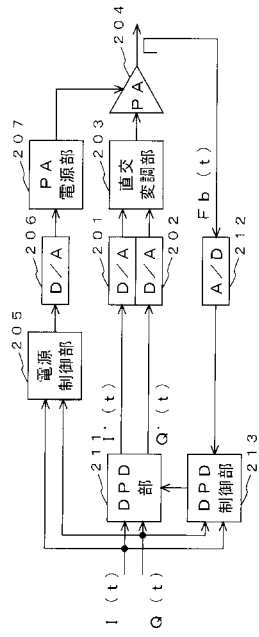
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

