

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5258621号
(P5258621)

(45) 発行日 平成25年8月7日(2013.8.7)

(24) 登録日 平成25年5月2日(2013.5.2)

(51) Int.Cl. F I
H03F 1/32 (2006.01) H03F 1/32
H03F 3/24 (2006.01) H03F 3/24

請求項の数 2 (全 11 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2009-42396 (P2009-42396) (22) 出願日 平成21年2月25日 (2009.2.25) (65) 公開番号 特開2010-199975 (P2010-199975A) (43) 公開日 平成22年9月9日 (2010.9.9) 審査請求日 平成24年1月30日 (2012.1.30)</p>	<p>(73) 特許権者 000006633 京セラ株式会社 京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 (74) 代理人 100147485 弁理士 杉村 憲司 (74) 代理人 100153017 弁理士 大倉 昭人 (74) 代理人 100151677 弁理士 播磨 里江子 (72) 発明者 安島 弘美 神奈川県横浜市都筑区加賀原2丁目1番1号 京セラ株式会社 横浜事業所内 審査官 緒方 寿彦</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送信機および信号処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1入力信号から振幅信号を取得する第1信号処理部と、
 前記第1信号処理部からの前記振幅信号に基づき第1増幅信号を生成する第1増幅器と、
 前記第1入力信号と、前記第1増幅信号とに基づき第2増幅信号を生成する第2増幅器と、
 前記第1入力信号に利得を与えて基準信号を生成する利得設定部と、
 前記第2増幅信号と、前記基準信号とを比較し、比較信号を生成する比較器と、
 第2入力信号と、前記比較信号とを加算し、前記第1入力信号を生成する加算器と、
 を備え、
 前記第1増幅器及び第2増幅器の少なくとも一方は、増幅特性が非線形であり、前記第2増幅信号は、前記第1増幅器及び第2増幅器の理想的な線形特性からの歪み量を含み、
 前記利得設定部の前記利得は、前記第1増幅器及び第2増幅器の理想的な線形特性に従うものであり、
 前記比較器は、前記第1増幅器及び第2増幅器の少なくとも一方による歪み量の推定歪み量を含む前記比較信号を生成する、
 ことを特徴とする送信機。

【請求項2】

送信機の信号処理方法であって、

第 1 入力信号から振幅信号を取得するステップと、
 第 1 増幅器により、前記第 1 信号処理部からの前記振幅信号に基づき第 1 増幅信号を生成するステップと、
 第 2 増幅器により、前記第 1 入力信号と、前記第 1 増幅信号とに基づき第 2 増幅信号を生成するステップと、
 前記第 1 入力信号に利得を与えて基準信号を生成する利得設定ステップと、
 前記第 2 増幅信号と、前記基準信号とを比較し、比較信号を生成する比較ステップと、
 第 2 入力信号と、前記比較信号とを加算し、前記第 1 入力信号を生成する加算ステップと、

を含み、

前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の少なくとも一方は、増幅特性が非線形であり、前記第 2 増幅信号は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の理想的な線形特性からの歪み量を含み、前記利得設定ステップの前記利得は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の理想的な線形特性に従うものであり、

前記比較ステップは、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の少なくとも一方による歪み量の推定歪み量を含む前記比較信号を生成する、

ことを特徴とする信号処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、非線形特性を有する増幅器の歪みを推定し、非線形補償（リニアライズ）を行う送信機、および当該送信機における信号処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

携帯電話の基地局や無線通信端末においては、省電性に優れ、かつ歪みの少ない増幅器が求められる。しかし、一般に、増幅器をいわゆる非線形領域（飽和領域）で動作させると省電性が高まるが、歪み特性が劣化してしまうという問題がある。図 5 は、増幅器の AM - AM 特性（入力振幅に対する出力振幅の特性）における非線形の一例を示す図であり、図 6 は、増幅器の AM - PM 特性（入力振幅に対する出力位相の特性）における非線形の一例を示す図である。

【0003】

増幅器による歪みを緩和し、増幅特性の線形化を行う方式には、DPD（Digital Pre Distortion）方式のような LUT（Look Up Table）を用いた方式や、カーテシアンループ方式のようなフィードバック制御を利用した方式、及び、EER（Envelope Elimination and Reconstruction）またはポーラ変調と呼ばれる入力信号を振幅信号（包絡線信号）と位相信号とに分けて増幅する方式がある。

【0004】

図 7 は、DPD 方式による非線形補償の概要を示す図であり、図 8 は DPD 方式の概略回路構成を示す図である。DPD 方式の LUT には、例えば、入力された信号の振幅又は（I, Q）の値をインデックスとした補正係数が記入されている。当該 LUT を用いて、入力された信号の値を補正することで、電力増幅器で発生する歪みを打ち消すような歪みを発生させることができる。図 9 は、DPD 方式による具体的回路構成を示す図である。すなわち、LUT 110 を用いて、この電力増幅器 118 の歪みと相殺するための信号を送信装置への入力信号にミキサ 113 で印加することにより、電力増幅器 118 の出力信号が送信装置への入力信号と線形になるように制御するものである（例えば、特許文献 1 乃至 4 参照）。

【0005】

図 10 は、フィードバック制御の概要を示す図であり、図 11 は、IQ 入力信号に対するフィードバック方式の概略回路構成を示す図である。カーテシアンループ方式では、増幅器の出力信号を復調装置で復調して送信装置の入力側に入力することにより、増幅特性

10

20

30

40

50

の線形化制御が行われる。図12は、カーテシアンループ方式による具体的回路構成を示す図である。すなわち、送信装置への入力信号と電力増幅器119の出力信号とを可変利得減衰器123を介して取り込み、この信号を直交復調器117で復調した信号とを比較して振幅や位相の誤差を最小にするように制御回路125で可変利得減衰器123を制御するものである（例えば、特許文献5および6参照）。

【0006】

図13は、アナログ方式のEERの回路構成を示す図であり、図14は、デジタル方式のEERの回路構成を示す図である。EER方式では、入力信号は2つに分岐され、一方の入力信号は検波回路へ入力することで振幅信号成分（包絡線信号）のみが取り出される。また、他方の入力信号はリミッタ回路によって位相信号成分のみの高周波信号となるため、高周波電力増幅を行う増幅器には振幅増幅が不要となる。これによって高周波増幅器は高効率な飽和増幅器を用いることができる。また、位相変調は比較的非線形歪の影響を受けにくいいため、このようなEER方式によって、増幅器の省電力性と増幅特性の線形性とを両立させることができる。（例えば、特許文献7参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2007-221245号公報

【特許文献2】特開2005-151119号公報

【特許文献3】特開2006-197545号公報

【特許文献4】特開2006-340181号公報

【特許文献5】特開平6-268550号公報

【特許文献6】特許第2811961号公報

【特許文献7】特開2006-148835号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、従来のDPD方式のLUTは増幅器毎の特性の違いを考慮しておらず、各増幅器に対して共通のLUTを用いるが、歪み補償精度は増幅器毎に異なるものであるため、一定の歪み補償精度を得ることは困難である。また、歪み特性は温度変化等により影響を受けるものであるが、従来のDPD方式では、かかる歪み特性の変化に対応することが難しい。また、LUTを随時書き換えるアダプティブなDPD方式も提案されているが、LUTを随時書き換えるための最適な更新アルゴリズムを見出すことは困難である。

30

【0009】

カーテシアンループ方式では、例えば、AM-PM特性に非線形位相歪みがあると、制御系の動作を安定させることが困難であるという問題がある。さらに、EER方式によっても、増幅による非線形歪みの発生を完全に防ぐことは困難であり、EER方式のみでは、発生した非線形歪みに対応することはできない。

【0010】

本発明は、このような課題に鑑みて創案されたもので、入力信号の振幅信号成分（包絡線信号）を入力信号増幅用の電源電圧として用い、増幅器の省電力性と増幅特性の線形性とを両立を意図した回路構成を含む無線機において、増幅器の非線形性（歪み）を予め推定し、推定した非線形性（歪み）を利用して、増幅器への入力過程において積極的に非線形性を打ち消すことで、AM-AM、AM-PM特性などの非線形補償（リニアライズ）をする送信機および信号処理方法を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述した諸課題を解決すべく、第1の発明による送信機は、

第1入力信号から振幅信号を取得する第1信号処理部と、

前記第1信号処理部からの前記振幅信号に基づき第1増幅信号を生成する第1増幅器と

50

、
前記第 1 入力信号と、前記第 1 増幅信号とに基づき第 2 増幅信号を生成する第 2 増幅器と、

前記第 1 入力信号に利得を与えて基準信号を生成する利得設定部と、

前記第 2 増幅信号と、前記基準信号とを比較し、比較信号を生成する比較器と、

第 2 入力信号と、前記比較信号とを加算し、前記第 1 入力信号を生成する加算器と、

を備え、

前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の少なくとも一方は、増幅特性が非線形であり、前記第 2 増幅信号は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の理想的な線形特性からの歪み量を含み、

前記利得設定部の前記利得は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の理想的な線形特性に従うものであり、

前記比較器は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の少なくとも一方による歪み量の推定歪み量を含む前記比較信号を生成する、ものである。

【 0 0 1 2 】

上述したように本発明の解決手段を装置として説明してきたが、本発明はこれらに実質的に相当する方法、プログラム、プログラムを記録した記憶媒体としても実現し得るものであり、本発明の範囲にはこれらも包含されるものと理解されたい。

【 0 0 1 3 】

例えば、上述した諸課題を解決すべく、第 2 の発明による信号処理方法は、

送信機の信号処理方法であって、

第 1 入力信号から振幅信号を取得するステップと、

第 1 増幅器により、前記第 1 信号処理部からの前記振幅信号に基づき第 1 増幅信号を生成するステップと、

第 2 増幅器により、前記第 1 入力信号と、前記第 1 増幅信号とに基づき第 2 増幅信号を生成するステップと、

前記第 1 入力信号に利得を与えて基準信号を生成する利得設定ステップと、

前記第 2 増幅信号と、前記基準信号とを比較し、比較信号を生成する比較ステップと、

第 2 入力信号と、前記比較信号とを加算し、前記第 1 入力信号を生成する加算ステップ

と、

を含み、

前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の少なくとも一方は、増幅特性が非線形であり、前記第 2 増幅信号は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の理想的な線形特性からの歪み量を含み、

前記利得設定ステップの前記利得は、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の理想的な線形特性に従うものであり、

前記比較ステップは、前記第 1 増幅器及び第 2 増幅器の少なくとも一方による歪み量の推定歪み量を含む前記比較信号を生成する、ものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 4 】

本発明によれば、入力信号の振幅信号成分（包絡線信号）を入力信号増幅用の電源電圧として用い、増幅器の省電力性と増幅特性の線形性の両立を意図した回路構成を含む無線機において、増幅器の非線形性（歪み）を予め推定し、推定した非線形性（歪み）を利用して増幅器への入力過程において積極的に非線形性を打ち消すことで、AM - AM、AM - PM 特性などの非線形補償（リニアライズ）をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る送信機の回路構成を示す図である。

【図 2】増幅器の非線形特性の一例を表した回路構成を示す図である。

【図 3】本発明の一実施形態に係る回路構成の歪み量の一例を示す図である。

【図 4】本発明の一実施形態に係る回路構成の歪み量の一例を示す図である。

【図 5】増幅器の AM - AM 特性における非線形の一例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図6】増幅器のAM - PM特性における非線形の一例を示す図である。

【図7】DPD方式による非線形補償の概要を示す図である。

【図8】DPD方式の概略回路構成を示す図である。

【図9】DPD方式による具体的回路構成を示す図である。

【図10】フィードバック制御の概要を示す図である。

【図11】IQ入力信号に対するフィードバック方式の概略回路構成を示す図である。

【図12】カーテシアンループ方式による具体的回路構成を示す図である。

【図13】EERポーラ方式の概略回路構成を示す図である。

【図14】EERポーラ方式の概略回路構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

10

【0016】

以降、諸図面を参照しながら、本発明の実施態様を詳細に説明する。

【0017】

図1は、本発明の一実施形態に係る送信機1の回路構成を示す図である。送信機1は、第1信号処理部11と、DA変換部12と、第1増幅器13と、IQ変調部14と、第2増幅器15と、IQ復調部16と、第2信号処理部17と、利得設定部18と、第1比較器19と、第2比較器20と、IQ計算部21と、第1調整部22と、第2調整部23と、第1加算器24と、第2加算器25と、を備える。

【0018】

第1信号処理部11は、入力信号(IQ)から振幅信号(入力信号の包絡線信号)を取得する。なお、入力信号のI, Q成分に対し、振幅信号は $SQRT(I^2 + Q^2)$ 、位相信号は $arctan(Q/I)$ により算出することができる。第1信号処理部11は、入力信号(IQ)の振幅信号をDA変換器12に供給する。DA変換部12は、振幅信号をDA変換し、変換した信号を第1増幅器13に供給する。第1増幅器13は、供給された信号を増幅して増幅信号を出力する。なお、一般に、振幅信号の増幅は非線形歪みの影響を受けやすいため、第1増幅器13には線形性の高い増幅器を用いるものであるが、省電力性を考慮して、理想的な線形特性(以下、「理想特性」という。)からの歪み量を生じる増幅器を用いることもできる。

20

【0019】

第2増幅器15は、第1増幅器13からの信号を電源電圧制御用の信号として、入力信号を増幅して出力信号を生成する。なお、第2増幅器15は、AM - AM / AM - PMといった増幅特性が非線形であり、理想特性から所定の歪み量を生じるものである。

30

【0020】

IQ変調部14およびIQ復調部16は、それぞれIQ変調およびIQ復調に必要な所定の処理を行う。利得設定部18は、入力されるIQ信号から、振幅および位相を取得するとともに、取得した振幅及び位相に対して第1増幅器及び第2増幅器の理想特性に従う利得を与える。第2信号処理部17は、入力されるIQ信号から、振幅および位相を算出する。第1比較器19および第2比較器20は、それぞれ、利得設定部18および第2信号処理部17から供給される振幅 G_1 、 G_2 および位相 θ_1 、 θ_2 を比較するものであり、当該比較により、第1増幅器13及び第2増幅器15の非線形特性による歪み量を推定し、 G および θ を算出する。

40

【0021】

IQ計算部21は、第1比較器19および第2比較器20が算出した G および θ を、推定歪み量として、IQ信号のIおよびQに変換し、Iを第1調整部22に、Qを第2調整部23に供給する。なお、 G および θ に対し、Iは $G \times \cos \theta$ 、Qは $G \times \sin \theta$ により算出することが出来る。第1調整部22および第2調整部23は、IQ計算部21から供給されたIおよびQのレベルを調整するため、それぞれ、IおよびQに所定の係数を乗じるものである。第1加算器24および第2加算器25は、それぞれ、入力信号のI、Q成分と、第1調整部22および第2調整部23からの信号とを加算するものであり、増幅器11の非線形特性による歪み量を打ち消すよう

50

に、入力信号を生成する。

【 0 0 2 2 】

当該送信機 1 における制御の流れを、第 1 加算器 2 4 および第 2 加算器 2 5 の後段の信号 (第 1 入力信号) を起点として説明する。

【 0 0 2 3 】

第 1 信号処理部 1 1 は、第 1 入力信号から振幅信号 (即ち第 1 入力信号の包絡線信号) を取得し、当該振幅信号を D A 変換部 1 2 を経由して第 1 増幅器 1 3 に供給する。第 1 増幅器 1 3 は、振幅信号を増幅して第 1 増幅信号を生成し、当該第 1 増幅信号を電源電圧制御用の信号として第 2 増幅器に供給する。

【 0 0 2 4 】

第 2 増幅器 1 5 は、I Q 変調部 1 4 を経て第 1 入力信号を取得し、第 1 増幅器 1 3 からの電源電圧に基づいて第 1 入力信号を増幅し、第 2 増幅信号を生成する。ここで、第 2 増幅信号は、第 1 増幅器 1 3 及び第 2 増幅器 1 5 の非線形特性による歪み量を含むものである。

【 0 0 2 5 】

第 2 信号処理部 1 7 は、I Q 復調部 1 6 を経て第 2 増幅信号を取得し、第 2 増幅信号の振幅及び位相を算出して、当該振幅及び位相をそれぞれ第 1 比較器 4 6 および第 2 比較器 2 0 に供給する。第 1 比較器 4 6 および第 2 比較器 2 0 には、さらに、利得設定部 1 8 によって第 1 増幅器 1 3 及び第 2 増幅器 1 5 の理想特性に従った利得が与えられた第 1 入力信号が基準信号として供給される。

【 0 0 2 6 】

第 1 比較器 4 6 および第 2 比較器 2 0 は、それぞれ、利得設定部 1 8 および第 2 信号処理部 1 7 から供給される振幅および位相を比較し、当該比較により、第 1 増幅器 1 3 及び第 2 増幅器 1 5 の非線形特性による歪み量の推定値 (推定歪み量) を含む比較信号を生成する。

【 0 0 2 7 】

第 1 加算器 2 4 および第 2 加算器 2 5 は、それぞれ、入力信号 (第 2 入力信号) の I 成分及び Q 成分と、第 1 調整部 2 2 及び第 2 調整部 2 3 からの比較信号とを加算し、第 1 入力信号を生成する。当該第 1 入力信号は、第 1 増幅器 1 3 および第 2 増幅器 1 5 の推定歪み量を含むものであるため、送信機 1 は、第 1 増幅器 1 3 および第 2 増幅器 1 5 への入力過程において積極的に非線形性を打ち消すことで、A M - A M、A M - P M 特性などの非線形補償 (リニアライズ) をすることができる。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、増幅器の非線形特性の一例を表した回路構成を示す図である。図 2 に示すとおり、増幅器の非線形特性を $y = u^2$ でモデル化している。図 3 (a) は、当該回路構成における歪み量を示す図である。線 a は増幅器の理想特性 (線形特性) を表し、線 b は増幅器の非線形特性 ($y = u^2$) を表し、線 c は理想特性と非線形特性との差分 (歪み量) を表す。図 3 (b) は、図 2 の回路構成により、増幅器の特性の線形化 (リニアライズ) を行った後の歪み量を示す図である。線 a は増幅器の理想特性 (線形特性) を表し、線 b はリニアライズ後の増幅器の特性を表し、線 c は理想特性とリニアライズ後の特性との差分 (歪み量) を表す。図 3 (b) に示すとおり、増幅器の特性の線形化 (リニアライズ) により、理想特性と増幅器の特性が近い値になり、歪み量を減少させることができる。図 4 は、図 3 (b) より、より細かい演算ステップで、増幅器特性の線形化 (リニアライズ) を行った場合の歪み量を示す図である。図 3 (b) と同様に、線 a は増幅器の理想特性 (線形特性) を表し、線 b はリニアライズ後の増幅器の特性を表し、線 c は理想特性とリニアライズ後の特性との差分 (歪み量) を表す。図 4 に示すとおり、増幅器特性の線形化 (リニアライズ) をより細かい演算ステップで行うほど、歪み量をより減少させることができる。

【 0 0 2 9 】

このように、本実施形態によれば、非線形特性をもつ増幅器の出力信号と増幅器の理想

10

20

30

40

50

特性をもつ利得設定部の出力信号とを比較することにより、増幅器の推定歪み量を推定する。また、当該推定歪み量を増幅器への入力に加算させることによって、増幅器の非線形性（歪み）を予め推定し、推定した非線形性（歪み）を利用して、増幅器への入力過程において積極的に非線形性を打ち消すことで、AM - AM、AM - PM特性などの非線形補償（リニアライズ）をすることができる。本実施形態においては、推定歪み量を加算した信号は、第1増幅器13及び第2増幅器15の双方に入力されるため、それぞれの増幅器において非線形補償を行うことができる。

【0030】

本発明を諸図面や実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形や修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、本発明の範囲は上記実施形態の記載のみに限定されるものではなく、これらの変形や修正も本発明の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成要素などは論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数構成要素などを1つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

10

【0031】

例えば、本発明は、温度変化による増幅器の効率低下を防ぐことも可能である。一般に、温度変化によって、増幅器に使われているFET（電界効果トランジスタ：Field Effect Transistor）の増幅率、動作点が変動し、これにより送信出力変動、増幅効率の低下が発生する。ET（エンベロープトラッキング：Envelope Tracking）方式を用いるEERでは、常にAB級増幅を狙った制御を行っても、温度変動があった場合（特に高温）、送信信号入力レベル（ゲート電圧を大きくする）の制御と電源電圧（すなわちドレイン電圧を上げる）を制御しなければ所望の出力が取り出せない。本発明によれば、推定歪み量を加算した信号は、第1増幅器13及び第2増幅器15の双方に入力されるため、それぞれの増幅器において増幅器の効率を維持する制御を行うことができる。特に、第2増幅器15は、第1増幅器13の出力信号を電源電圧の制御信号として入力信号を増幅するため、本発明は、第2増幅器15において、入力信号と電源電圧という2方向の制御を可能にしており、増幅効率の低下をより高精度に防止することが可能になる。

20

【符号の説明】

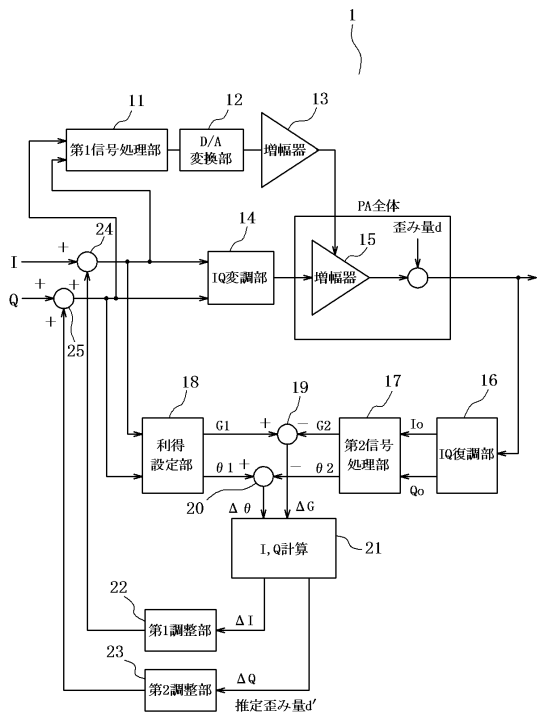
【0032】

- 1 送信機
- 11 第1信号処理部
- 12 DA変換部
- 13 第1増幅器
- 14 IQ変調部
- 15 第2増幅器
- 16 IQ復調部
- 17 第2信号処理部
- 18 利得設定部
- 19 第1比較器
- 20 第2比較器
- 21 IQ計算部
- 22 第1調整部
- 23 第2調整部
- 24 第1加算器
- 25 第2加算器

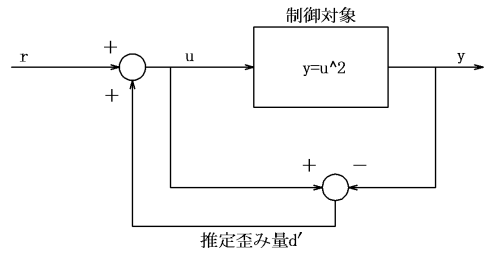
30

40

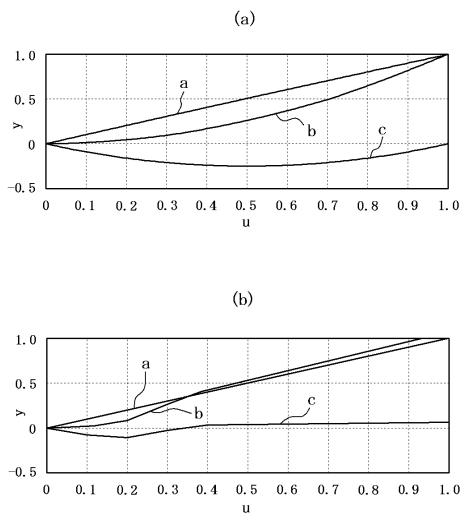
【図1】



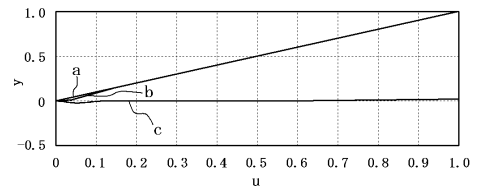
【図2】



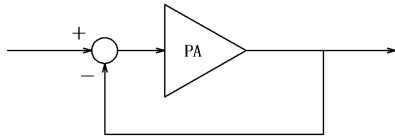
【図3】



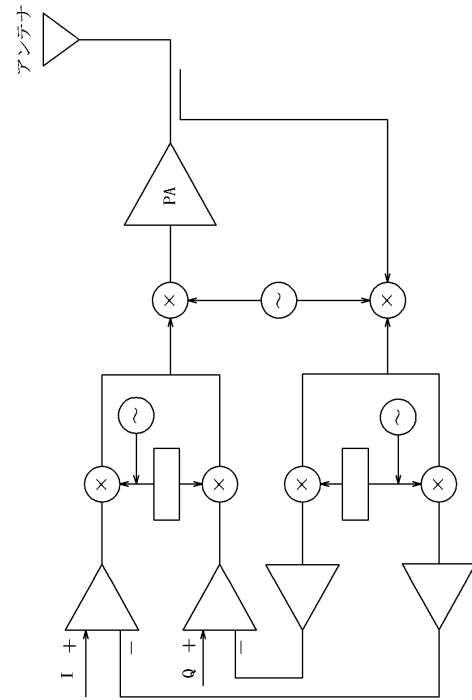
【図4】



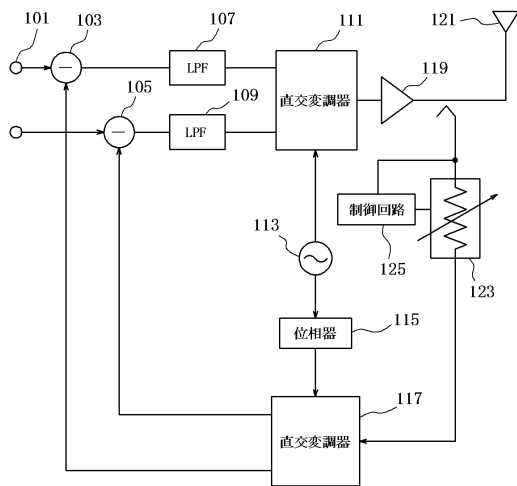
【図10】



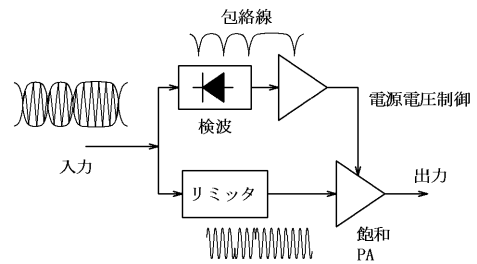
【図11】



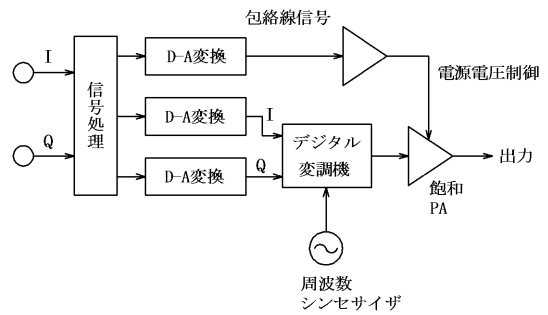
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2006-333445(JP,A)
特開昭52-037750(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H03F1/00-3/45、3/50-52、3/62-64、3/68-3/72