

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4148892号  
(P4148892)

(45) 発行日 平成20年9月10日(2008.9.10)

(24) 登録日 平成20年7月4日(2008.7.4)

(51) Int.Cl.

H03F 1/32 (2006.01)  
H03G 3/30 (2006.01)

F 1

H03F 1/32  
H03G 3/30  
H03G 3/30B  
C

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2003-521523 (P2003-521523)  
 (86) (22) 出願日 平成14年8月12日 (2002.8.12)  
 (65) 公表番号 特表2005-500738 (P2005-500738A)  
 (43) 公表日 平成17年1月6日 (2005.1.6)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2002/025557  
 (87) 國際公開番号 WO2003/017553  
 (87) 國際公開日 平成15年2月27日 (2003.2.27)  
 審査請求日 平成17年8月10日 (2005.8.10)  
 (31) 優先権主張番号 60/311,358  
 (32) 優先日 平成13年8月13日 (2001.8.13)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)  
 (31) 優先権主張番号 10/016,691  
 (32) 優先日 平成13年12月17日 (2001.12.17)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 502352128  
 ソマ ネットワークス インコーポレイテッド  
 アメリカ合衆国 94103 カリフォルニア州 サンフランシスコ タウンセンドストリート 650 スイート 305  
 (74) 代理人 100079049  
 弁理士 中島 淳  
 (74) 代理人 100084995  
 弁理士 加藤 和詳  
 (74) 代理人 100085279  
 弁理士 西元 勝一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】フィードフォワード増幅器およびフィードフォワード増幅器制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

エラー経路およびキャンセレーション・ノードを含む信号キャンセレーション・ループを備えたフィードフォワード増幅器であって、

第一の利得制御器と第一の位相制御器であって、制御器の各々は離散タップ操縦信号を出力し、予め選択された一連の値の形態を有する離散低レベル信号によりタップ操縦信号の各々を変調し、予め選択された期間にわたって第一の利得制御器のための低レベル信号の各々と第一の位相制御器のための低レベル信号の各々とが相互に直交するように該一連の値が選択される、第一の利得制御器と第一の位相制御器と、

前記第一の利得制御器および第一の位相制御器の出力に接続されており、前記信号キャンセレーション・ループに制御された利得変化および位相シフトを出力する、第一の利得および位相調整器であって、該利得変化および位相シフトの大きさが該第一の利得制御器および第一の位相制御器によって該第一の利得および位相調整器に供される対応するタップ操縦信号によって制御される、第一の利得および位相調整器と、

第一の検出器であって、該検出器の入力は前記キャンセレーション・ノードに接続されており、該検出器の出力は前記第一の利得制御器および第一の位相制御器に接続されており、該検出器は該キャンセレーション・ノードにおける信号の特性を出力する、第一の検出器と、

を備え、

予め選択された前記期間の後、前記第一の利得制御器および第一の位相制御器によって

10

20

前記第一の利得および位相調整器に供される前記タップ操縦信号の新しい値は、前記第一の検出器の出力と前記低レベル信号の各々とを乗じ、予め選択された前記期間の各々にわたって、結果として生じる一連の値の各々を加え、和の値にもとづいて決定された値と減衰された前記低レベル信号とを加算することによって、該第一の利得および位相調整器に供されるべき該タップ操縦信号を変更することによって取得される、

検出器によって検出される信号の各々の前記特性は該信号のエンベロープの振幅であり

前記低レベル信号は擬似雑音シーケンスもしくはウォルシュ符号であるように選択される、

フィードフォワード増幅器。

10

【請求項 2】

第二の利得制御器と第二の位相制御器であって、制御器の各々は離散タップ操縦信号を出力し、予め選択された一連の値の形態を有する離散低レベル信号によりタップ操縦信号の各々を変調し、予め選択された期間にわたって第一の利得制御器のための低レベル信号の各々と第一の位相制御器のための低レベル信号の各々とが相互に直交するように該一連の値が選択される、第二の利得制御器と第二の位相制御器と、

前記第二の利得制御器および第二の位相制御器の出力に接続されており、前記エラー経路に制御された利得変化および位相シフトを出力する、第二の利得および位相調整器であって、該利得変化および位相シフトの大きさが該第二の利得制御器および第二の位相制御器によって該第二の利得および位相調整器に供される対応するタップ操縦信号によって制御される、第二の利得および位相調整器と、

20

第二の検出器であって、該検出器の入力は当該フィードフォワード増幅器の出力に接続されており、該検出器の出力は前記第二の利得制御器および第二の位相制御器に接続されており、該検出器は当該フィードフォワード増幅器の出力における信号の特性を出力する、第二の検出器と、

をさらに備え、

予め選択された前記期間の後、前記第二の利得および位相調整器に供される前記タップ操縦信号の新しい値は、前記第二の検出器の出力と前記低レベル信号の各々とを乗じ、予め選択された前記期間の各々にわたって、結果として生じる一連の値の各々を加え、和の値にもとづいて決定された値と減衰された前記低レベル信号とを加算することによって、該第二の利得および位相調整器に供されるべき該タップ操縦信号を変更することによって取得される、

30

請求項 1 に記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 3】

タップ操縦信号の各々は対応する前記和の極性により増加または減少する、請求項 1 または 2 に記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 4】

対応する前記和が 0 であるか、または、0 に近い予め選択された範囲に含まれる場合には、利得および位相調整器に供されるタップ操縦信号は変化せず、

対応する前記和が 0 に近い予め選択された前記範囲に含まれない場合には、該タップ操縦信号は対応する前記和の極性により増加または減少する、

40

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 5】

対応する前記和が正であればタップ操縦信号は増加し、

対応する前記和が負であれば前記タップ操縦信号は減少する、

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載のフィードフォワード増幅器。

【請求項 6】

前記低レベル信号の極性は変動し、

前記低レベル信号の大きさは変動しない、

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載のフィードフォワード増幅器。

50

## 【請求項 7】

エラー経路およびキャンセレーション・ノードを含む信号キャンセレーション・ループを備えたフィードフォワード増幅器を制御する方法であって、

予め選択された期間にわたって第一の利得制御器のための低レベル信号の各々と第一の位相制御器のための低レベル信号の各々とが相互に直交するように一連の値が選択され、予め選択された該一連の値の形態を各々が有する二の離散低レベル信号を生成し、

各々が前記低レベル信号の異なる一の信号で変調される、利得制御タップ操縦信号および位相制御タップ操縦信号を生成し、

利得変化および位相シフトの大きさは前記タップ操縦信号の各々によって制御され、制御された該利得変化および位相シフトを前記信号キャンセレーション・ループに出力し、

キャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの測定値を検出器によって検出し、

予め選択された前記期間の後、前記検出器の出力と前記低レベル信号の各々とを乗じ、予め選択された前記期間の各々にわたって、結果として生じる一連の値の各々を加え、和の値にもとづいて決定された値と減衰された前記低レベル信号とを加算することによって該タップ操縦信号を変更することによって、前記タップ操縦信号の新しい値を求める、

フィードフォワード増幅器を制御する方法であって、

前記低レベル信号は擬似雑音シーケンスもしくはウォルシュ符号であるように選択される、

方法。

## 【請求項 8】

さらに、

予め選択された期間にわたって第一の利得制御器のための低レベル信号の各々と第一の位相制御器のための低レベル信号の各々とが相互に直交するように一連の値が選択され、予め選択された該一連の値の形態を各々が有する二の別の離散低レベル信号を生成し、

各々が別の前記低レベル信号の異なる一の信号で変調される、別の利得制御タップ操縦信号および別の位相制御タップ操縦信号を生成し、

利得変化および位相シフトの大きさは別の前記タップ操縦信号の各々によって制御され、制御された該利得変化および位相シフトを前記エラー経路に出力し、

当該フィードフォワード増幅器の出力で信号のエンベロープの測定値を検出し、

予め選択された前記期間の後、検出器の出力と別の前記低レベル信号の各々とを乗じ、予め選択された前記期間の各々にわたって、結果として生じる一連の値の各々を加え、和の値にもとづいて決定された値と減衰された前記低レベル信号とを加算することによって別の該タップ操縦信号を変更することによって、別の前記タップ操縦信号の新しい値を求める、

請求項7に記載のフィードフォワード増幅器を制御する方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、適応回路に関する。さらに具体的には、本発明は、フィードフォワード増幅器回路において利得及び位相の調整を制御するような、適応回路を制御するための装置及び方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

優先権の主張：

本出願は、米国特許仮出願第60/311,358号(2001年8月13日出願)、及び米国特許出願第10/016,691号(2001年12月17日出願)のそれぞれによる優先権を主張し、これら米国出願の内容を参照によって本明細書に組み込む。

## 【0003】

適応回路は、種々の異なる用途において既知であり、使用されている。適応回路の1つ

10

20

30

40

50

の公知の例は、フィードフォワード増幅器（「FFA」）である。フィードフォワード増幅器において線形性を実現するために、増幅回路構成を慎重に制御することが要求される。特に、FFAにおいて、2つ以上の利得及び位相の調整器が使用されることが多く、これら各調整器のタップは、増幅器によって直線性を実現するように慎重に操作（ステアリング）される。

【0004】

FFAの技術範囲内で、利得／位相調整器のそれぞれに対し1つずつの検出／制御回路を使用することはよく知られている。各検出器／制御器回路は、FFAにおいてそれぞれの利得／位相調整器のタップを操作するように操作可能であるので、主増幅器及び補正増幅器が主増幅器によって持ち込まれたエラーを低減するために、また、FFAにおいてパイロットトーンが使用されるのであれば、主増幅器の前に投入されたパイロットトーンの残留出力を減少させるために、適切に協同することができる。

10

【0005】

ある従来技術としての検出器／制御器回路において、検出器／制御器回路の検出器部が、関連した制御器部が調整を行なう必要があることを示すと、該制御器部は、実際に所望の効果を得るには増減のどちらかであることを認識することなく、タップへの入力を増減させる方向に利得／位相調整器のタップを任意に操作する。制御器が正しい方向にタップを操作したかどうかを確かめるために（例えば、タップへの信号を増加させるために）、修正が加えられた後で、検出器回路は、変化の方向が所望の効果をもたらしたかどうかを確認し、もしそうならば、必要に応じて、制御器回路に同一方向に操作を続けるよう指示する。しかしながら、操作方向が望ましくない結果をもたらしていることを検出器回路によって確認された場合、該検出器回路は、（例えば、タップへの信号を減少させるために）反対方向へのタップの操作を試みるように制御器に指示する。

20

【0006】

従来技術において、検出器／制御器回路は互いに独立して動作するので、それ故に、各調整器の各タップごとに最適レベルに向けて収束させることは困難である可能性がある。例えば、FFAによって増幅されている入力信号の強度が急速に変化することにより、検出器／制御器回路が、各利得／位相調整器のタップ・レベルをそれぞれの最適レベルに収束させるのに十分迅速に反応することを困難にすることがある。さらに、利得／位相調整器の1つのタップの調整は、別のタップで達成される最適入力レベル若しくはほぼ最適な入力レベルを混乱させる可能性があるので、タップのすべてを通じて混乱が連鎖的に生じるかもしれない。

30

【0007】

本発明の発明者はまた、更なる問題として、このような従来技術としての制御器回路は結果として、タップが入力信号に対する極小値に対応するレベルに対し操作され、入力信号に対する大域的最適値を見落とすことになることがあると考えている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の目的は、従来技術の上記不利点の少なくとも1つを除去又は緩和する適応回路を制御するための新規な装置及び方法を提供することである。本発明の更なる目的は、従来技術の上記不利点の少なくとも1つを除去又は緩和する新奇なフィードフォワード増幅器を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の一態様によると、利得制御器及び位相制御器を備えた、キャンセレーション・ノードを含む信号キャンセレーション・ループを有するフィードフォワード増幅器が提供される。各制御器は、離散的タップ操作信号を付与し、対応するタップ操作信号を、予め選択された値のシーケンスの形態を持つ離散的トレーサ信号で変調する。このシーケンスは、トレーサ信号が予め選択された期間にわたって他のトレーサ信号と相互に直交するよ

50

うに選択される。制御器の出力に接続される利得／位相調整器は、信号キャンセレーション・ループにおける利得変化及び位相シフトの制御を行ない、この利得変化及び位相シフトの大きさは、制御器によって利得／位相調整器に示された対応するタップ操縦信号によって制御されている。入力がキャンセレーション・ノードに接続され、出力が制御器に接続される検出器は、キャンセレーション・ノードにおいて信号のエンベロープの測定値を出力する。予め選択された期間の後で、制御器によって利得／位相調整器に示されたタップ操縦信号に対する新しい値は、それぞれの予め選択された期間にわたって個々のトレーサ信号を検出器出力に掛け合わせ、結果として生じる一連の値を合計し、個々の合計の値に従って変調され、利得／位相調整器に示されるタップ操縦信号を変化させることによって、得られる。随意的に、各タップ操縦信号は、対応する和の極性に応じて増減される、即ち、利得／位相調整器に示されたタップ操縦信号は、対応する加算値が0であるか、若しくは、0に近い予め選択された範囲内である場合に、変化がないままであり、対応する加算値が0に近い予め選択された範囲外である場合に、対応する加算値の極性に応じて増減される。さらに、各タップ操縦信号は、対応する加算値が正である場合に増加され、対応する加算値が負である場合に減少される。本明細書中で論じられる実施の形態のいずれにおいても、トレーサ信号は、極性が変化するが、振幅については変化せず、擬似雑音シーケンス若しくはウォルシュ符号であるように選択され得る。

## 【0010】

本発明の別の態様によって提供されるフィードフォワード増幅器は、

入力ポートと、

第1の主経路スプリッタであって、入力信号が上記入力ポートに適用される場合、該第1の主経路スプリッタによって主信号及びフィードフォワード信号に分割されるように、該第1の主経路スプリッタの入力が入力ポートに接続される、該第1の主経路スプリッタと、

入力が上記第1の主経路スプリッタの第1の出力に接続される主信号経路利得／位相調整器であって、タップ上の電圧レベルが主信号の振幅及び位相を制御するように構成される利得制御入力タップ及び位相制御入力タップを有する、該主信号経路利得／位相調整器と、

入力が上記主信号経路利得／位相調整器の出力に接続される主増幅器と、

入力が上記主増幅器の出力に接続される第2の主経路スプリッタと、

入力が上記第1の主経路スプリッタの第2の出力に接続される、フィードフォワード信号経路遅延素子であって、該フィードフォワード信号経路遅延素子によって課される遅延が、上記主増幅器によって生じられる主信号の遅延とほぼ一致するように選択される、該フィードフォワード信号経路遅延素子と、

第1の入力が上記フィードフォワード信号経路遅延素子の出力に接続されるフィードフォワード経路カプラーと、

上記第2の主経路スプリッタの第2の出力を上記フィードフォワード経路カプラーの第2の入力に接続するコネクタ／減衰器であって、減衰は、上記フィードフォワード経路カプラーに供される主信号の非変形部が上記フィードフォワード信号によってほぼキャンセルされるように選択される、該コネクタ／減衰器と、

入力が上記フィードフォワード経路カプラーの出力に接続されるフィードフォワード経路スプリッタと、

入力が上記フィードフォワード経路スプリッタの第2の出力に接続される検出器と、

入力が上記検出器の出力に接続され、出力が上記利得制御入力タップに接続される利得制御器と、

入力が上記検出器の出力に接続され、出力が上記位相制御入力タップに接続される位相制御器と、

を含み、

上記制御器がそれぞれ、予め選択された一連の値の形態を持つ離散的低レベル信号で個々の出力上の電圧レベルを変調し、上記一連の値は、各低レベル信号が予め選択された期

10

20

30

40

50

間にわたって他の低レベル信号と相互に直交するように選択され、

上記検出器がキャンセレーション・ノードにおいて信号のエンベロープの測定値を出力し、

上記各制御器が、予め選択された期間にわたるいずれの場合においても、接続されているタップを変調するための低レベル信号と上記検出器から受信された信号とを乗じ、経時に結果として生じる一連の値を加算し、該加算値に従って個々のタップ上の電圧レベルを変化させる。

#### 【0011】

随意的に、各電圧レベルは、対応する和の極性に応じて増減される、即ち、利得／位相調整器に示された電圧レベルは、対応する加算値が0であるか、若しくは0に近い予め選択された範囲内である場合に、変化がないままであり、対応する加算値が予め選択された範囲外である場合に、対応する加算値の極性に応じて増減される。さらに、各電圧レベルは、対応する加算値が正である場合に増加され、対応する加算値が負である場合に減少され、各出力電圧レベルは、個々の加算値の大きさに比例して変化され得る。

#### 【0012】

上記の実施の形態のいずれにおいても、低レベル信号は、極性が変化するが、振幅については変化せず、該低レベル信号は、擬似雑音シーケンスまたはウォルシュ符号であるように選択され得る。

#### 【0013】

本発明のさらに別の態様によると、信号が最小化されることになるキャンセレーション・ノードを含む信号キャンセレーション・ループを有するフィードフォワード増幅器が提供され、該フィードフォワード増幅器は、

タップ操縦信号を供し、該タップ操縦信号を、予め選択された一連の値の形態を持つトレーサ信号で変調する制御器と、

上記信号キャンセレーション・ループの特性の変化の制御を行ない、その結果としてキャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの測定値を変化させることになる、上記制御器の出力に接続される調整器であって、特性の変化の大きさが、上記制御器によって上記調整器に供された変調タップ操縦信号によって制御される、該調整器と、

入力が上記キャンセレーション・ノードに接続され、出力が上記制御器に接続される検出器であって、キャンセレーション・ノードにおいて信号のエンベロープの測定値を出力する検出器と、

を含み、

予め選択された期間の後で、タップ操縦信号に対する新しい設定が、検出器出力とトレーサ信号とを乗じ、結果としての一連の値を加算し、該加算値に従って変調され、上記調整器に供されるタップ操縦信号を変化させることによって、得られる。

#### 【0014】

随意的に、タップ操縦信号は、対応する和の極性に応じて増減される、即ち、利得／位相調整器に示されたタップ操縦信号は、対応する加算値が0であるか若しくは0に近い予め選択された範囲内である場合、変化がないままであり、対応する加算値が0に近い予め選択された範囲外である場合、対応する加算値の極性に応じて増減される。さらに、タップ操縦信号は、対応する加算値が正である場合に増加され、対応する加算値が負である場合に減少される。上記の実施の形態のいずれにおいても、トレーサ信号は、極性において変化するが、振幅においては変化せず、擬似雑音シーケンスまたはウォルシュ符号であるように選択され得る。

#### 【0015】

本発明のまた別の態様によると、信号を回路によって適応的に最小化するノードを有する該回路は、

出力電圧レベルを供する制御器であって、該出力電圧レベルが予め選択された期間にわたって、予め選択された一連の値の形態を持つ低レベル信号によって変調される、該制御器と、

10

20

30

40

50

適応回路の特性の変化に対し制御を行ない、結果として上記ノードにおいて信号のエンベロープを変化させることになる、上記制御器の出力に接続される調整器であって、特性の変化の大きさが、上記制御器によって上記調整器に示された電圧レベルによって制御される、該調整器と、

入力が上記ノードに接続され、出力が上記制御器に接続される検出器であって、上記ノードにおいて信号のエンベロープの測定値を出力する、該検出器と、

を含み、

上記予め選択された期間の後で、上記制御器によって上記調整器に供された電圧レベルに対する新しい設定が、検出器出力と低レベル信号とを乗じ、結果として得られる一連の値を加算し、該加算値に従って上記調整器に供された電圧レベルを変化させることによって、得られる。

【0016】

随意的に、各電圧レベルは、対応する和の極性に応じて増減される、即ち、調整器に示された電圧レベルは、対応する加算値が0であるか若しくは0に近い予め選択された範囲内である場合、変化がないままであり、対応する加算値が0に近い予め選択された範囲外である場合、対応する加算値の極性に応じて増減される。さらに、各電圧レベルは、対応する加算値が正である場合に増加され、対応する加算値が負である場合に減少されることもあり、各出力電圧レベルは、個々の加算値の大きさに比例して変化され得る。

【0017】

本発明のなおまた別の態様によって提供されるフィードフォワード増幅器は、  
カプラー、第1及び第2の利得/位相調整器、第1及び第2の遅延素子、主増幅器、ならびに補正増幅器を含む増幅器部であって、上記カプラーが、上記第1の利得/位相調整器を含む第1の信号経路に対し上記増幅器部への入力信号を付与し、上記主増幅器、上記第1の遅延素子、出力、及び上記カプラーが、上記入力信号を第2の遅延素子を含む第2の信号経路に供し、上記第2の利得/位相調整器及び補正増幅器が、入力信号を第1の利得/位相調整器と主増幅器とに伝達するための第1の信号経路を有し、上記第1の利得/位相調整器が、上記第1の調整器を操縦するための一対のタップを有し、上記増幅器部が、生成された上記入力信号のサンプルを第2の利得/位相調整器及び補正増幅器に伝達するための第2の信号経路を有し、上記第2の利得/位相調整器が、上記調整器を操縦するための一対のタップを有する、該増幅器部と、

上記第1の信号経路から検出信号を受信するための第1の検出器と、上記第2の信号経路から検出信号を受信するための第2の検出器と、を有すると共に、上記第1の検出器から上記検出信号を受信するための第1の対の制御器と、上記第2の検出器から上記検出信号を受信するための第2の対の制御器と、をさらに含む検出器/制御器部であって、上記制御器がそれぞれ、上記受信された検出信号に基づいて上記タップのそれぞれ1つを操縦するように操作可能であると共に、トレーサ信号をそれぞれのタップに投入するように更に操作可能であり、上記トレーサ信号が、上記増幅器部を介して上記検出信号を伝達且つ変調し、上記制御器がそれぞれ、個々の上記トレーサ信号を用いて個々の検出信号からタップ信号を抽出するように操作可能であると共に、該制御器がそれぞれ、個々のタップを操縦するための所望の方向を決定し、他の制御器と略同時に、上記個々のタップを操縦するような信号を出力するために、上記抽出されたタップ信号を利用するように操作可能である、該検出器/制御器部と、

を含む。

【0018】

本発明のまた別の態様によって提供される、フィードフォワード増幅器は、

フィードフォワード増幅器部であって、

増幅器部と、

検出器部と、

を含み、

上記増幅器部は、

10

20

30

40

50

( a ) 第 1 の利得 / 位相調整器と、主増幅器と、遅延素子と、を含む第 1 の信号経路と、  
 ( b ) 遅延素子と、第 2 の利得 / 位相調整器と、補正増幅器と、を含む第 2 の信号経路と、

を備え、

利得 / 位相調整器の各々は、

該利得 / 位相調整器の位相応答を変更する入力を受信する制御入力タップと、

該利得 / 位相調整器の利得応答を変更する入力を受信する制御入力タップと、  
 を備え、

上記第 1 及び第 2 の信号経路は、共通信号入力及び共通信号出力を有し、

10

上記検出器部は、

( c ) 上記共通信号出力から信号を受信し、上記第 2 の利得 / 位相調整器の利得タップへの入力を生成するように、第 1 の制御器に該受信信号を出力し、該第 2 の利得 / 位相調整器の位相タップへの入力を生成するように、第 2 の制御器に該受信信号を出力する、第 1 の検出器と、

( d ) 上記第 2 の利得 / 位相調整器の前に、上記第 2 の信号経路から信号を受信し、上記第 1 の利得 / 位相調整器の利得タップへの入力を生成するように、第 1 の制御器へ該受信信号を出力し、該第 1 の利得 / 位相調整器の位相タップへの入力を生成するように、第 2 の制御器へ該受信信号を出力する、第 2 の検出器と、

を有し、

20

制御器の各々は上記受信信号の構成要素に応答し、

制御器が応答する受信信号の構成要素は相互に直交し、

生成された入力の全てをタップに略同時に適用し、

上記フィードフォワード増幅器を介して入力信号を線形に増幅するように、該フィードフォワード増幅器の操作を変更するものである。

#### 【 0 0 1 9 】

本発明のさらに別の態様によると、複数の制御入力タップを有する適応制御回路を操作するための方法が提供され、該方法は、

上記制御入力のそれぞれに対し、

上記回路からトレーサ信号を含む信号を検出するステップと、

30

上記検出信号においてトレーサ信号から測定値を抽出するステップと、

上記適応回路の動作を向上させるために、上記制御入力に適用すべき適切な入力を決定するステップと、

上記制御入力に対するトレーサ信号を生成するステップであって、上記生成されたトレーサ信号が他の制御入力に対し生成されるトレーサ信号と直交する、ステップと、

上記トレーサ信号と上記決定した入力とを結合し、結果として得られる信号を上記制御入力に適用するステップと、を含む。

#### 【 0 0 2 0 】

適応回路を操作するための装置及び方法は、一組の直交トレーサ信号を回路に投入することを含む。トレーサ信号は、修正後、回路の少なくとも一部の動作の間に抽出され、回路の動作を修正するために個々の制御器によって検査される。

40

#### 【 0 0 2 1 】

ある実施の形態において、本発明は、一組の直交トレーサ信号が適用されるフィードフォワード増幅器に組み込まれる。検出器 / 制御器は、上記増幅器の一部によって修正されるように、直交トレーサ信号を構成要素として含む信号を検出する。上記検出器 / 制御器の各制御器部は、検出信号から個々のトレーサ信号に対する測定値を抽出し、その出力を修正し、それに応じて増幅器の一部を制御する。これら制御器部は、ほぼ同時にそれぞれの出力を増幅器の個々の部分に適用し、結果として増幅器の操作点を、最適な構成、若しくは、ほぼ最適な構成に急速に収束させることとなる。トレーサ信号を増幅器に投入することは、個々の直交トレーサ信号による制御器出力をディザリングすることによって達成

50

される。

【0022】

本発明のなおまた別の態様によって提供される適応回路は、  
それぞれが、回路の動作を変更するように少なくとも1つの制御入力を含む、少なくとも2つの調整器と、

少なくとも1つのトレーサ信号を生成するための少なくとも1つの信号生成器であって、生成されたトレーサ信号のそれぞれが、他の生成されたトレーサ信号と相互に直交する、少なくとも1つの信号生成器と、

上記少なくとも2つの調整器の制御入力の少なくともそれぞれ1つに対し制御信号を出力するように操作可能な、少なくとも2つの制御器であって、上記少なくとも1つの信号生成器からの異なる直交トレーサ信号が、ディザとして個々の制御信号に適用される、少なくとも2つの制御器と、

上記回路から合成信号を抽出し、該合成信号を上記少なくとも2つの制御器に適用するように操作可能な、少なくとも1つの検出器であって、各制御器が、少なくとも1つの直交トレーサ信号を抽出し、個々の制御信号を変更して、上記回路の動作を最適な若しくはほぼ最適な構成に収束させるように、適用された信号に応答する、少なくとも1つの検出器と、

を含むものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0023】

図1を参照すると、本発明の実施の形態によるフィードフォワード増幅器（「FFA」）は、参考番号20で示されている。FFA20は、増幅器部24及び検出器/制御器部28から構成されている。増幅器部24は、入力信号経路40に接続されているカプラー36を含む。該カプラー36は、経路40からの入力信号を主増幅信号経路44と、補正増幅信号経路48とに分割するように操作可能である。

【0024】

カプラー36からの主信号を伝達する主増幅信号経路44は、利得/位相調整器GPA<sub>1</sub>、主増幅器56、及び遅延素子60を含み、該遅延素子60は出力信号経路64へと出力する。GPA<sub>1</sub>は、利得制御入力タップT<sub>1</sub>と、位相制御入力タップT<sub>2</sub>とを含み、これらはそれぞれ、後述されるようにGPA<sub>1</sub>が、カプラー82の出力、及びカプラー104の入力において最大信号キャンセレーションを生じるように操作するように、操縦することができる。最大信号キャンセレーションが発生することになる、回路における位置は、「キャンセレーション・ノード」と称されることもある。

【0025】

カプラー36によって生成される、入力信号経路40からの信号のサンプルを伝達する補正増幅信号経路48は、遅延素子68、利得/位相調整器GPA<sub>2</sub>、及び補正増幅器74を含み、その出力はカプラー76を介して出力信号経路64に接続する。GPA<sub>2</sub>は、利得制御入力タップT<sub>3</sub>と、位相制御入力タップT<sub>4</sub>とを含み、これらはそれぞれ、GPA<sub>2</sub>が最小若しくはほぼ最小、又は補正増幅器74に供給される電力の量を必要とするように調整されるように、操縦することができる。本明細書中に使用されるように、「操縦」という用語は、利得/位相調整器、若しくはその他好適な調整器のそれぞれに対するタップを調整及び/又は制御するすべての好適な方法を構成するように意図されている。後述する本発明の実施の形態において、タップT<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>は、それぞれに適用される電圧レベルを変化させることによって操縦される。

【0026】

当業者には明確に理解できるように、GPA<sub>2</sub>及び補正増幅器74は、増幅器部24内にエラー経路73を構成する。したがって、補正増幅器74の出力が遅延60の出力に結合されると、エラー及びパイロットトーンは、これらが使用される場合に、出力信号経路64から実質的に除去され、出力信号経路64は、入力信号経路40からの信号の略線形増幅を表している。

10

20

30

40

50

## 【0027】

増幅器部24は、主増幅器56によって持ち込まれるエラーのサンプルを、GPA<sub>2</sub>から開始するエラー経路73に提供するために、主増幅器56の出力に接続される第1のカプラ-80と、遅延素子68の出力に接続される第2のカプラ-82と、を連結する結合経路79によって更に特徴付けられる。減衰は、第1のカプラ-80によって既にもたらされていない場合、結合経路73でもたらされることがある。

## 【0028】

主増幅信号経路44、補正増幅信号経路48、及び結合経路79は、「信号キャンセレーション・ループ」と称されることもある。

## 【0029】

例示された実施の形態において、増幅器部24はパイロットトーン生成器86をさらに含み、該生成器86は、カプラ-90を介して主増幅器56の入力に結合されている。パイロットトーン生成器86は、主増幅器56によって持ち込まれたエラーを低減するための通常の方法で、エラー経路73で使用するためのパイロットトーンを生成する。同じように、増幅器部24は、カプラ-98を介して出力信号経路64に結合されているパイロットトーン受信器94をさらに含む。出力信号経路64においてパイロットトーンを低減するカプラ-76に信号を入力するように、エラー経路73による使用の結果、出力信号経路64に沿って存在する残留パイロットトーンを測定するように、パイロットトーン受信器94は操作可能である。

## 【0030】

検出器/制御器部28は、本明細書に述べたように、種々の入力及び種々の出力を介して増幅器部24と接続する。具体的には、エラー経路73のすぐ前に接続されているカプラ-104は、入力信号を第1の検出器D<sub>1</sub>に配信し、該検出器は、検出器出力を利得制御器C<sub>1</sub>及び位相制御器C<sub>2</sub>にもたらす。図に示した実施の形態において、検出器出力は、適用される入力信号のエンベロープ(包絡線)の振幅の測度である。しかしながら、当業者によって想到される他の測度又は信号と同様に、検出器出力として、入力信号のエンベロープのRMS値のログに比例する信号、又は入力信号のエンベロープのピークに比例する信号を提供することは本発明の範囲内である。以下の説明、又は請求項の範囲のいずれにおいても、検出器出力が、適用される入力信号のエンベロープの振幅であることに対して言及され、その他のかかる信号や測度もまた意図されることは理解すべきである。

## 【0031】

同様に、パイロットトーン受信器94は、出力信号を第2の検出器D<sub>2</sub>に配信し、該検出器は、検出機出力を利得制御器C<sub>3</sub>及び位相制御器C<sub>4</sub>にもたらす。さらに、検出器D<sub>2</sub>は、そこに適用される入力信号のエンベロープの振幅を出力する。以下により詳細に述べられるように、制御器C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>及びC<sub>4</sub>は、調整器GPA<sub>1</sub>及びGPA<sub>2</sub>のそれぞれに対する最適な(若しくは所望の)利得及び位相の調整を得るために、個々の検出器Dから受信された信号に基づいて、タップT<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>及びT<sub>4</sub>をそれぞれ操縦するように操作可能である。

## 【0032】

例示された実施の形態において、トレーサ信号は、タップT<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>及びT<sub>4</sub>にそれぞれ適用される電圧レベルを変調するように、これら信号を使用することによって、主増幅信号経路44及び補正増幅信号経路48のそれぞれに適用される。これら電圧信号はタップ操縦信号と称され、また、変調された電圧レベルは変調タップ操縦信号と称されている。各トレーサ信号は、信号キャンセレーション・ループにおける利得又は位相を急速に、但し、わずかに変化させるために、検出器D<sub>1</sub>及びD<sub>2</sub>の1つに適用される入力信号のエンベロープの振幅に変動を生じさせる。検出器D<sub>1</sub>及びD<sub>2</sub>に適用される信号のエンベロープの検出された振幅は、個々の制御器Cに送られる。各制御器Cは、対応するタップに適用されるトレーサ信号によって生じられる検出器出力の変化を抽出し、それに応じてそのタップを操縦する。トレーサ信号によって生じられる検出器出力の変化は、各トレーサ信号が他のトレーサ信号と直交するように選択されているので、互いに区別することができ

10

20

30

40

50

る。後述されるように、例示された実施の形態において直交性を実現するために、各トレーサ信号はウォルシュ符号であるが、トレーサ信号として適切な擬似雑音シーケンスを選択するような他の技術もまた、当業者にはっきりと理解されるだろう。当業者にはここに記載された説明から理解されるように、出来るだけ直交するような信号を使用する場合、より良い性能が得られることになるとは言え、本発明は、全体として互いに直交しないトレーサ信号で動作することになる。したがって、本明細書中で使用されるように、直交するという用語は、ウォルシュ符号などの完全に直交する信号と、ほぼ直交の結果をもたらす期間にわたって必要とされる擬似雑音シーケンス等のほぼ直交する信号の両方を含むことが意図されている。一般的基準は、トレーサ信号が適当な時間にわたって無相関であればあるほど、より良い結果になる。

10

### 【0033】

詳細に説明する前に、概観として、本明細書に述べられた発明の実施の形態を理解する上で役立つ理想的な状況を考える。理解を助けるために、主増幅器が入力信号をまったく変形させず、1つのタップ操縦信号のみを調整することから開始させることを仮定する。まず、タップ操縦信号を特定の電圧レベルに設定する。その電圧レベルが調整器のタップに印加される場合、キャンセレーション・ノードにおいて特定レベルの信号キャンセレーションが結果的に生じる。(キャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅がゼロであるように)電圧レベルが最適である場合、(適当な期間における直交及び擬似雑音シーケンスがそうであるように)ゼロの平均値を有するトレーサ信号によって電圧レベルをディザリングすることは、結果としてゼロの上下でキャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅をわずかに偏位させることになるが、すべての偏位の和がゼロになる。今度は、電圧レベルが最適でないことを想定する。キャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅におけるわずかな偏位は、ディザリングが加えられていない場合に生じるキャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅より上、及びそれより下のレベルに対するものとなる。その結果、極性を含む非ゼロ和であったり、符号であったり、ディザリングが加えられていない場合、キャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅の極性と同じものが生じることになる。これまでには、たった1つのタップが存在することを仮定していた。それより多いタップが存在する場合、トレーサ信号として、適当な期間にわたって直交または擬似雑音シーケンスを使用することによって、各タップのディザリングによって引き起こされるキャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅における偏位が、キャンセレーション・ノードにおける信号のエンベロープの振幅から切り離されて抽出され、合計され、さらに、対応するタップ操縦信号を同時に調整するように使用できる。

20

### 【0034】

図2を参照すると、検出器/制御器部28がより詳細に説明されている。図示のように、制御器C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、C<sub>3</sub>及びC<sub>4</sub>はそれぞれ同一構成要素を含む。各制御器Cは、個々の検出器Dから検出器出力を受信する乗算器200を含む。これら制御器Cは、それぞれのタップTを操縦する方法を決定するために、検出器出力を利用するように操作可能である。本発明の実施の形態において、各検出器出力は、個々の検出器Dによって受信される信号のエンベロープの振幅であり、個々の検出器Dによって受信される信号のエンベロープの振幅においてそれぞれのトレーサ信号で個々のタップ操縦信号をディザリング(変調)する効果に関する組み合わせ情報を伝達する。トレーサ信号による各タップ操縦信号のディザリングの効果に関して伝達された情報は、以下で更に詳しく述べられるように検出器出力から別々に抽出されることもある。

30

### 【0035】

制御器Cに対しタップTによって投入されるトレーサ信号の効果を抽出するために、各乗算器200は、ウォルシュ符号生成器204からそのウォルシュ符号を受信する。各ウォルシュ符号生成器204<sub>1</sub>、204<sub>2</sub>、204<sub>3</sub>及び204<sub>4</sub>は、固有のウォルシュ符号を生成し、該ウォルシュ符号は、当業者によって理解されるように、所定の期間にわたって繰り返す1つ以上の論理1及び/又は論理0の予め選択されたパターンであり、他のウォ

40

50

ルシュ符号と互いに直交する。以下で更に詳述されるように、個々の検出器 D からの検出器出力がそれぞれのウォルシュ符号で乗算器 200 によって乗算される場合、個々のタップ T に投入されるトレーサ信号から結果として生じる検出器出力の一部のみが個々の乗算器 200 から出力されることになる。

【 0036 】

制御器 C はさらに、それぞれ積算器 208 を有し、該積算器 208 は、それぞれの検出器出力上の個々のタップ T に対するトレーサ信号の結果を表示する、乗算器 200 からの結果を各期間ごとに合計し、これら合計された結果から、それに責任のあるタップ T が適切に操縦されているかどうかを判断するように操作可能な調整器 212 に合計された結果を出力する。調整器 212 が、その対応するタップ T が適切な方向に操縦されていることを判断すると、調整器 212 は、そのタップ T を同一方向に操縦し続ける信号を出力する。調整器 212 が、その対応するタップ T が間違った方向に操縦されていることを判断すると、調整器 212 は、そのタップ T を反対方向に操縦する信号を出力する。調整器 212 はさらに、そのタップ T が最適レベルであることを判断することもでき、この場合、調整器 212 はタップ T をまったく操縦しないで、タップ操縦信号を現行レベルのままにしておく。調整器 212 の更なる詳細は、以下で更に詳述される。

10

【 0037 】

制御器 C のトレーサ信号を増幅器部 24 に投入するために、調整器 212 から出力された信号は、ウォルシュ符号生成器 204 で生成されたウォルシュ符号とともに加算器 216 を用いて変調される。該ウォルシュ符号は、最初にファクタ A によって減衰器 220 を介して減衰されている。それぞれのタップ T に対し調整器 212 からの制御信号に加算され得る適切な「ディザリング」又は「摂動 (perturbation)」をもたらすレベルまで、ウォルシュ符号は、ファクタ A によって減衰される。結果として生じる変調信号の電圧レベルは、検出器 D の出力において確実に検出できる最小信号を一般的にもたらすことになるレベルである。

20

【 0038 】

当業者には明らかであるように、ウォルシュ符号が良好なディザとして作用するためには、各制御器 C ごとのウォルシュ符号は、可能な限り多くの遷移を有するように選択され、一方で、他の制御器 C のウォルシュ符号に対しまだ直交している。さらに、検出信号におけるノイズの影響を軽減するために適当な時間にわたってトレーサ信号が平均化されるので、適当な長さを有するウォルシュ符号または他の直交信号を選択することが望ましい。ウォルシュ符号の長さは、制御されるタップ T の数の少なくとも 2 倍であるように選択されることが、現在では好ましく、即ち、図 1 の実施の形態において、ウォルシュ符号の所望の最短長は 8 チップ分の符号であり、実際には、4 個のタップ T を備えたフィードフォワード増幅器に対し 64 チップ分のウォルシュ符号長を使用することが現在好ましいとされている。

30

【 0039 】

各加算器 216 の出力は個々のタップ T に向けられ、その結果、それに応じて個々のタップ T を操縦し、個々のトレーサ信号を投入する。

40

【 0040 】

フィードフォワード増幅器 20 の利得及び位相のそれぞれの調整を制御する方法は、図 3 を参照しながら説明される。図 3 におけるフローチャートは、例えば、検出 / 制御部 28 の各制御器 C を操作し、これによって各タップ T を操縦するように使用可能な、ステップのシーケンスを示している。即ち、図 3 におけるステップのシーケンスは、各制御器 C ごとに並列式で実行されることになる。

【 0041 】

上記のように、好ましい実施の形態では、各ウォルシュ符号は実際に 64 個のチップ分の長さがあるが、前記方法を説明する上で簡単にするために、各ウォルシュ符号  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  及び  $W_4$  は 8 個のチップ分の長さしかないことが仮定される。各ウォルシュ符号  $W_1$ 、 $W_2$ 、 $W_3$  及び  $W_4$  は、それぞれのウォルシュ符号生成器  $204_1$ 、 $204_2$ 、 $204_3$  及び

50

204<sub>4</sub>によって生成され、これらは表1に示され、図4に示すパルス波形において説明されている。この図に示された波形から、「1」が論理「1」を意味し、「-1」が論理「0」を示すことを理解すべきである。

【0042】

【表1】

チップ	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>	W <sub>4</sub>
1	1	1	1	1
2	-1	-1	1	-1
3	-1	1	-1	-1
4	1	-1	-1	1
5	-1	1	1	1
6	1	-1	1	-1
7	1	1	-1	-1
8	-1	-1	-1	1

【0043】

さらに簡単にするために、図3の方法は、制御器C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>、及びそれらに関連した検出器D<sub>1</sub>だけを参照して詳細に述べられるだけである。この方法は、ステップ300から始まり、フィードフォワード増幅器20の増幅器部24からの信号は検出器D<sub>1</sub>において検出される。このステップが本実施の形態に従ってどのようにして実行されるかを示すために、フィードフォワード増幅器20がちょうど起動（即ち、初期化）されているが、入力信号が入力信号経路40に沿って存在せず、その結果、出力信号も出力信号経路64に沿って存在しないことが仮定されることになる。

【0044】

前記方法のこの時点におけるフィードフォワード増幅器20の動作は図5において説明される。ここで、検出器D<sub>1</sub>、制御器C<sub>1</sub>、及び制御器C<sub>2</sub>が示されている。入力信号経路40に沿った入力信号が存在しないと、検出器D<sub>1</sub>はこれを検知し、対応する波形を出力する。これは図5において検出器出力の波形400aとして示され、さらに乗算器200<sub>1</sub>及び乗算器200<sub>2</sub>に入力される。

【0045】

本実施の形態の作用に対する更なる背景として、利得/位相調整器GPA<sub>1</sub>のタップTに適用されているトレーサ信号が、ウォルシュ符号であろうと他のディザであろうと、検出器D<sub>1</sub>において検出できるだけであり、ここで、トレーサ信号が入力信号の変調であるように、入力信号経路40に沿った入力信号が存在することは、当業者には理解できるだろう。同様に、パイロットトーンがカプラー90に投入されている場合、GPA<sub>2</sub>のタップTに適用されるトレーサ信号は、検出器D<sub>2</sub>において検出されるパイロットトーンの変調として、検出器D<sub>2</sub>において検出できることになる。図5においては今のところ入力信号が存在しないので、検出器出力波形400aは図示されるように、すべてゼロである。

【0046】

図3をさらに参照すると、前記方法はさらにステップ320に進み、制御器C<sub>i</sub>に対する個々のタップT<sub>i</sub>のためのトレーサ信号が、ステップ300で検出された信号から抽出される。本実施の形態において、この信号は乗算器200及び積算器208を用いて検出器出力波形400aから抽出される。最初に、乗算器200は、トレーサ信号を抽出するために、ウォルシュ符号生成器204からのウォルシュ符号出力を検出器出力波形400aで乗算する。積波形は積算器208に供され、該積算器208は、ウォルシュ符号におけるチップの数にわたって波形における各パルスを合計する。各積算器208<sub>1</sub>、208<sub>2</sub>の出力は、それぞれ項目（アイテム）404a<sub>1</sub>、404a<sub>2</sub>として図5に示されている。

【0047】

具体的には、制御器C<sub>1</sub>に関して、検出器出力400aが、{0,0,0,0,0,0,0,0}であると

10

20

30

40

50

共に、ウォルシュ符号生成器 204<sub>1</sub>の出力が数列  $W_1=\{1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, -1\}$  によって示し得るので、乗算器 200<sub>1</sub>の出力は、  
 $\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\} \times \{1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, -1\} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$  として表示できる。積算器 208<sub>1</sub>からの結果 404a<sub>1</sub>は、  
 $404a_1=(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)=0$  として表示できる。

## 【0048】

同様に、制御器 C<sub>2</sub>に対して、検出器出力 400a<sub>2</sub>が、 $\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$  であると共に、ウォルシュ符号生成器 204<sub>2</sub>の出力が数列  $W_2=\{1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1\}$  によって示し得るので、乗算器 200<sub>2</sub>の出力は、  
 $\{0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\} \times \{1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1\} = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$  として表示できる。積算器 208<sub>2</sub>からの結果 404a<sub>2</sub>は、  
 $404a_2=(0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)=0$  として表示できる。

## 【0049】

図 3 をさらに参照すると、前記方法はステップ 340 に進み、所定の制御器 C<sub>i</sub>に対する個々のタップ T<sub>i</sub>のための適切な操縦信号が決定される。本実施の形態において、このステップは調整器 212 によって実行される。図 5 を参照しながら説明されている上記の例を引き続き実行すると、各積算器 208 からの結果 404a<sub>i</sub>が個々の調整器 212 に送られる。図 5 の例に示されるように、各積算器 208 からの結果 404a<sub>i</sub>は「0」であり、この値は調整器 212 に送られる。

## 【0050】

本実施の形態において、調整器 212 はデジタル信号処理回路を含み、該回路は、個々の積算器 208 から送られた結果 404a<sub>i</sub>に基づいてタップ T<sub>i</sub>を操縦するか否か、さらに操縦するための方法を決定するように操作可能である。調整器 212 は、受信された「0」入力からタップ T<sub>i</sub>の操縦が必要とされていないことを判断し、ステップ 360 に進む。ステップ 360 において、個々のタップ T<sub>i</sub>に適用される操縦信号に対して何ら調整されない。

## 【0051】

調整器 212 が結果 404a<sub>i</sub>から正又は負の入力を受信した場合、タップ操縦信号に対する適切な調整が決定されることになり、前記方法はステップ 360 に進み、操縦信号の適切な調整がそれぞれのタップ T<sub>i</sub>に適用される。

## 【0052】

図 5 に関する説明されている例を引き続き実行すると、ステップ 340 において操縦信号に対する調整が必要とされていないことが判断され、さらに、フィードフォワード増幅器 20 が起動されたばかりであると、調整器 212 は、個々の制御器 C<sub>i</sub>に対するタップ T<sub>i</sub>が名目上の位置にまだあるべきことを判断する。各調整器 212 は、図 5 において信号 408a<sub>1</sub>、408a<sub>2</sub>として対応するタップ操縦信号を出力する。タップ操縦信号 408a<sub>i</sub>の正確なフォーマットは、公知の手段及び回路を用いて生成可能であり、増幅器部 24 内で使用される特定のタイプの利得 / 位相調整器を制御するために必要とされるフォーマットとただ一致しさえすればよい。

## 【0053】

タップ操縦信号 408a<sub>i</sub>は、個々の加算器 216 に供され、該加算器 216 は、タップ操縦信号 408a<sub>i</sub>をウォルシュ符号 W の減衰バージョン AW に加算する。この減衰ウォルシュ符号は、項目 AW<sub>1</sub>、AW<sub>2</sub>として図 5 に示され、制御方法の次の繰り返しに対し増幅器部 24 の信号経路に投入されるトレーサ信号である。各減衰器 220 ごとのファクタ A<sub>i</sub>がそれぞれ異なる可能性があることは当業者には理解できるだろう。減衰ウォルシュ符号 AW<sub>i</sub>は、使用された特定の GPA に対し適切なレベルにファクタ A<sub>i</sub>によって減衰されるので、これらは、そのタップ操縦信号 408a<sub>i</sub>の最高点で変調される「ディザ」としての役目をし、利得 / 位相 GPA の動作はディザによって妨げられることはない。

## 【0054】

減衰ウォルシュ符号 AW<sub>i</sub>は減衰器 220 によって生成される。該減衰器 220 は単に、

10

20

30

40

50

個々のウォルシュ符号生成器 204 の出力を受信し、その減衰バージョンを生成し、それを個々の加算器 216 に出力する。このように、各タップ操縦信号 408a と、個々の減衰ウォルシュ符号 AW は、図 5 において項目 412a<sub>1</sub> 及び 412a<sub>2</sub> として示されるよう に、ディザリングされたタップ操縦信号を生成するために、個々の加算器 216 によって 加算される。ステップ 360 では、ディザリングされたタップ操縦信号 412a<sub>1</sub>、412a<sub>2</sub> は、GPA<sub>1</sub> の個々のタップ T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> に供され、前記方法はステップ 300 に戻り、この方法の別の繰り返しが開始する。

#### 【0055】

上記の図 3 に示された方法は、検出器 D<sub>1</sub> 及び制御器 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> に関して上述したのと同じ方法で、検出器 D<sub>2</sub> 及び制御器 C<sub>3</sub>、C<sub>4</sub> に関して同時に作用する。したがって、操縦調整は各タップ T において同時に実行できる。

10

#### 【0056】

図 3 の方法による第 2 の反復の例は、図 6 を参照しながら説明される。この反復の前に、入力信号が入力信号経路 40 に沿って入力されていることを仮定する。図 6 もまた、検出器 D<sub>1</sub>、及び制御器 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub> を示している。この反復は、検出器 D<sub>1</sub> によって実行されるステップ 300 から開始する。入力信号経路 40 に沿って入力信号が存在すると、検出器 D<sub>1</sub> は、利得及び位相の各調整器の少なくとも 1 つに適用されているトレーサ信号（ディザ）を検出する。この検出を検出器出力波形 400b において表している。本実施の形態を説明するために、検出器出力波形 400b が {-3, -1, 0, 2, -3, 0, -1, 1} であり、波形 400b が乗算器 200<sub>1</sub>、200<sub>2</sub> に入力されていることを仮定する。

20

#### 【0057】

図 3 をさらに参照すると、前記方法はステップ 320 に進み、制御器 C<sub>i</sub> のそれぞれに対するタップ T<sub>i</sub> のタップ測定値が、ステップ 300 で検出された信号から抽出される。図 6 に関する説明されているこの例において、かかる信号は、各制御器 C<sub>i</sub> の乗算器 200<sub>i</sub> 及び積算器 208<sub>i</sub> を用いて検出器出力波形 400b から抽出される。まず、乗算器 200 は、ウォルシュ符号生成器 204 からのウォルシュ符号出力を検出器出力波形 400b で乗算する。積としての波形は積算器 208 に供され、該積算器 208 は、ウォルシュ符号におけるチップ個数にわたって波形における各パルスを合計する。各積算器 208<sub>1</sub>、208<sub>2</sub> からの結果は、図 6 においてそれぞれ項目 404b<sub>1</sub>、404b<sub>2</sub> として表示される。

30

#### 【0058】

具体的には、制御器 C<sub>1</sub> に関して、検出器出力 400b が {-3, -1, 0, 2, -3, 0, -1, 1} であると共に、ウォルシュ符号生成器 204<sub>1</sub> の出力 W<sub>1</sub> が、{1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, -1} であるので、乗算器 200<sub>1</sub> の出力は、

$$\{-3, -1, 0, 2, -3, 0, -1, 1\} \times \{1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, -1\} = (-3, 1, 0, 2, 3, 0, -1, -1)$$
 として表示できる。積算器 208<sub>1</sub> の結果は、

$$404b_1 = (-3, 1, 0, 2, 3, 0, -1, -1) = 1$$

として表示できる。同様に、制御器 C<sub>2</sub> に関して、検出器出力 400b が

$$\{-3, -1, 0, 2, -3, 0, -1, 1\}$$
 であると共に、ウォルシュ符号生成器 204<sub>2</sub> の出力 W<sub>2</sub> が、{1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1} であるので、乗算器 200<sub>2</sub> の出力は、

$$\{-3, -1, 0, 2, -3, 0, -1, 1\} \times \{1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1\} = (-3, 1, 0, -2, -3, 0, -1, -1)$$

40

として表示できる。積算器 208<sub>2</sub> の結果は、

$$404b_2 = (-3, 1, 0, -2, -3, 0, -1, -1) = -9$$

として表示できる

#### 【0059】

前記方法はさらにステップ 340 に進み、所定の制御器 C に対する個々のタップ T のための適切な操縦信号が決定される。図 6 を参照しながら説明されている上記の例を引き続き実行すると、各積算器 208 に対する結果 404b は個々の調整器 212 に送られる。この例において、積算器 208<sub>1</sub> によって生成された結果 404b<sub>1</sub> は「1」であり、この

50

値は調整器 212<sub>1</sub>に送られる。積算器 208<sub>2</sub>によって生成された結果 404b<sub>2</sub>は「-9」であり、この値は調整器 212<sub>2</sub>に送られる。それぞれの場合、積算器出力の符号は、個々のタップ T を調整する方法を決定する。

#### 【0060】

既に述べたように、調整器 212 は、デジタル信号処理回路を含み、該回路は、個々の積算器 208 から送られた結果 404b に基づいてタップ T を操縦するかどうかを判断するように操作可能である。本実施の形態において、調整器 212 は、個々の積算器 208 から受信された入力が「0」に等しくない場合、個々のタップ T の操縦が必要であると判断されるように構成されている。したがって、図 6 の例において、調整器 212<sub>1</sub>、212<sub>2</sub>はいずれも、それぞれのタップ T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>の操縦が必要とされていることを判断する

10

。

#### 【0061】

制御器 C<sub>1</sub>に関して、調整器 212<sub>1</sub>が「1」を受信し、これにより、タップ T<sub>1</sub>に対するタップ操縦信号 408b<sub>1</sub>を増加すべきことを決定し、それに応じて、出力タップ操縦信号 408b<sub>1</sub>が、図 3 の方法による前の反復の際に使用された前の信号から予め選択された分だけ増加される。制御器 C<sub>2</sub>に関して、調整器 212<sub>2</sub>が「-9」を受信し、これにより、タップ T<sub>2</sub>に対するタップ操縦信号 408b<sub>2</sub>を減少すべきことを決定し、それに応じて、出力タップ操縦信号 408b<sub>2</sub>が、図 3 の方法による前の反復の際に使用された前の信号から予め選択された分だけ減少される。タップ操縦信号 408b は、個々の加算器 216 に示され、該加算器 216 は、個々の減衰ウォルシュ符号 AW とタップ操縦信号 408a とを加算する。このように、個々のタップ操縦信号 408a 及び減衰ウォルシュ符号 AW は、図 6 において項目 412b<sub>1</sub>及び 412b<sub>2</sub>として示されている、ディザリングされたタップ操縦信号を生成するために、個々の加算器 216 によって加算される。ディザリングされたタップ操縦信号 412b は、ステップ 360 において個々の GPA のそれぞれのタップ T に供される。

20

#### 【0062】

図 3 の方法による反復は、各制御器 C ごとに連続的に繰り返し、個々のタップ T の最適レベルが、図 3 の方法による次の反復の際に、個々のタップ T を更に操縦することが要求されるまで、個々の制御器 C が単に、タップ出力信号 412 をその現在のレベル（即ち、波形 400 及びウォルシュ符号 W の乗算器 200 からの積の、積算器からの結果が 0）に維持する地点に到達されるまで、各タップ出力信号 412 を増減させる。

30

#### 【0063】

本明細書に述べられた実施の形態は、発明の特定の実施を対象とするものであるが、実施の形態の組み合わせ、部分セット、及び変形が本発明の範囲内であることは理解されるだろう。例えば、増幅器部 24 が、フィードフォワード増幅器の一種の増幅器部に対する実質的に周知の構成であるが、他の構成の増幅器部 24 が本発明の範囲内であることは当業者には理解されるだろう。こうした他の構成は、本発明の譲受人に譲渡された同時係属米国特許出願第 09/715,085 号において論じられ、その内容は参照によって本明細書に組み込まれる。特に、本件では、単一のパイロットトーン生成器 / 受信器を備えたフィードフォワード増幅器を教示し、該増幅器もまた、本発明に組み込むのに好適である。増幅器部の設計に関する当業者に対し有益なフィードフォワード増幅器の総括論議は、米国特許第 3,471,798 号に示され、その内容もまた、参照によって本明細書に組み込まれる。

40

#### 【0064】

さらに当業者に理解できるように、フィードフォワード増幅器は、3つ以上の利得 / 位相調整器を有することがある。このような場合、検出器 / 制御器回路は、各利得 / 位相調整器に対し使用することができ、各タップ T ごとに個々の直交トレーサ信号が使用できる。

#### 【0065】

さらに、本明細書で論じられた実施の形態が、パイロットトーンを有する FFA を特に

50

示している一方で、本発明が、パイロットトーンを使用せずに、検出器D<sub>2</sub>で混変調(intermodulation)エネルギーを測定するような、別 の方法を使用するFFAにも適用できることは理解すべきである。

【0066】

本明細書で論じられた実施の形態が、利得及び位相のタップTを有する利得／位相調整器を示している一方で、本発明がこのように限定されず、同相の「I」タップ及び直角位相の「Q」タップを有する、位相／利得調整器などの他のタイプの調整器にも適用できることは理解すべきである。さらに、本明細書で論じられた実施の形態がFFAにおける利得及び位相の調整を制御することを示している一方で、本明細書中で論じられた装置及び方法が、フィードフォワード回路などの適応制御が使用されている適切な回路で使用するために変更できることは理解すべきである。

10

【0067】

本明細書で論じられた実施の形態がウォルシュ符号を参照する一方で、回路の残存部分の他の特徴に対し適切な変更を含んだ状態で、好適長の擬似雑音シーケンス等のどんなタイプの直交トレーサ信号も使用可能であることもまた、理解すべきである。さらに、本明細書で論じられた例示としての実施の形態で使用されたウォルシュ符号のチップの個数が、検出器出力のパルス波形の期間に対応している一方で、こうした期間が少しも対応する必要がないことは理解されるだろう。一般に、周波数分割多重化を用いるような、検出器出力から特定のタップ測定値を抽出するための手段や方法が使用できることは理解すべきである。

20

【0068】

複雑度が増すことによって現在は好ましいものではないが、積算器208の出力の大きさが、各タップTを操縦すべき方向を決定するために積算信号の極性を使用することに加えて、各タップTを操縦すべき量を決定するように更なる情報を提供するために使用することもできる。このような場合、予め選択された分だけその量を調整する代わりに、出力の大きさに応じて可変増分を選択することができる。

【0069】

増分の大きさが、予め選択された方法で、適応回路の起動時と、適応回路の通常動作時との間で変化し得ることもまた想定される。例えば、起動時に所定数の反復に対し、図1の増幅器20は、5単位の増／減分量を使用し、続いて、別の所定数の反復に対し、3単位の増／減分量と、さらに続いて、別の所定数の反復に対し、2単位の増／減分量と、その後でさらに1単位の増／減分量が使用してもよい。これにより、起動時において増幅器をより高速に収束させることができる。

30

【0070】

本発明は、利得／位相調整器内の各タップが最適動作設定に収束するようにほぼ同時に調整されるように、利得及び位相の調整を操縦するための方法及び装置を含む、新しいフィードフォワード増幅器を提供する。このため、最適設定への収束は、従来技術としてのフィードフォワード増幅器よりも実質的に高速で、さらに／あるいはより正確に得られる。それぞれのタップは、トレーサ信号を有することができ、該信号は、増幅器を介して信号経路に加えられる、他のトレーサ信号と直交する。それぞれのタップ測定値は、個々のタップ操縦信号を適切に変更させるために、個々のタップ・制御器によって抽出且つ使用される。

40

【0071】

本発明の上記実施の形態は、本発明の実施例であることが意図され、変更及び修正は、添付された特許請求の範囲によってのみ定義される発明の範囲から逸脱することなく、当業者によって実行され得る。

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図1】本発明の実施の形態によるフィードフォワード増幅器のブロック図である。

【図2】図1に示された増幅器の検出器／制御器部のブロック図である。

50

【図3】図1の増幅器の利得及び位相の調整を制御する方法を示すフローチャートである。

【図4】図1及び図2の増幅器の検出器／制御器部において使用するための、例示としてのウォルシュ符号のセットを示す図である。

【図5】図1の増幅器の電源を最初にオンする際に、図3の方法を用いて図2に示された制御器部の内、2つの制御器部の動作の例を示す図である。

【図6】図3に示される方法によって次の繰り返しの際に、図5に示される制御器部の動作の例を示す図である。

【図1】

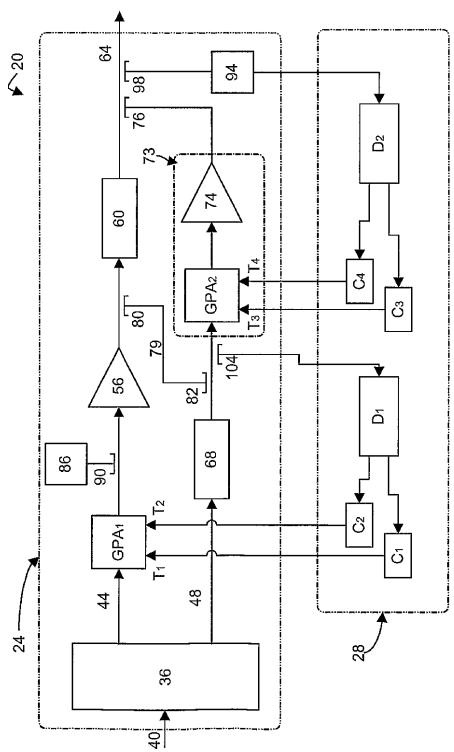
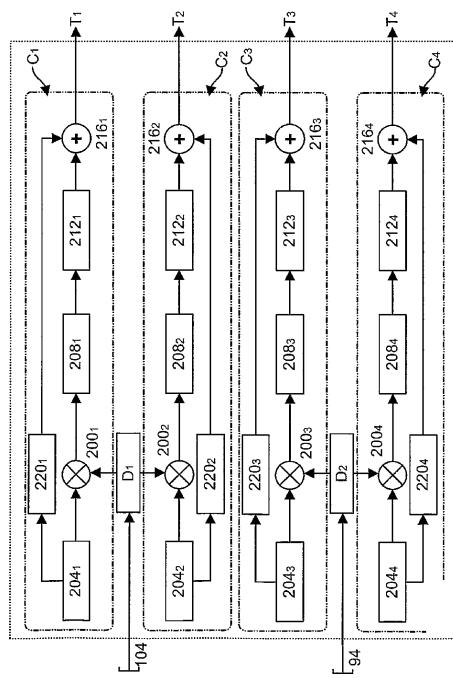


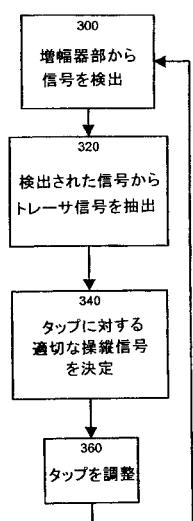
Fig. 1

【 図 2 】



**Fig. 2**

【図3】



【図4】

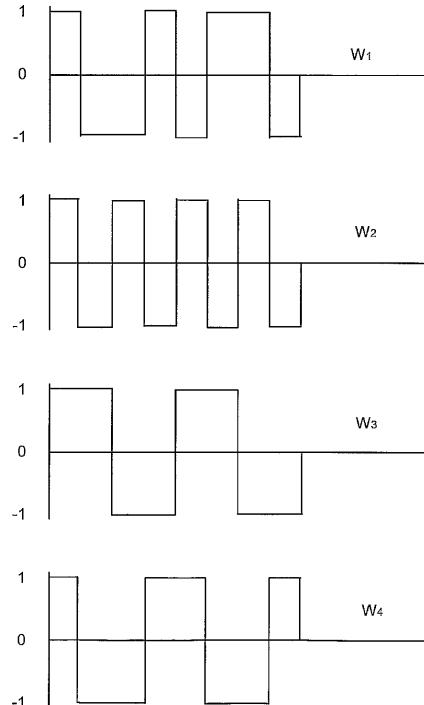


Fig.4

【図5】

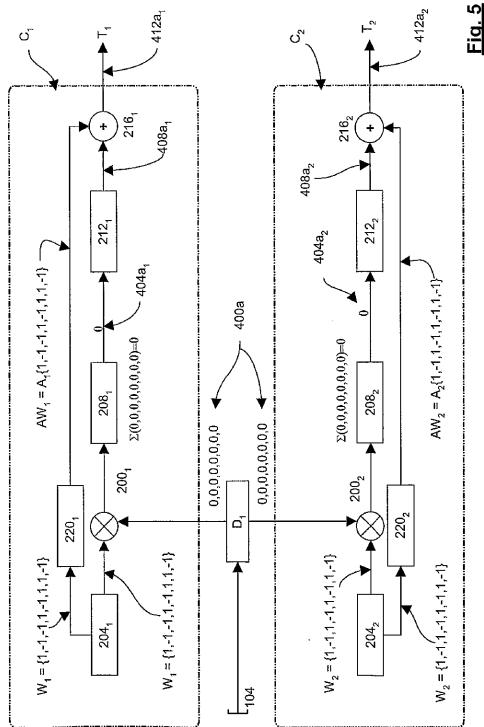


Fig.5

【図6】

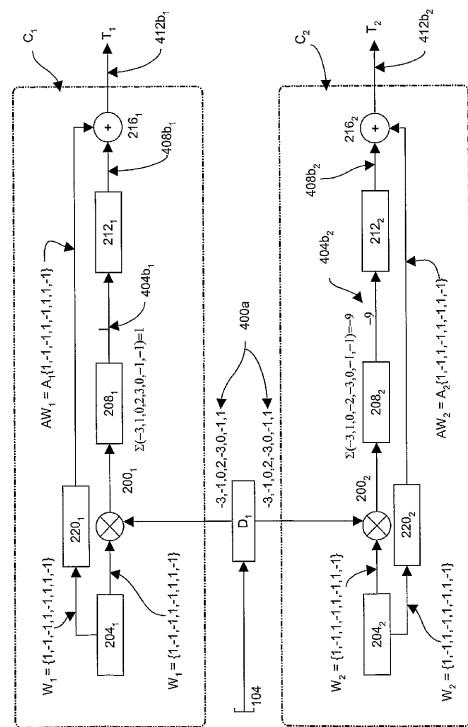


Fig.6

---

フロントページの続き

(72)発明者 プロジェット、ジェームズ、アール、

アメリカ合衆国 94598 カリフォルニア州 ウォールナット クリーク キャッスル ロッ  
ク ロード 73

審査官 畑中 博幸

(56)参考文献 米国特許第05796304(US, A)

特開平09-135123(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H03F 1/32

H03G 3/30