

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3973386号

(P3973386)

(45) 発行日 平成19年9月12日(2007.9.12)

(24) 登録日 平成19年6月22日(2007.6.22)

(51) Int. Cl.

F I

H O 4 B 1/06 (2006.01)

H O 4 B 1/06 E

G O 1 R 23/16 (2006.01)

G O 1 R 23/16 Z

G O 1 R 23/173 (2006.01)

G O 1 R 23/173 D

G O 1 R 29/08 (2006.01)

G O 1 R 29/08 A

請求項の数 2 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-272168 (P2001-272168)
 (22) 出願日 平成13年9月7日(2001.9.7)
 (65) 公開番号 特開2002-190781 (P2002-190781A)
 (43) 公開日 平成14年7月5日(2002.7.5)
 審査請求日 平成16年7月2日(2004.7.2)
 (31) 優先権主張番号 09/660,561
 (32) 優先日 平成12年9月12日(2000.9.12)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 391002340
 テクトロニクス・インコーポレイテッド
 TEKTRONIX, INC.
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97077
 -0001 ビーバートン サウスウエス
 ト カール・ブラウン・ドライブ 142
 00
 (74) 代理人 100090376
 弁理士 山口 邦夫
 (72) 発明者 ドナルド・ジェー・デイルブロックス
 アメリカ合衆国 オレゴン州 97064
 パーノニア ローン・パイン・ロード
 58903

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 テスト機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直列結合された入力ポート、中間周波数段及びデジタル信号プロセッサを含み、振幅 / 位相を正規化するブロードバンド受信器を具えたテスト機器であって、

出力端を有する正規化信号源と、

上記入力ポートに結合された第1入力端、上記正規化信号源の出力端に結合された第2入力端、及び上記中間周波数段の入力端に結合されたリレー用出力端を有し、第1位置にて上記第1入力端が上記リレー用出力端に結合され、第2位置にて上記第2入力端が上記リレー用出力端に結合されたリレーとを具え、

上記デジタル信号プロセッサは、上記入力ポートに校正されたテスト信号が供給され上記リレーが上記第1位置のときに、利得対周波数の関係を求め、上記リレーが上記第2位置のときに、上記正規化信号源に応じて補償データを発生する発生手段を有し、

上記正規化信号源は、

出力端が上記正規化信号源の出力端に結合され、上記リレーにより上記中間周波数段に結合されたときに、ノイズ・レベル対周波数の関係を示す補償データを上記発生手段に発生させる熱補償ノイズ信号源と、

クロック周波数が上記ブロードバンド受信器の最低入力周波数よりもかなり高く、上記リレーにより上記中間周波数段に結合されたときに、中間周波数データを補償する正規化フィルタ係数を上記発生手段に発生させる疑似ランダム・シーケンス発生器とを有することを特徴とするテスト機器。

10

20

【請求項 2】

直列結合された入力ポート、中間周波数段及びプロセッサを含むブロードバンド受信器の振幅／位相を正規化する方法であって、

上記入力ポートに校正された信号を供給し、

上記校正された信号に対する利得対周波数の関係を上記プロセッサで求め、

熱的に補償されたノイズ信号を上記中間周波数段に供給し、

上記熱的に補償されたノイズ信号に対するノイズ・レベル対周波数の関係を上記プロセッサで求め、

疑似ランダム・シーケンスをベースバンドで上記中間周波数段に供給し、

上記疑似ランダム・シーケンスに対する等価フィルタ係数を上記プロセッサで求める

10

ことを特徴とするブロードバンド受信器の振幅／位相の正規化方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、一般に、ブロードバンド（広帯域）受信器に関し、特に、ブロードバンドの温度（熱）補償を施したノイズ信号源及び疑似ランダム・シーケンス発生器を用いて振幅／位相の正規化を行うブロードバンド受信器を有するテスト機器に関する。

【0002】**【従来の技術】**

ブロードバンド受信器の利得は、その入力周波数レンジにわたって一定ではない。しかし、スペクトラム・アナライザの如きテスト機器内に設けられた受信器は、入力信号の振幅を正確に測定するために、その利得を一定にする必要がある。この必要性を満足させるために、典型的には、振幅校正を行うが、校正信号発生器からの既知のレベルの入力信号がその入力帯域幅にわたってステップ状となる。この振幅校正では、周波数に対する利得差を記録し、テスト機器のファームウェアがこの利得差を用いて、受信器の振幅応答が正しくなるようにする。

20

【0003】

ブロードバンド受信器には、この受信器の中間周波数（ＩＦ）段に必要なナロウバンド（狭帯域）フィルタを主たる原因として、信号チャネル帯域幅にわたって群遅延（位相変動）と振幅変動とがある。最終ＩＦ段の出力信号をデジタル化し処理する受信器において、このＩＦ段の振幅及び周波数応答をイコライズ（等化）、即ち、正規化するには、既知の疑似ランダム・シーケンスを注入し、デジタル信号処理にて、これら振幅及び周波数（位相）応答を相関させている。

30

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

これら校正ステップにおける１つの問題は、全体的な受信器の利得（振幅）及びＩＦフィルタ応答（位相）が、校正後の温度（熱）に応じて変化することである。これにより、既に行った校正が無効になる。

【0005】

必要に応じて振幅／位相を正規化する際に、ブロードバンド受信器を容易に使用できるが、温度に対して安定した自己完結（独立）型の校正システムが望まれている。

40

【0006】

したがって、本発明は、温度（熱）に対して安定して状態で振幅／位相を正規化できる受信器を具えたテスト機器、このテスト機器に使用する熱補償ノイズ信号源、及び振幅／位相正規化方法を提供するものである。

【0007】**【課題を解決するための手段】**

本発明は、直列結合された入力ポート（２２）、中間周波数段（２６、２７、２９、２８）及びデジタル信号プロセッサ（３４）を含み、振幅／位相を正規化するブロードバンド受信器（２０）を具えたテスト機器であって；出力端を有する正規化信号源（４０）と

50

；入力ポート（２２）に結合された第１入力端、正規化信号源（４０）の出力端に結合された第２入力端、及び中間周波数段の入力端に結合されたリレー用出力端を有し、第１位置にて第１入力端がリレー用出力端に結合され、第２位置にて第２入力端がリレー用出力端に結合されたリレー（２４）とを具え；デジタル信号プロセッサ（３４）は、入力ポートに校正されたテスト信号が供給されリレーが第１位置のときに、利得対周波数の関係を求め、リレーが第２位置のときに、正規化信号源に応じて補償データを発生する発生手段を有し；正規化信号源は、出力端が正規化信号源の出力端に結合され、リレーにより中間周波数段に結合されたときに、ノイズ・レベル対周波数の関係を示す補償データを発生手段に発生させる熱補償ノイズ信号源（４２）と、クロック周波数がブロードバンド受信器の最低入力周波数よりもかなり高く、リレーにより中間周波数段に結合されたときに、中間周波数データを補償する正規化フィルタ係数を発生手段に発生させる疑似ランダム・シーケンス発生器（４４）とを有することを特徴としている。

10

また、本発明は、直列結合された入力ポート（２２）、中間周波数段（２６、２７、２９、２８）及びプロセッサ（３４）を含むブロードバンド受信器（２０）の振幅／位相を正規化する方法であって；入力ポートに校正された信号（１０の出力信号）を供給し；校正された信号に対する利得対周波数の関係をプロセッサで求め；熱的に補償されたノイズ信号（４２の出力信号）を中間周波数段に供給し；熱的に補償されたノイズ信号に対するノイズ・レベル対周波数の関係をプロセッサで求め；疑似ランダム・シーケンス（４４の出力信号）をベースバンドで中間周波数段に供給し；疑似ランダム・シーケンスに対する等価フィルタ係数をプロセッサで求めることを特徴とする。

20

【０００８】

本発明によるブロードバンド受信器での振幅／位相の正規化では、ブロードバンドでの温度補償済みのノイズ信号源（ソース）及び疑似ランダム・シーケンス（ＰＲＳ）発生器を用いる。ブロードバンド受信器は、内部で温度を補償する正規化信号源であるノイズ信号源及びＰＲＳ発生器を有する。受信器のリレーは、入力ポート又は正規化信号源からの信号を受信器に供給する。リレーの第１位置にて、校正信号源は、ステップ状の周波数間隔で校正信号を受信器に供給し、利得に対する周波数（利得対周波数）の関係を示すテーブル（表）を発生する。また、同じステップ状周波数間隔で内部ノイズ信号源を切り替えて、ノイズ・レベルに対する周波数の関係を示すテーブル（表）を求める。次に、受信器に対する最低入力周波数においてＰＲＳ発生器を切り替えて、ＩＦ等化フィルタ用のフィルタ係数を求める。正規化信号源は温度（熱）に対して安定なので、任意の時点でこれら信号源を切り替えて測定し、温度状態の変化による、いかなるその後のブロードバンド受信器の利得の変化や、又はＩＦ線形歪の変化を正規化する。

30

【０００９】

本発明の目的、利点及び新規な特徴は、添付図を参照した以下の詳細説明から明らかになるう。

【００１０】

【発明の実施の形態】

図１は、本発明による受信器の初期校正するための校正システム及び受信器のブロック図である。校正システム１０は、後述の如く、パワー・メータ１２、テスト・ポート１４、信号発生器１６及び方向性結合器１８を具えている。また、受信器２０は、後述の如く、入力ポート２２、リレー２４、正規化信号源（ソース）４０、フィルタ２５、局部発振器（ＬＯ）２６、ミキサ２７、中間周波数（ＩＦ）増幅器２９、ＩＦフィルタ２８、取込みシステム３０を具えている。正規化ソース４０は、ノイズ信号源（ソース）４２及び疑似ランダム・シーケンス（ＰＲＳ）発生器４４を具えており、取込みシステム３０は、アナログ・デジタル（Ａ／Ｄ）変換器３２及びデジタル信号プロセッサ（ＤＳＰ）３４を具えている。局部発振器２６、ミキサ２７、ＩＦ増幅器２９及びＩＦフィルタ２８は、フィルタ２５の出力信号と局部発振器２６の出力信号との周波数差の信号を発生する中間周波数段を構成する。

40

【００１１】

50

校正手順の第1ステップは、テスト・ポート14にてパワー・メータにより校正システム10を校正して、信号発生器16からのテスト・ポート14におけるパワーを求める。この代わりに、方向性結合器18をテスト・ポート14及び信号発生器16の間に設けて、方向性結合器18の結合ポートにて、他のパワー・メータ12によりパワーを測定するようにしてもよい。この際、このテスト・ポート14におけるパワーを用いて、振幅変化に対して校正システムをモニタする。このモニタが可能なのは、方向性結合器18の結合ポートがテスト・ポート14の負荷インピーダンスに反応しにくいいためである。次に、入力ポート22を介して、被校正ブロードバンド受信器20をテスト・ポート14に結合し、リレー24を第1位置にして、受信器20を入力ポート22に結合する。電子的なRF（無線周波数）スイッチは、スイッチの温度ドリフトの影響を受けるので、リレー24は、好ましくは、温度安定性のよい機械式リレーである。校正システム10からの校正信号を入力ポート22に供給するが、受信器20の特定入力帯域幅にわたって周波数がステップ状に増分する一方、受信器20の局部発振器26もステップ状に同じに増分するので、校正信号は、IFフィルタ28のIF帯域幅の中央になる。取込みシステム30は、利得に対する周波数（利得対周波数）を表すテーブル（表）を求める。なお、上述のように、この取込みシステム30は、A/D変換器32及びデジタル信号プロセッサ34を含んでいる。次に、受信器のリレー24が入力ポート22から正規化ソース（信号源）40に切り替わり、ノイズ・ソース42がオン（動作状態）になる。このノイズ・レベルを同じ周波数増分にて測定し、取込みシステム30がノイズ・レベルに対する周波数（ノイズ・レベル対周波数）を表す表（ノイズ・レベル・テーブル）を求める。このノイズ・レベル・テーブルを校正と同じ時点及び温度で作成するので、このテーブルを温度安定基準のソース（よりどころ）として用いて、校正後の受信器利得の任意の変動を判断する。

【0012】

図2は、本発明によるIFバンド受信器の振幅/位相校正処理を行う機能ブロック図であり、図1の構成を基にして、原理的に必要なブロックのみを示している。なお、デジタル信号プロセッサ(DSP)34の内部機能もブロックとして示してある。また、図2の受信器20は、主に中間周波数段の機能を表している。上述の次のステップは、ノイズ信号源42をオフにし、疑似ランダム・シーケンス(PRS)発生器44をオンにして、受信器20を最低入力周波数に同調させる。疑似ランダム・シーケンス(PRS)波形を用い、データ補助適等化技術(data-aided adaptive equalization technique)に基づいて、IF群遅延(位相)及び振幅変動をイコライズ(等化)、即ち、正規化する。正規化ソース40内のPRS発生器44からのPRSは、受信器20を介して、取込みシステム30(A/D変換器32及びDSP34)により取り込まれ、DSP34により更に処理される。なお、ブロック34は、DSP内部のソフトウェア処理を表す。PRSは、相関関係により、基準発生器からの基準信号に時間的に同期させられる。次に、基準信号のスペクトル内容とPRSとを位置合わせ(アラインメント)して、関心のある同じスペクトル帯域を抽出する。IFは、受信器20の総ての入力周波数に対して同じであるので、この抽出は、単一周波数にて行う必要がある。受信器20の入力周波数レンジが十分に低く、PRSのクロック・レートが十分に高ければ、ベースバンドのPRSには、受信器20の最低周波数でも、イコライズを行うのに十分なスペクトル内容がある。最低周波数に同調させる理由は、PRSが $(\sin x)/x$ のスペクトルを発生し、PRSのクロック周波数に第1ヌル点が存在するためである。正規化を行うのに十分なスペクトル内容を有するために、受信器20を第1ヌル点より下に同調させる必要がある。スペクトル合わせをして求めたデータは、平均化される。PRSに広いスペクトル内容が必要な場合、その波形は、スペクトルを広くする形状のパルスでもよい。この場合、矩形波PRSは、狭いパルスに整形してもよい。他の方法では、PRSをアップ・コンバートする。

【0013】

上述のこれらステップを実行すると、DSP34内の受信器ファームウェア(ソフトウェア)は、求めたテーブルを用いて、各周波数増分でのブロードバンド利得差(振幅)を補正して、IFを中心にする。この際、平均化したデータを用いて、適応等価器によって、

10

20

30

40

50

疑似ランダム・シーケンスに対する等価フィルタ係数を求める。この際、適応等価器及びスペクトル合わせの出力データを組合せて、適応等価器を制御する。求めたフィルタ係数を用いる等化フィルタにより、IFを中心にして、IF帯域幅（位相）を補正する。正規化ソース40が温度（熱）に対して安定なので、これらソースを任意の時点で受信器20により切り替えて測定し、温度状態の変化によるブロードバンド受信器利得の校正後の変化や、IF線形歪の変化を正規化する。

【0014】

正規化ソース40の詳細なブロック図を図3に示す。ノイズ・ソース42は、+12ボルト及び接地の如き1対の電圧源の間に結合されたノイズ・ダイオード52を有する。ノイズ・ダイオード52の出力信号をモジュラ増幅器54に供給する。ノイズ・ダイオード52は、温度上昇により振幅が増加するが、モジュラ増幅器54は、小さな範囲で温度上昇により振幅が減少するので、全体としては、振幅がわずかに増加する。したがって、モジュラ増幅器54からの出力信号は、固定熱減衰器（熱PAD）56を介して、受信器リレー24に供給されるが、熱減衰器56により、上述の残った振幅増加（ノイズ・ダイオード52及びモジュラ増幅器54によるわずかな振幅増加）を補償する。熱減衰器56は、温度上昇により減衰が増加する。その結果により、全体的な振幅変化は、非常に小さく、摂氏10度から60度の温度変動に対して約0.1dBのオーダーである。温度に対して、ノイズ・ダイオード52のパワー変動及びモジュラ増幅器54の利得変動を補償するように、減衰器56の熱係数が経験的に求まる。この補償は、熱減衰器56の代わりにDSP34によって行ってもよい。また、温度係数の高い減衰器56を用いることにより、モジュラ増幅器54を用いなくて、温度安定化を達成することもできる。

【0015】

PRS発生器44にて疑似ランダム・シーケンス（PRS）を発生するのにプログラマブル・ロジック・アレイ（PLD）（図示せず）を用い、ECLに変換して、理想に近いPRS波形を発生できる。この場合、ECL出力フリップ・フロップ58により、このPRSを65MHzの如き高周波数でクロックして、即ち、PRSをフリップ・フロップ58のセット端子Sに供給すると共に、クロック（CLK）をフリップ・フロップ58のリセット端子Rに供給し、その出力端子Qからの出力信号を受信器リレー24に供給する。なお、このQ出力信号は、熱減衰器56を介して減衰されるようにしてもよい。受信器の最低入力周波数が30MHzならば、受信器がこの最低入力周波数に同調された場合、PRSは、1つのIFチャンネル帯域幅にわたり意味のあるスペクトル内容を有する。これにより、PRSを、アップコンバートではなくベースバンドで使用できる。簡略化とは別に、この利点は、温度（熱）に対するECL出力の固有の波形安定性である。PRSをアップコンバートする必要があると、必要とされる混合処理や、フィルタ処理により、温度変化に応じて波形を歪ませたり、波形を変化させるかもしれない。パルス整形を用いた場合には、狭いパルスの幅を温度に対して安定化させるのが困難であり、わずかな変化でさえ、スペクトルに大きな変化が生じてしまう。よって、本発明の温度に対する安定性は、重要である。

【0016】

上述の如く、本発明によるブロードバンド受信器の振幅／位相の正規化では、ノイズ・ソース及びPRS発生器を含む内部の熱的に安定した正規化ソース（信号源）を用い、受信器が、外部の校正ソース（信号源）からの利得対周波数テーブルを求め、内部のノイズ・ソースに応じてノイズ・レベル対周波数テーブルを求め、PRS発生器に応じてIF等化フィルタの係数を求める。

【0017】

【発明の効果】

したがって、本発明によれば、温度に対して安定して状態で、振幅／位相を正規化できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明により受信器を初期校正するための校正システム及び受信器のブロック図

10

20

30

40

50

である。

【図 2】本発明による IF バンド受信器の振幅 / 位相校正処理を行うブロック図である。

【図 3】本発明による正規化信号源のブロック図である。

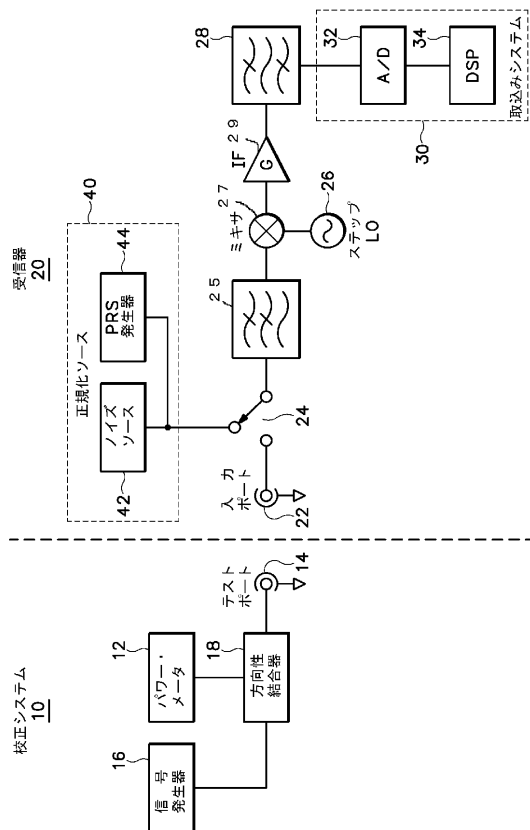
【符号の説明】

- 10 校正システム
- 12 パワー・メータ
- 14 テスト・ポート
- 16 信号発生器
- 18 方向性結合器
- 20 受信器
- 22 入力ポート
- 24 受信器リレー
- 26 局部発振器
- 28 中間周波数フィルタ
- 30 取込みシステム
- 32 アナログ・デジタル変換器
- 34 デジタル信号プロセッサ
- 40 正規化ソース
- 42 ノイズ信号源 (ソース)
- 44 疑似ランダム・シーケンス発生器
- 52 ノイズ・ダイオード
- 54 モジュラ増幅器
- 56 熱減衰器

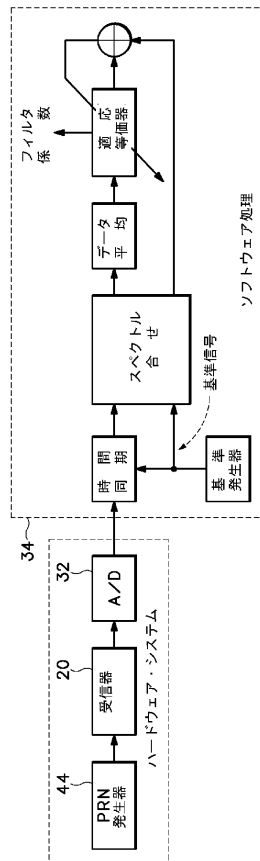
10

20

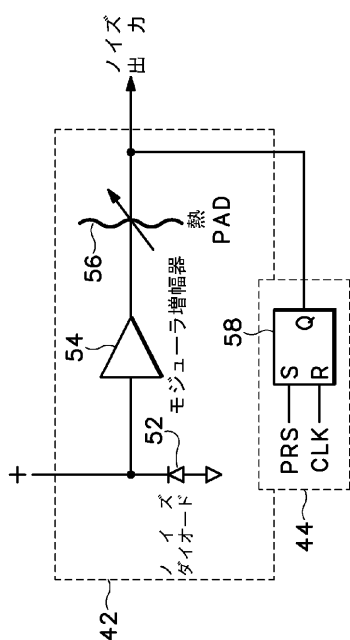
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(72)発明者 シャオフェン・チェン

アメリカ合衆国 オレゴン州 97068 ウェスト・リン クール・ダレーン・ドライブ 26
15

審査官 甲斐 哲雄

(56)参考文献 特表平10-505966(JP,A)

特開平11-046180(JP,A)

米国特許第3675148(US,A)

特開平11-041034(JP,A)

特開2000-196395(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/06

H04B 1/16

G01R 23/00-23/20

G01R 29/00-29/26

H04B 17/00