

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4219318号
(P4219318)

(45) 発行日 平成21年2月4日 (2009.2.4)

(24) 登録日 平成20年11月21日 (2008.11.21)

(51) Int.Cl.

F I

HO 4 L 27/38 (2006.01)

HO 4 L 27/00 G

HO 4 L 27/22 (2006.01)

HO 4 L 27/22 Z

請求項の数 18 外国語出願 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-295879 (P2004-295879)	(73) 特許権者	501409670
(22) 出願日	平成16年10月8日 (2004.10.8)		マイクロナス・ゲーエムベーハー
(65) 公開番号	特開2005-136973 (P2005-136973A)		Micronas GmbH
(43) 公開日	平成17年5月26日 (2005.5.26)		ドイツ連邦共和国、79108 フライブルグ、ハンス・ブンテ・ストラッセ 19
審査請求日	平成17年2月1日 (2005.2.1)	(74) 代理人	100095315
(31) 優先権主張番号	10347259.2		弁理士 中川 裕幸
(32) 優先日	平成15年10月8日 (2003.10.8)	(74) 代理人	100120400
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 飛田 高介
		(74) 代理人	100130270
			弁理士 反町 行良
		(72) 発明者	クリスティアン ボック
			ドイツ連邦共和国 フライブルグ 79108 バルドストラッセ 1a

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変調された信号を受信する際に回路配置を同期化するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

P S K 変調信号や Q A M 変調信号といったデジタル変調信号を受信する方法であって、
局部発振器に対する制御ステップと、所定の制御パラメータによって制御され、受信信号に対し所定の信号処理を施す信号処理ステップと、それに続く、データ決定ステップ、とを備え、

前記制御パラメータの一つ (p) は、受信信号に対して加えられるべき位相回転量を指示するものであり、かつ、該制御パラメータ (p) の決定と、前記局部発振器に対する制御とは、互いに依存しない関係にあり、

任意のまたはあらかじめ与えられた傾き角 (p) があらかじめ決定された制御パラメータとして、第 1 の見積もりについてあらかじめ回転させるために使用され、次の傾き角 (p) の見積もりが、次に決定器 ($15'$; $15c^*$) により決定された受信信号 (A) の決定された角誤差 (Δp) により直前の見積もりを修正することによって実施され、および新しい修正角 (p) を決定するために事前の修正のフィルタリングおよび整合性の検査 (plausibilitycheck) が実施されることを特徴とする受信方法。

【請求項 2】

前記決定器 ($15'$; 15^*) または別の決定器 ($15'$; 15^*) により、前記制御パラメータ (ΔR , p , t_i) を適合させるために使用されるパラメータおよび / または記号 (D') が決定される、請求項 1 に記載の方法であって、このため前記受信された信号 (A) を事前回転させるための前記受信された信号 (A) の事前処理が、前記決定器 ($15'$)

10

20

へ導く前に修正角 (ρ) を調整または変更することによって、および / またはこのため回路内部の決定格子 (E) の事前処理がこれを回転させ決定器 ($15c^*$) へ導き、および前記受信された信号 (A) をこれへ導くことによって実施される方法。

【請求項 3】

少なくとも信号成分の値の比較が前記決定器 ($15'$; $15c^*$) の前および後ろで、受信された信号 (A , A') と前記回路配置 (1) の系との間の角 (ρ) および / または振幅 (ΔR) の偏移値を決定するために実施され、これが後続のステップにおいて修正のために使用される、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

フィルタ装備 (33) 内で、修正角決定とそれから結果する偏移値 ($\Delta\rho + \rho$) とにおいてあらかじめ使用された回転 (ρ) の比率を検査するための処理が使用される、請求項 3 に記載の方法。

10

【請求項 5】

搬送波の移行 ($d\rho/dt \neq 0$) が検出される限り、周波数制御について積分器が周波数オフセット ($d\rho/dt$) を考慮する、請求項 3 ないし 6 のうち 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

制御パラメタ (ρ) として求められた傾き角により十分正確な周波数偏移を決定した後、周波数制御から位相制御へ切り換えが実施される、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記決定器 ($15'$; $15c^*$) 内の処理が極座標空間 (R, α) 内で実施される、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

20

【請求項 8】

前記記号 (D') が次の処理のために、前記傾き角 (ρ) だけ逆回転することによって前記受信された信号 (A) の座標系へもたらされる、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

前記記号 (D') またはそれから微分された信号 (ρ) が、搬送波周波数制御または搬送波位相制御 (8) についての入力信号としてさらに処理されるために使用される、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

搬送波周波数制御または搬送波位相制御 (8) についての入力信号として、受信された信号 (A) と前記逆回転した記号 (D) またはそれから微分された信号との間の角の差が使用される、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

30

【請求項 11】

前記記号 (D ; D') またはそれから微分された信号が、読み取り率周波数および / または読み取り率位相を調整するための制御装備 (21) についての入力信号として使用される、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

【請求項 12】

前記記号またはそれから微分された信号 (D ; D') が、イコライザ (14) の制御装備 (43) についての入力信号として使用される、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

40

前記記号から微分された信号、特に半径成分 (ΔR) が、判定帰還接続される増幅制御装備 (12) の制御装置 (43) へ入力される、前記請求項のうち 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

多次元複素信号空間内へ混合され、変調された信号 (s_a, s_d) を受信する際に回路配置 (1) を同期化するための回路 (50 ; 50^*) を有する回路配置 (1) であって、制御パラメタ ($\Delta R, \rho, t_i$) を使用して複素座標空間 (I, Q) 内で受信信号 (s_a, s_d, A) を解析するための決定器 ($15'$; 15^*) と、受信信号の事前処理を制御するための少なくとも 1 基の制御装備 (6, 7, 8, 9, 21, 10, 11, 43, 12, 14) とを有する回路配置であって、

前記受信信号 (A) を回転させるための、および / または前記回路配置の座標系の決定格

50

子 (E') を、局部発振器 (7) の制御に依存せず暫定的な、特に見積もられた修正角だけ回転させるための事前処理装置 (30, 32; 30, 32'; 35, 33, 36) によって特徴づけられる回路配置。

【請求項 15】

任意のまたはあらかじめ与えられた傾き角 (ρ) があらかじめ決定された制御パラメタとして、第 1 の見積もりについてあらかじめ回転させるために使用され、次の傾き角 (ρ) の見積もりが、次に決定器 (15'; 15c*) により決定された受信信号 (A) の決定された角誤差 ($\Delta\rho$) により直前の見積もりを修正することによって実施され、および新しい修正角 (ρ) を決定するために事前の修正のフィルタリングおよび整合性の検査 (plausibilitycheck) が実施されることを特徴とする請求項 14 に記載の回路配置。

10

【請求項 16】

前記回転する受信信号 (A') またはあらかじめ回転した決定格子 (E') を有する前記受信信号 (A') を解析するための、およびその後の決定について少なくとも 1 つの制御パラメタ (ρ) を決める記号 (D' , D) を決定するための前記決定器 (15'; 15c*) を有する、請求項 14 または 15 に記載の回路配置 (1)。

【請求項 17】

出力すべき記号 (S) を作り出すための別の決定器 (15) が配置されているデータレーンの外部に前記決定器 (15'; 15c*) が配置され、両方のデータレーンが請求項 1 に記載の方法により修正された受信信号 (A) を導かれて得る、請求項 16 に記載の回路配置。

20

【請求項 18】

制御装置 (8) が搬送波周波数および位相の偏移を制御するために、導関数を作るための微分器および積分器を有し、前記積分器 (38) が制御パラメタ (ρ) またはその導関数 ($d\rho/dt$, 36) またはそれから作られる信号 ($d\rho/dt$) を入力するための入力端子を有する、請求項 14 乃至 17 のいずれか 1 項に記載の回路配置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特許請求項 1 の上位概念特徴に従う多次元複素信号空間内で混合され、変調された信号を受信する際に、回路配置を同期化するための方法、もしくはそのような方法を実施するための回路配置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

直交振幅変調法 (QAM) または PSK 法 (PSK: フェーズ・シフト・キーイング) に従い二次元変調されたデジタル信号を受信するための通常の受信機内で、局部発振器により駆動される複素乗算器または混合器が、受信された搬送波上へ変調された信号を周波数および位相に合わせて回路配置のベースバンド中へ混合する。位相結合したループ (PLL: フェーズ・ロックド・ループ / 位相同期ループ) が混合のために局部発振器の適正な周波数および位相を惹き起こす。デジタル処理の際に混合は A/D 変換 (A/D: アナログ/デジタル) の前または後で行うことができる。信号はこのため記号タイミングパルスまたはその何倍かにより読み取られ、デジタル化され、またはデジタル化タイミングパルスは必要な記号タイミングパルスに反して自由走行をまかされる。この場合信号は純粋なデジタル読み取り率変換を通じて記号タイミングパルスまたはその何倍かで置き換える。増幅制御が、それぞれの変調領域が利用し尽くされ、受信された信号が適正に記号決定器段階へ写像されることを惹き起こす。適応する補正器 (イコライザ) が、送信機、伝送区間または受信機のひずみから起こる記号間干渉を軽減する。

40

【0003】

多くの QAM 信号および PSK 信号についての復調器の場合、局部発振器の周波数制御および位相制御について、増幅制御について、記号タイミングパルスの帰還獲得についておよび/または適応する補正器について制御回路は、受信された信号のみならず、決定器

50

段階から最も真実らしく見えるあらかじめ与えられた記号アルファベットの同じ要素を必要とする。この受信記号流と決定記号流との間の差異を通じて制御する方法は、決定帰還接続制御と名づけられる。この方法を利用するのは本質的に正しい決定を前提とする。

【 0 0 0 4 】

この場合通常、複素 I / Q 平面内で受信信号が最短の距離に従い設定記号に割り当てられる決定が利用される。設定記号が一様な格子もしくはラスタ上に配置されていれば、決定についての格子型もしくは柵目型が生じる。

【 0 0 0 5 】

従来技術に従う復調では決定帰還接続制御は互いに関連しているから、受信信号をベースバンド内へ混合する局部発振器の搬送波についての制御が周波数および位相に関していまだ安定せず、そのため誤差決定が現れる限り、噛み合いは難しい。しばしば噛み合いがうまく行くのはただ、周波数および位相が比較的それらの設定値に密にある場合のみである。

【 0 0 0 6 】

搬送波位相が、特に上位値変調法の場合、わずかに数度設定位相から離れている場合でも、記号は特に中央と外側の半径領域でしばしば誤って決定される。256 - QAM ではすでに、誤った決定を捉えるのに約 3 度の逸脱で十分である。

【 0 0 0 7 】

受信された信号の位相と決定された記号の位相との差異は搬送波制御についての制御電圧として使用される。

【 0 0 0 8 】

図 11 は時間平均された制御電圧を、局部発振器の位相状態に対する受信信号の位相状態の偏移に対して示す。容易に認められるのは、中央範囲でのみ増加する直線で表される適正な個別決定が捉えられることである。中央範囲の外では誤りを含む個別決定の結果となるが、この決定はしかし時間平均では少なくとも正しい符号に導く。

【 0 0 0 9 】

図 12 はこの制御電圧を他の尺度で、理想的な制御電圧に対応すべき直線と共に示す。この理想的な制御電圧は全範囲で位相偏移に比例している。

【 0 0 1 0 】

特許文献 1 により、減退した星座配列の枠内で追加のヒステリシスを有する I / Q 平面の内部の 4 つの記号のみが使用される搬送波制御および位相制御が知られている。一様な記号分布を有する上位値変調法の場合、これらの記号の頻度はしかし非常に少ない成分であり、たとえば等しく分布する 256 - QAM の場合約 1.6 % にすぎない。

【 0 0 1 1 】

特許文献 2 により、減退した記号アルファベットを有する制御が I / Q 平面内で動作するための追実行運用様式が知られており、ここでは大きい半径のみが観察される。

【 0 0 1 2 】

特許文献 3 により、複素 I / Q 平面がより小さい正方形へ分割され、それによってより明確な平均制御電圧が得られる方法が知られている。この方法はしかし、大きい表を配置することが必要で、根本的問題を避けるためにはこれは不必要である。

【 0 0 1 3 】

特許文献 4 による方法では、I / Q 記号アルファベットの隅のみが観察され、それによってここでも多くの記号が失われて行く。

【 0 0 1 4 】

特許文献 5 (特許文献 6 , 特許文献 7) は、2 段階の決定が実行される根本的処置様式を有する方法を提案している。第 1 ステップで設定半径について決定され、その後第 2 ステップでこの決定された設定半径上で実際の設定位相点が受け入れられる。16 - QAM による位相星座配列については、そのような方法がまだ受容できる程度に機能している。しかし 64 - QAM 平面を観察すると、部分的に非常に狭く隣接している 9 半径が考慮されなければならない。64 - QAM では記号についての半径境界および位相境界がす

10

20

30

40

50

でに密に隣接しているから、特に雑音を加算された場合良い半径決定がほとんど得られない。256-QAMの場合半径は密に隣接しているから、やむを得ない場合半径決定が最外部に限って十分良い程度に保つことができる。

【0015】

どの時刻においても位相偏移が最大で、位相偏移が常に適正に測定される図11の中央範囲のように大きいのなら、位相偏移を正しく決定する問題は存在しない。周波数オフセットの際にすでにまず過ぎて行く適正な位相状態をも検出し追従するほど速く噛み合う制御が、安定性の理由からほとんど不可能であり、それはことに入力信号をベースバンド内へ複素混合するPLL制御発振器の周波数/位相補正と記号決定器との間で、実際の回路の実行が数記号タイミングパルスの遅延を持つからである。そのほか、ループ中に制御フ

10

ィルタがあり、このことはかなりの信号遅延と共に制約され、高いループ増幅の際に不安定へと導く。

【0016】

【特許文献1】欧州特許出願公開第0571788号明細書

【特許文献2】米国特許第5,471,508号明細書

【特許文献3】独国特許出願公開第199 28 206号明細書

【特許文献4】独国特許第41 00 099号明細書

【特許文献5】欧州特許第0249045号明細書

【特許文献6】米国特許第4,811,363号明細書

【特許文献7】独国特許出願公開第36 19 744号明細書

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

本発明の課題は、変調された信号を受信する際に、記号を作り出すための、特に制御信号を作り出すための改良された方法および回路配置を用意することにある。特に回路配置により、搬送波周波数または搬送波位相の大きなオフセットの際にも、それによりシステムの全体安定性に影響を与えずに、迅速に噛み合う受信回路を可能とすべきである。

【課題を解決するための手段】

【0018】

この課題は、多次元複素信号空間内へ混合され、変調された信号を受信する際に回路配置を同期化させるための方法によって、特許請求項1の特徴により解決される。このような方法を実施するための回路配置が特許請求項15の対象である。

30

【0019】

多次元複素信号空間内へ混合されており、または混合される変調された信号を受信する際に回路配置を同期化させるための方法であって、その際に決定器による決定が制御パラメタを使用しながら複素座標空間内で受信信号を解析することによって捉えられ、少なくとも1つの決定された記号に依存してその後の決定についての制御パラメタが適合する。このとき復調は主として二次元複素位相空間内で、すなわち複素IおよびQ成分を有するベースバンド内で行われる。はめ込み可能なのは、処理のために混合もしくは変換が多次元複素信号空間もしくは位相空間内へ実施されるならば、一次元信号について、たとえば

40

実軸上の点を有するBPSK信号についての方法でもある。

【0020】

特に優遇される長所を持つ解決法は、現在の回転が暫定的な特に見積もられた修正角により、決定の前に局部発振器の調整を顧慮することなしに行うことのできる固有の回転装置が、決定器に割り当てられていることにある。見積もられた修正角はこの場合、決定器に結合している評価装置により作られる。これと類似なのは、信号の代わりに設定記号が回転され、または両方の回転の組み合わせが行われる方法である。暫定的なもしくは見積もられた回転角は以下の記号決定によって検査され、前記位相誤りを積分することによって逐次的に改善し、実際の受信信号の回転が関係座標系に対して認識されるまでになる。周波数オフセットの場合、回転角は増加する位相誤りに追従する。決定の際に検出される

50

位相誤りに依存するこの回転の制御は、受信信号の位相状態へ安全な噛み合いを保証するため非常に高いループ増幅を持つことができる。高い制御増幅はこの回路部分に限られるから、非常に多くの小さいループ増幅を持つことのできる本来の搬送波制御の安定性は影響を受けない。本来の搬送波制御についての入力信号として、見積もられた回転角またはそれから導かれる量は適合している。そのほか、決定された記号は増幅、読み取り時刻および補正器の制御へ導くことができるのが有利である。受信信号が決定の前に回転されたならば、決定された記号はこれらの制御に使用する前に対応する角だけ逆回転されなければならない。それによって、以下に多く制御記号と名づけられるこの記号により、最大限迅速な回路配置の同期化を可能とするため、前記制御についての修正パラメタを決定することが可能である。増幅制御についてはとりわけ受信信号と決定記号との半径の差が適合している。別の処理ステップについての出力データは、この決定器にも生じるか、または入力データまたは設定記号がこの見積もり値のまわりの付加的な回転を経験していない別のデータ決定器から由来する。

10

【 0 0 2 1 】

回転装備および/または評価装備は、対応して主として一つの適合した決定器を有し、これは以下に別の決定器または補助決定器と名づけられる。この別の決定器は主として、オプションとして変調信号がそこへ導かれるよく知られた決定器の機能を持つ。

【 0 0 2 2 】

第1ステップにおいて信頼できる予測がないので、傾きが行われる。たとえば 360° より小さい角だけ、特にモジュロ観察の場合 90° より小さい象限で行われる。

20

【 0 0 2 3 】

好適には、信号成分特に位相信号成分の概念によって決定器の前および後ろに、あらかじめ決定された傾き角と均衡できる偏移角を示す差異を決定することができる。フィルタ装備がブラウシビリティチェックを実施し、その際に需要に応じた多かれ少なかれ広い許容範囲をあらかじめ定めるためさまざまな制御パラメタが使用でき、その範囲内で回路配置の噛み合いを可能にするため十分な信号品質が認識される。

【 0 0 2 4 】

好適には、決定器は極座標空間の領域内ばかりでなく直交座標空間の領域内でも運用できる。

【 0 0 2 5 】

30

好適には、搬送波周波数および位相についての制御装備が、位相偏移を制御するための直接な分枝および周波数偏移を制御するための積分器を有し、それと共に周波数制御については積分器は、暫定的なもしくは見積もられた回転角またはそれから作られた信号の時間導関数を供給される。位相制御については直接な分枝および積分器が、見積もられた回転角またはそれから作られた信号を供給される。

【 0 0 2 6 】

それゆえ、決定器内自身で瞬間的な受信座標系の回転が回路配置の座標系に対して見積もられ記号から記号へと追跡される方法が開発された。主制御のループ増幅はこの場合非常に小さいままでよい。時折受信信号の誤った傾け角を受け入れることによる誤決定は、実際の位相状態は常々速く認識され把握されるから、現実には本来の周波数または位相制御へ影響しない。

40

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本方法もしくは対応する回路配置の利用は、特に P S K (フェーズ・シフト・キーイング) および Q A M のような二進法または複素デジタル変調法に適している。この種の変調法は新しい無線・テレビ・データサービスによりケーブル、衛星および部分的に地上を通じて利用される。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 8 】

図1に見られるように復調器1が、たとえばQAM標準に従う変調法の直交信号対へ結

50

合されているデジタル化された信号 s_d から記号 S を決定するための模範的な回路配置として、多数の個別成分から成る。これらは一体化された回路の全構成部品であり、または個別の構成部品でもある。特に以下に記述される部品は利用目的に応じて省け、または別の部品で補完可能である。また信号を実数信号、複素信号または個別の複素信号成分として追処理することも、利用目的および特別な回路配置に応じて相応に適合可能である。

【 0 0 2 9 】

ここに示された実施形の場合、復調器 1 は入力端子において信号源 2、たとえばチューナによりアナログ信号 s_a を受信する。このアナログ信号 s_a は、通常は帯域制限された中間周波数状態で存在し、デジタル信号 s_d へ変換するための A/D 変換器 3 (A/D: アナログ/デジタル) へ導かれる。デジタル信号 s_d は A/D 変換器 3 から、デジタル信号を定

10

【 0 0 3 0 】

帯域通過フィルタ 5 から出力された信号は、デジタルのもしくはデジタル化された信号 s_d をベースバンド中へ変換する直交位相変換器 6 へ導かれる。ベースバンドは復調器 1 および使用される変調法の要求に対応している。対応して直交位相変換器 6 は直交座標系の両方の直交位相信号成分 I , Q へ分割されデジタル化された信号 s_d を出力する。周波数変換するために直交位相変換器 6 は通常 2 つの 90° だけ変位した搬送波を、その周波数および位相が搬送波制御装置 8 によって制御される局部発振器 7 から供給される。

【 0 0 3 1 】

直交位相信号成分 I , Q は直交位相変換器 6 により出力されるもので、低域通過フィルタ 9 および記号読み取り装置 10 から成る読み取り率変化のための回路へ導かれる。記号読み取り装置 10 の制御は、読み取り信号 t_i がタイミングパルス制御装置 21 から導かれる入力端子を通じて行われる。読み取り信号 t_i の記号読み取り時刻は、通常の運用状態では使用される変調法の記号率 $1/T$ またはその整数倍、および受信されるデジタル記号の正確な位相状態に向けられる。読み取り装置 10 の出力信号は低域通過フィルタ 11 を介してナイキスト特性曲線によりフィルタされ、増幅制御装置 12 へ導かれる。増幅制御装置 12 はデータもしくは記号決定器 15 のレベル調整領域を最適にカバーするのに役立つ。増幅制御装置 12 の出力信号は補正器 (イコライザ) 14 へ導かれる。補正器 14 は直交位相信号対 I , Q の両成分を妨害のひずみから解放し、修正された信号 I , Q すなわち A はその出力端子で出力される。

20

30

【 0 0 3 2 】

補正器 14 の後ろに用意されている複素受信信号 A はそれゆえ通常のように、デジタルデータ S を抽出するデータ決定器 15 へ導かれる。これらの記号 S はそれから別の信号処理装置 16 へ導かれる。この決定器 15 はしかし、搬送波周波数/位相 (キャリア/フェーズ・リカバリ) の決定帰還接続制御 (デシジョン・フィードバック・コントロール)、読み取り時刻 (タイミング・リカバリ、クロック・リカバリ)、増幅制御または補正器 (イコライザ) へは接続されていない。これらの制御分枝は、区別のために、修正された入力信号 A' が導かれて来る制御決定器 15' と名づけられるよりは、むしろ別の決定器を有する特別な補助回路 50 により制御されるものである。

【 0 0 3 3 】

補正器 14 により出力された信号 A はこのため、全体または部分的にハード、ソフトまたは混合形で個々の半導体構成ブロック内で一体化して実施できる制御パラメタ (D , D' , ΔR , ρ) を決定するための構成要素 30 - 32 の配置へ導かれる。これらの制御パラメタはそれから、復調器 1 内の決定帰還接続された制御回路もしくは部品へ直接または間接に導かれる。このようにして決定器 15' の補助記号 D' または制御記号 D もしくは記号成分 R , α またはそれから作り出される他の信号 ΔR , ρ を、特に補正器 14、増幅制御装置 12、搬送波制御装置 8 および制御装置は供給され、特にタイミングパルス制御装置 21 が記号読み取り装置 10 に供給する。

40

【 0 0 3 4 】

これらの制御回路はこの場合、回路配置に応じて記号 D または D' および信号 A または

50

A'の両方の直交位相信号成分を直交座標I, Qまたは極座標R, α で供給される。また可能なのは、回路配置に応じて個々の構成要素に直交位相信号成分またはそれを微分した量の1つのみを、たとえば搬送波制御装置8に暫定的な記号Aの角 α および制御記号Dの角を微分した値 ρ の1つを、また増幅制御装置12に信号A, A'および記号D, D'の半径の差 ΔR を供給することである。

【0035】

図1には回転装置30、制御決定器15'、別の回転装置31および回転制御装置32から制御パラメタを決定するための特別な回路50がある。

【0036】

回転装置30は補正器14から出力された信号Aをある一定の量 ρ だけ回転し、生じた複素信号A'を、補助記号D'を作り出す制御決定器15'へ転送する。回転を行うため、回転装置30へ回転制御信号 ρ が導かれる。回転制御信号 ρ は見積もられた現在の受信された信号 s_a , s_d の座標系と回路配置1の座標系との間の回転角すなわち傾き角 ρ に対応する。回転制御信号 ρ はこのため、回転装置30の出力信号A'および制御決定器15'の出力信号D'が導かれて行く回転制御装置32内で決定される。

【0037】

制御決定器15'の出力信号D'はこのほか反対方向の回転を実施するために逆回転装置31へ導かれる。逆回転装置31へは、回路配置の系で決定された補助記号D'を再び受信された信号の座標系へ回転し返すために、回転制御装置32の回転制御信号 ρ が導かれて行く。逆回転装置31の出力信号Dは制御回路に使用され、たとえばタイミングパルス装置21および補正器14へ導かれる。両方の回転装置30, 31は単位の回転を作りだし、たとえばよく知られた余弦および正弦による複素乗算によって形成される。

【0038】

回転制御信号 ρ は回転制御装置32により適切な方法で信号列A'の角および補助記号D'の角から作り出される。

【0039】

タイミングパルス制御装置21は、使用されている変調法の記号率 $1/T$ またはその何倍かに基づいて、読み取り信号 t_i を出力する。

【0040】

タイミングパルス制御装置21、搬送波制御装置8、補正器14、回転制御装置32および増幅制御装置12についての制御装置43および他の復調器1の部品を制御するため、これらは制御装置Cに接続されている。制御装置Cは規定どおりに運転させ、ハードまたはソフトウェアに支えられた命令文に対応して個々の部品および運転を制御する。特に制御装置は前記部品の個々の機能をも全体的にまたは部分的に一体化して包含することができる。

【0041】

回路配置の目標は特に、図12に示めされているように、モジュロ 90° 観察の際に制御電圧もしくは制御電圧関数を作り出すことである。

【0042】

受信機の位相および周波数がまだ噛み合っていない第1の時刻 t_1 に、入力信号Aの座標系がまだ角 ρ だけ参照座標系に対して傾いており、必要な場合、図2Aに示されているように、周波数オフセットのために回転さえすることが仮定される。受信された座標系が角 ρ だけ回転すると仮定されているから、受信された信号が対応して示された回路配置1のラスト内ですぐには決定されない。

【0043】

補正器14から出力された入力信号Aは、第1近似で位相誤差がないよう、回転装置30でこの傾き角 ρ だけ回路配置系へ回転する。図2Bに示された回路配置系への回転の後、この回転した信号A'は、固定している回路配置系で決定を行う補助決定器15'へ導かれる。このとき、回転した入力信号A'はよく知られた通常の方法様式で設定記号に割り当てられる。逆回転装置31は決定された記号D'を角 ρ だけ反対方向に、回路配置1

10

20

30

40

50

の座標系から推定された受信信号の座標系へ回転させ返す。この反対方向の回転の後、特に搬送波制御装置 8、局部発振器 7 および直交位相変換器 6 から成る本来の搬送波制御装置はまだ噛み合っていないけれども、入力信号 A には決定された制御記号 D が対比されている。設定点および複素誤差電圧がそれゆえ、図 2 C に示されたように利用できるようになっている。

【 0 0 4 4 】

回路配置 5 0 への入力信号 A およびその中に作り出された制御記号 D は、読み取り時刻獲得の、および補正器 1 4 の決定帰還接続された制御について使用できる。入力信号 A および記号 D もしくは A' および D' から決定された入力信号 A の推定回転角 ρ は、決定帰還接続された搬送波制御について搬送波制御装置 8 内で使用でき、同様に回路配置 3 2 内で入力信号 A および記号 D もしくは A' および D' から微分された、補助記号 D, D' の半径を入力信号 A, A' の半径から減算することによって得られる振幅偏移 ΔR が、決定帰還接続された振幅制御について振幅制御装置 4 3 内で使用できる。

【 0 0 4 5 】

受信信号の座標を回路配置系へ回転させるのに、および決定された記号を受信信号の座標系への決定帰還接続された制御についての制御記号として回転させ返すのに代替として、図 3 B に見られるように、決定格子は原初のもの (図 3 A) に対して、その座標系が受信信号 A の見積もられた座標系と一致するように回転させることもできる。

【 0 0 4 6 】

図 4 は、特別な回路 5 0 * が図 1 に示された回転成分、決定成分および制御成分を有するブロック 5 0 に対応するような種類の回路配置 1 の部分図を示す。別の成分に関しては前記図 1 および付随する記述が参照される。示された回路 5 0 * は前記記述された方法を実施するために、たとえば記憶装置 1 5 a * の表から用意される決定境界 E を使用する。回転装置としての計算装置 1 5 b * では決定境界 E' は、見積もられた受信信号 s_a, s_d, A の回転が回路配置の座標系に対して達せられるように回転される。このような様式で回転された決定境界 E' は決定器 1 5 c * へ導かれる。決定はここで前のように受信信号を回転させ続いてこのとき作り出された記号を反対方向に回転させることなしに、直接受信信号 A の見積もられた座標系で行われる。

【 0 0 4 7 】

この場合、次の実施例もそうであるように、すでに記述されている方法ステップおよび構成要素を、同様のまたは同様に作用する方法ステップおよび構成要素について前記記述を参照し、繰り返す述べない。

【 0 0 4 8 】

特に両方の方法、受信信号の回転および決定された記号の逆回転すなわち戻り回転または決定境界の回転は、等価であり交換可能である。実施の技術的な可能性に応じて、これら両方の方法の一つが特に有利に置き換わることが可能である。以下に特に第 1 の実施例はさらに詳細に、第 2 の実施例について等価の置き換えも可能にして記述される。

【 0 0 4 9 】

図 5 に一般的な回路 5 0 の回路ブロックの実施形が示される。このブロックの場合それゆえ暫定的な記号 A が、回転後に回転された記号 A' を出力する回転装置 3 0 へ導かれる。これは決定器 1 5' へも回転制御装置 3 2' へも導かれる。制御決定器 1 5' から出力された決定された補助記号 D' は、逆回転装置 3 1' へも回転制御装置 3 2' へも導かれる。回転制御装置 3 2' は回転装置 3 0 および逆回転装置 3 1' について、これらへ導かれる制御信号 ρ を作り出す。原初の補正器 1 4 の記号 A は、このほか直接に搬送波制御装置 8' および振幅制御装置 4 3' へ導かれる。これらへはこのほか、逆回転装置 3 1' から出力される制御記号 D が導かれて来る。この制御記号 D は目的に合わせて、タイミングパルス制御装置 2 1 および補正器 1 4 へも導かれる。タイミングパルス制御装置 2 1 へはこのほか、補正器 1 4 から出力される記号 A が導かれて来る。

【 0 0 5 0 】

回転制御装置 3 2 が実施例として図 6 に示される。回転制御装置 3 2 へは入力信号とし

10

20

30

40

50

て回転された記号 A' 、および決定器 15' から出力され決定された補助記号 D' が導かれる。これら両方の信号すなわち記号 A' 、 D' は、これらを極座標へ変換するそれぞれ 1 つの座標変換器 20 もしくは 20' へ導かれる。たとえばこの場合、それぞれ 1 つのよく知られたコーディック回路が問題となる。これらからはそれぞれ 1 つの半径成分 R および 1 つの角成分すなわち位相 α が出力される。代替的な座標系変換のための方法が、特に数学的な近似法または表の投入も利用できる。半径成分 $R(A')$ 、 $R(D')$ の減算によって決定されるのは、振幅制御装置 43 についての制御信号として出力される振幅差 ΔR である。位相差すなわち角の差 $\Delta \rho$ はそれに対応して、決定器 15' から出力される記号 D' の位相を入力された信号 A' の位相から減じることによって決定され、位相推定誤差を示す。この位相差 $\Delta \rho$ は加算器、フィルタ装置 33 および遅延リンク (z^{-1}) から成る回路配置へ導かれ、ここでこの配置順の出力信号 ρ は 2 回目の加算器入力端子へ戻る。これによって作られる位相成分 ρ および位相差 $\Delta \rho$ の和は、回路配置の系に対する決定器 15' へ入力された信号の、見出された最も真実な実際の座標回転角 $\rho + \Delta \rho$ を表す。この和 $\rho + \Delta \rho$ はフィルタ 33 内でブラウシビリティを検査される。フィルタ 33 の出力端子は同時に次に行われる決定について回転角 ρ を利用に供する。回転角 ρ は特に回転装置 30、逆回転装置 31 および搬送波制御装置 8 へ導かれる。

【0051】

前記実施例は、直交座標空間 I/Q 内で制御決定もしくは補助決定の決定を下すことによる、優遇される QAM 受信機もしくは復調器についての例を提示している。

【0052】

図 7 は、決定器 15' の決定が極座標系で実施される実施形を示す。回転および逆回転が、あらかじめ極座標へ信号を変換させ、単純に回転制御信号もしくは傾き角を位相成分から、または位相成分へ減じもしくは加えることによって行われる。このほか、決定は同様に極座標系で行われる。

【0053】

長所を持ってこの実施形は、搬送波制御回路の同期化が行われた後、位相差の積分が相殺できる自由選択のスイッチ 39 をも有する。

【0054】

次の回転制御信号 ρ を作り出すために、入力および出力信号 A' もしくは D' の位相が決定器 15' の前もしくは後ろで測られ、減算リンクへ導かれる。これは次に加算リンクへ導かれる位相差 $\Delta \rho$ を決定する。この加算リンクは位相差と現実の回転制御信号 ρ とを加える。和は次にフィルタ装置 33 へ導かれる。

【0055】

スイッチ 39 はこの場合前置された加算器、フィルタ装置 33 および遅延リンク (z^{-1}) の帰還分枝に接続される。スイッチ 39 の導通しない状態では、定まった回転角 ρ は回転制御信号として搬送波制御装置 8 へのみ導かれる。

【0056】

フィルタ装置 33 へは別のパラメタ値として m 、 n および許容値 u が導かれる。これらはたとえば記憶装置から、または外部の中央制御装置から導かれる。

【0057】

遅延リンク z^{-1} の後ろでは、フィルタ 33 の出力信号が次の時刻の次の決定についての新しい回転制御信号 ρ として利用可能な状態となっている。この回転制御におけるフィルタ装置は、見出されたその時刻の回転角 $\rho + \Delta \rho$ をブラウシビリティ検査し、次の時刻についての回転制御信号 ρ を適合させる。

【0058】

フィルタ装置 33 は最初に回転制御信号 ρ について任意の値を出力する。次に固定されたオフセット $\Delta \rho$ が、まだ不十分な回転制御信号 ρ の見積もりに帰すことができる。最初から非常に不十分な回転制御信号 ρ の見積もりの場合、決定器 15' に誤った記号の割り当てをすることによって多くの決定が正しくなくなる。しかしながら、多くの決定またはすべての決定が正しい、すなわち回転制御信号 ρ が適正に見積もられ、角の差 $\Delta \rho$ がほ

10

20

30

40

50

ば 0° であるような角オフセットもある。入力信号 A がまだ噛み合っていない搬送波制御ループの場合に受け入れられた周波数オフセットによって制限されて回転すると、系は遅かれ早かれそのような「良い」角オフセット領域を通過するであろう。すべてまたは多くの次々に続く見出された回転角 $\rho + \Delta \rho$ が、同一のまたは類似の値を有するであろう。フィルタ装備 33 は今や、最近見出された回転角 $\rho + \Delta \rho$ の少なくとも n のうち m 、たとえば 8 個のうち 4 個が、現在の回転制御信号 ρ に許容度 u 、たとえば 0.1 度までで対応していることを認識し、現在の見出されている回転角 $\rho + \Delta \rho$ を、それを回転制御信号 ρ についての次の値として使用するのに納得のいくものとして捉える。パラメタ n, m, u は受信条件または同期化の進歩に適合することができるのが有利である。

【0059】

10

フィルタ装備 33 の最も単純な実行は、入力端子と出力端子との間の短絡に対応する一致段階である。次の回転制御信号 ρ は、だから現実に見出された回転角 $\rho + \Delta \rho$ である。

【0060】

本来の位相制御が噛み合っていれば、図 7 に示されたスイッチ 39 により角積分が遮断されることによって、回転制御信号 ρ は見出された角偏移 $\Delta \rho$ へ限定することができる。

【0061】

図 8 は搬送波制御装備 8 の詳細を提示する。搬送波周波数および搬送波位相制御装備 8 は、主として微分器 36、3 つの乗算リンク 82, 83, 84、二極スイッチ 37、積分リンク 38 および加算器 85 から成る。

【0062】

20

両方の第 1 の乗算リンク 82, 83 へは、第 1 の量として傾き角もしくは回転制御信号 ρ が、第 2 の量として P 係数もしくは I 係数が導かれる。このほか回転制御信号 ρ は微分器 36 ($d\rho/dt$) へ導かれ、その出力信号は別の第 3 の乗算リンク 84 へ導かれる。これへは第 2 の信号として周波数制御のための F 係数が導かれる。二極スイッチ 37 は一方では I 乗算器 83 の出力端子または F 乗算器 84 の出力端子を、その出力信号が加算器 85 へ導かれる積分器 38 へ切り換える。他方では二極スイッチ 37 は、 P 乗算器 82 の出力端子と、スイッチの出力信号が同様に加算器 85 へ導かれる占有されていない入力端子との間を切り換える。加算器 85 の出力端子はエラー信号を局部発振器 7 へ供給する。

【0063】

30

同期化プロセスを始めるためスイッチ 37 は、上部のスイッチ素子がゼロ信号を、下部のスイッチ素子が F 係数と混合された信号を供給する位置にある。それゆえモジュロ適正に作られた、可能な周波数オフセット Δf を反映する回転制御信号の導関数 $d\rho/dt$ は、 F 係数で加重されて積分器 38 で蓄積される。発振器 7 が積分器 38 から来る制御電圧によって最後に近似的に設定周波数へ到達したなら、 $d\rho/dt$ は非常に小さくなるであろう。この条件 $d\rho/dt = 0$ により、回路配置 1 の中央制御装備 C によって、スイッチ 37 は他のスイッチ位置へ移動させられ、それにより通常の位相の PI 制御（比例/積分制御）が達成される。事前の周波数制御によって達成せられた積分成分は、積分器 38 内に残り保たれる。主要な長所が、速い位相追従が回路 50 内で行われ回路 50 に限られているから、周波数制御装備 8 内の係数 F, P, I 、およびそれによって搬送波周波数および搬送波位相についての主制御のループ増幅は、非常に小さくてよいということである。

40

【0064】

制御電圧が、図 12 にスケッチされているように、理想的に -45° で標準化値 -1 から直線的に原点を通り 45° で標準化値 $+1$ まで導かれるとするなら、これは実際の位相制御電圧では起こらない。図 9A は 64-QAM による通常の位相制御電圧を時間に対して示す。明瞭に、位相オフセットが繰り返しゼロを通過し、その電圧が十分大きくなることができれば調整が噛み合うことができるようになる範囲が認識できる。この開いた調整ループの例では、図 9B は信号の導関数によって得られる周波数調整電圧を、図 9A と比較して圧縮された時間軸で示す。この例では周波数オフセットは記号率が約 2000 ppm の値である。

50

【 0 0 6 5 】

前記提案された方法様式に従う 6 4 - Q A M により測定された回転制御信号 ρ を有する位相制御電圧の対応する曲線が、図 1 0 A の対象である。強調すべきは、区分ごとにほとんど直線の図 1 2 に類似の経過ばかりでなく、個々に現れるアウトライナの後でフィルタ 3 3 もしくは回路配置 1 が、正しい位相を非常に速く再び捕捉する状態にあることである。周波数オフセットはこの例では再び、記号率が約 2 0 0 0 p p m の値であり、信号 / 雑音距離は図 9 に等しい。開いた制御ループを有するこの例については、圧縮された時間軸ではあるけれども、図 1 0 B は信号について測定された周波数オフセット $d\rho/dt$ を示す。閉じた調整ループの場合については、図 1 0 C は対応する周波数オフセット $d\rho/dt$ を示す。尺度は図 1 0 B および 1 0 C では図 9 B のそれに合わせてある。

10

【 0 0 6 6 】

本方法もしくは回路配置 1 は主として Q A M 受信機を同期化するのに役立つ。回路配置 1 内には特別な回路 5 0 が存在し、その中で、受信された信号 A' と決定された記号 D' との間に見出された角の差が積分され、ブラウシビリティを検査される。この回転制御装置 3 2 内で積分され検査された角の差 $\Delta\rho$ は、回転制御信号 ρ として役立つ。これにより続いて受信される信号 A が直接に決定器 1 5 ' の前で回転し、それによって修正される。代替的に決定器の座標系が反対方向の角だけ回転することもできる。局部発振器 7 についての本来の制御信号は、制御回路 8 内でこの回転制御信号 ρ から作られる。搬送波制御の噛み合いは非常に小さいループ増幅でも保証されている。決定された記号 D' もしくは必要な場合に逆回転した記号 D またはその入力信号 A , A' との差は、さらに制御回路内で読み取り率 2 1、増幅 4 3 についておよび補正器 1 4 に使用できる。これに続く処理段階が、このようにして決定された記号 D が、または記述された特別な回路 5 0 の回転に参加しない別の決定段階 1 5 による記号 S かのいずれかを得る。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 7 】

本発明の実施例およびそのためのさまざまな実施形態が、以下に図面に基づきより詳しく説明される。示すところは：

【 図 1 】 本発明による記号を決定するためのデコーダについての根本的な回路配置の図である。

【 図 2 】 本発明による傾きすなわち回転する受信座標系で受信された信号の状態、および回路配置の座標系へ受信信号の回転と決定された補助記号の対置される回転とによって適合させるための基本原理の模式的な図である。

30

【 図 3 】 本発明による回転する受信座標系で受信された信号の状態、および回路の決定格子の回転による適合の模式的な図である。

【 図 4 】 本発明による記号および決定境界が回転させられる決定器の実施形を示すための回路部分図である。

【 図 5 】 本発明による信号および記号が回転させられる決定器の一般的実施形の図である。

【 図 6 】 本発明による特に回転制御信号および振幅エラー信号の発生に影響を与える、方法進行を制御する回転制御装置の詳細図である。

40

【 図 7 】 本発明による回転および反回転が、並びに記号の決定も極座標空間内で行われる、決定器を利用するための別の実施形の図である。

【 図 8 】 本発明による搬送波周波数および位相制御装置の実施形の図である。

【 図 9 】 (A) は技術の現状による方法の 6 4 - Q A M で測定された位相誤差についての例の図、(B) はこの信号の導関数すなわち周波数オフセットの決定の図である。

【 図 1 0 】 (A) は本発明による記述された方法の 6 4 - Q A M で測定された位相誤差について前図との比較のための例の図、および (B) 及び (C) はそれぞれ開いた制御ループ、および閉じた制御ループについてのこの信号の導関数すなわち周波数オフセットの決定の図。

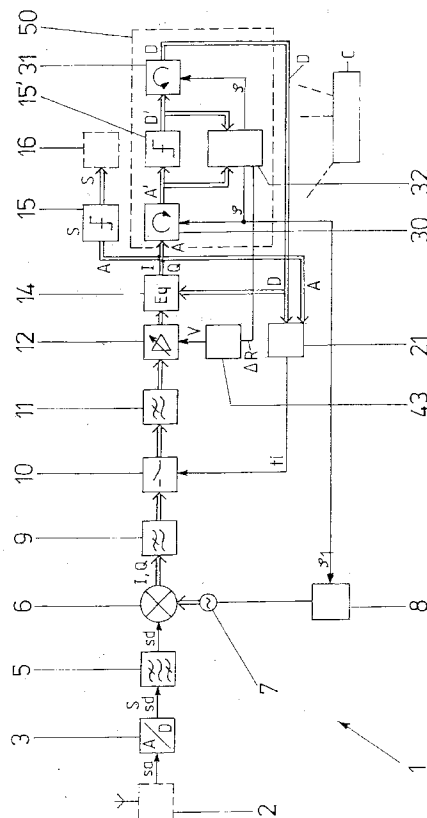
【 図 1 1 】 技術の現状による 2 5 6 - Q A M による変調で - 4 5 ° から + 4 5 ° までの角

50

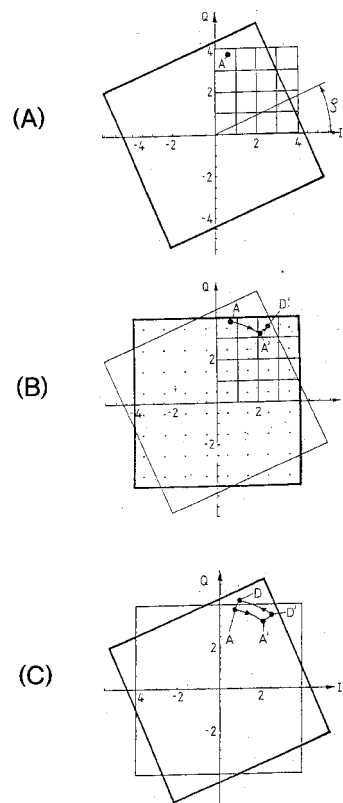
偏移に対する平均の制御電圧の図。

【図 1 2】技術の現状による図 1 3 に同じで他の尺度を有するダイヤグラム、および本発明による理想的、理論的な制御電圧関数の図。

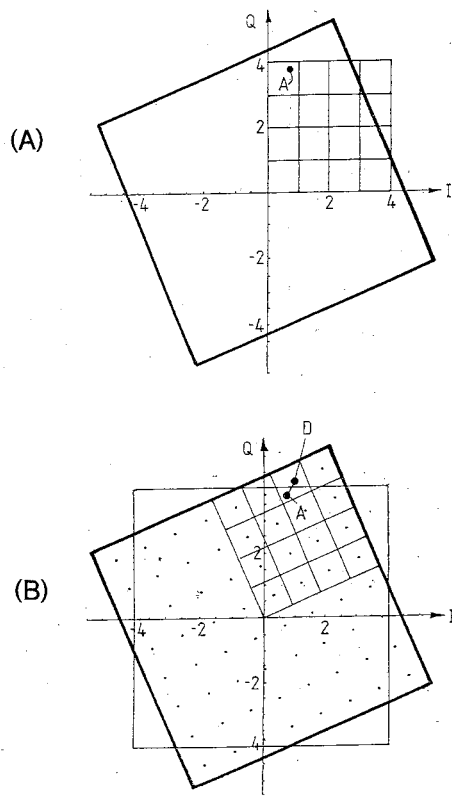
【図 1】



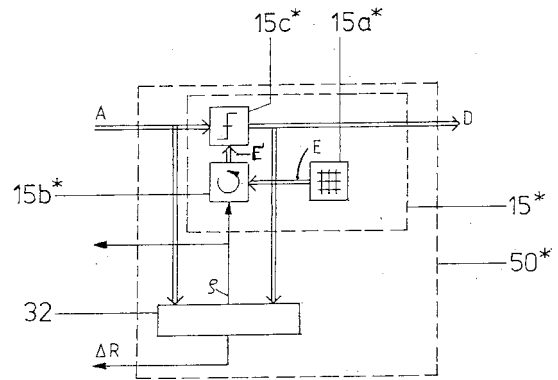
【図 2】



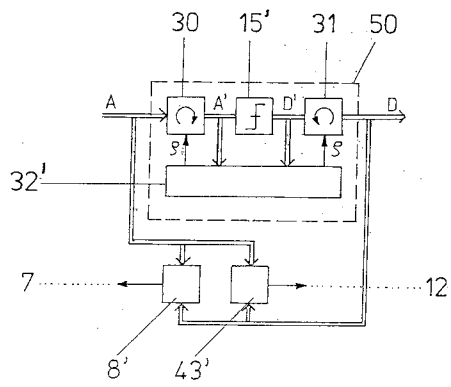
【図 3】



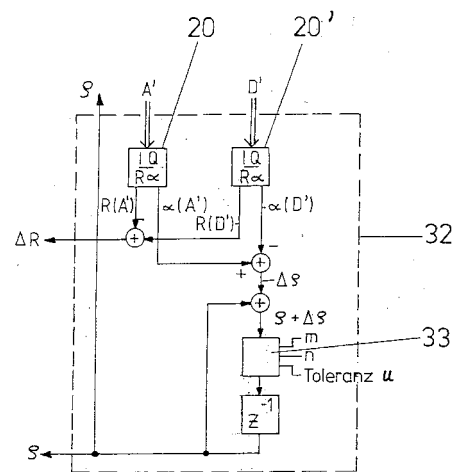
【図 4】



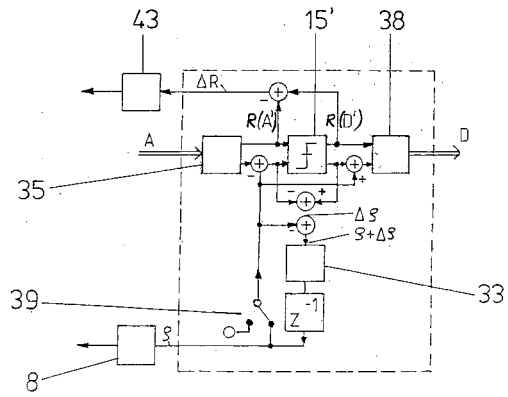
【図 5】



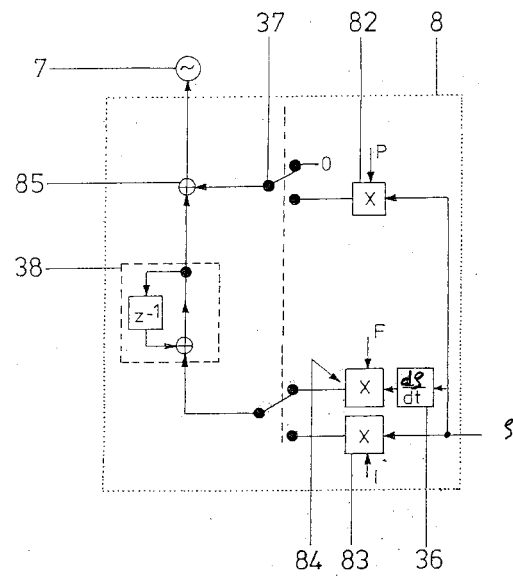
【図 6】



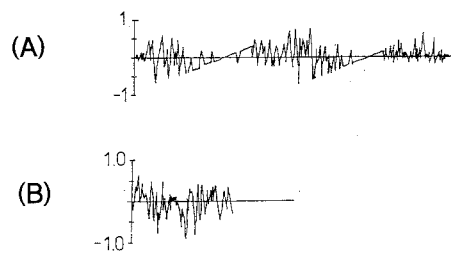
【図 7】



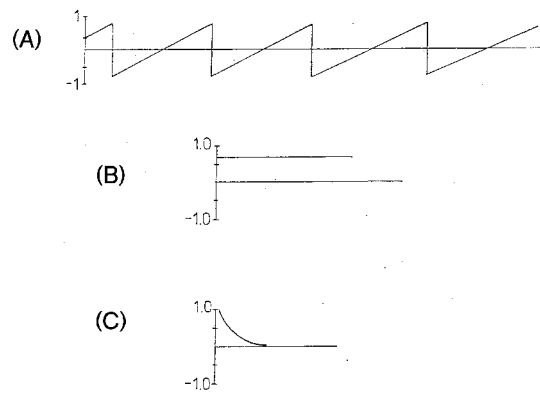
【図 8】



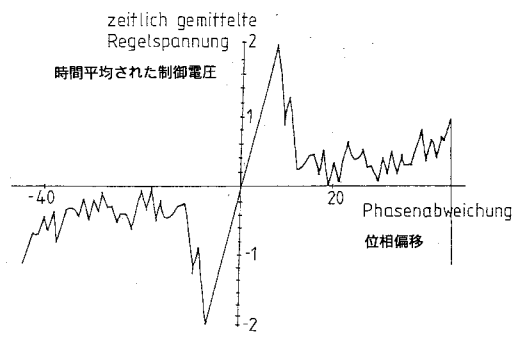
【図 9】



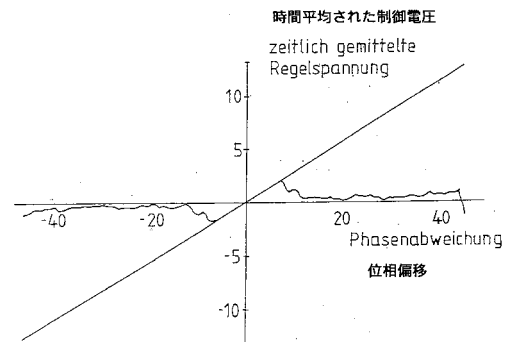
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



フロントページの続き

審査官 彦田 克文

(56)参考文献 特開平 10 - 041992 (JP, A)
特開昭 61 - 198850 (JP, A)
特開昭 64 - 057854 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04L 27/38
H04L 27/22