

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周波数測定のために受信信号値 (P 1 , P 2) を複素信号空間 (I , Q ; R ,) における目標位置 (S 1 1 ないしは S 3 7) 上のシンボル (S 1 , S 2) と比較する (S 6) 、変調方法 (Q A M) の複素数による位相空間 (I , Q) における受信された信号値 (P 1 , P 2) の復調のために受信信号の周波数を測定するための方法において、

- 少なくとも 2 つの受信信号値 (P 1 , P 2) からこれらの間の角度 ((P 1 , P 2)) を測定し (S 5) 、
- この測定された角度 ((P 1 , P 2)) を変調方法 (Q A M) において、これらに対応する取り得べき目標角 ((S x y , S x y)) と比較し (S 7) 、さらに
- 最適な目標角 () (S 1 , S 2) に対して成立する角偏差 ((S 1 , S 2)
- (P 1 , P 2) を周波数オフセット (f) についての尺度として使用する (S 8)

10

ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

測定される角度 ((P 1 , P 2)) を前もって設定された間隔で連続して受信された信号値 (P 1 , P 2) について測定し、かつこれらに対応する取り得べき目標角 ((S x y , S x y)) と比較する、請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

受信された信号値 (P 1 , P 2) についての測定される角度 ((P 1 , P 2)) を直交変調方法 (Q A M) にとって可能な種々の半径 (R a , R h) の範囲内で測定し、かつこれらに対応する取り得べき目標角 ((S 1 , S 2)) と比較する、請求項 1 または 2 記載の方法。

20

【請求項 4】

受信された信号値についての測定される角度 ((P 1 , P 2)) を符号アルファベット中で最も一義的に決定可能な半径 (R a , R b , R h , R i) 上で測定する、請求項 1 から 3 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

受信された信号値 (P 1 , P 2) についての測定される角度 ((P 1 , P 2)) を選択されたシンボル (S 1 , S 2) の位置の範囲内で測定する、請求項 1 から 4 までのいずれか 1 項に記載の方法。

30

【請求項 6】

多数の角度 ((P 1 , P 2)) を周波数測定の共通の、および / または反復の改善のために測定し、比較しかつ周波数オフセット (f) の測定と共通するように使用する、請求項 1 から 5 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

角偏差 ((S 1 , S 2) - (P 1 , P 2)) を一回の周波数補正および復調のために、および / または未来の周波数制御のための入力信号として出力して使用する、請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

角度 ((P 1 , P 2)) から誘導される情報を関与するシンボルの識別に使用する、請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の方法。

40

【請求項 9】

受信されたシンボル (S 1 *) の位置を複素平面 (I , Q) の唯一つの象限内での角度の測定のために示す、請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

唯一つの象限内での角度の測定後に引き続き、更なる信号処理の前に特定のシンボルの正負符号を再び適切に付すかあるいは該シンボルを再び正しい象限へと回転させる、請求項 9 記載の方法。

【請求項 11】

50

可能な目標半径を中心とする許容範囲 (R) 内の受信された信号値 (P 1 , P 2) のみを考慮の対象とする、請求項 1 から 1 0 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 2】

可能な目標半径を中心とする許容範囲 (R) 内の受信された信号値 (P 1 , P 2) を半径群に割り当て、この半径群によって目標角の選択を定義する、請求項 1 から 1 1 までのいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 1 3】

変調方法 (Q A M) の複素数による位相空間 (I , Q ; R ,) における受信された信号 (P 1 , P 2) の復調のための回路装置の周波数を測定するための回路装置であって、

10

- 複素平面における 2 つの受信信号値 (P 1 , P 2) 間の角度 ((P 1 , P 2)) を測定するための周波数測定器 (5 0)、

- 直交変調方法 (Q A M) のための目標位置に相応したシンボル (S 1 , S 2) の種々の組合せについての目標角 ((S x , S y)) を記憶し、かつ、割り当てられた半径 (R a , . . . , R h) を任意に記憶するための目標角 - 供給装置 (M , 5 3) ならびに

- 該メモリからの少なくとも 1 つの近似する対応の目標角 ((S 1 , S 2)) に対して特定の角度 ((P 1 , P 2)) を割り当て、かつこれらの間の角偏差 ((S 1 , S 2) - (P 1 , P 2)) を周波数オフセット (f) についての尺度として測定するための制御器 (C)

を備えた、

20

殊に請求項 1 から 1 2 までのいずれか 1 項に記載の方法を実施するための、回路装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、請求項 1 の上位概念の特徴を有する、受信したシンボルないしは直交変調方法の複素数による位相空間における信号成分の復調のために周波数を測定するための方法ないしはこのような方法を実施するための回路装置に関する。

【背景技術】

【0002】

30

周波数すなわち搬送周波数の正確な測定は、直交信号対に結合したデジタル信号を受信するための受信機ないしは受信回路装置の同期にとって重要なファクターである。

【0003】

シンボルは、コード化された形で一桁もしくは複数桁のデジタル量を表わす。コード化は、測定された時点に直交信号対のデカルト座標の振幅 - および位相空間における不連続な位置を占めるベクトルに相応する直交信号対を介した伝送のために行なわれる。通常のこのような伝送方法は、Q A M (直交振幅変調 (Q u a d r a t u r e A m p l i t u d e M o d u l a t i o n)) および P S K (位相シフトキーイング (P h a s e S h i f t K e y i n g)) である。

【0004】

40

デジタル信号を受信するための通常の受信機の場合には、局部発振器により制御される複雑な掛算器もしくはミキサが、搬送波に変調され受信した Q A M 信号を周波数および位相について正確に回路装置のベースバンドに混合する。この回路装置はそのために通常、制御のための位相同期ループを有する。デジタル処理の場合にはこれは A / D 変換 (A / D : アナログ / デジタル) の前もしくは後に行なうことができる。その信号はシンボル周期もしくはその倍数でサンプリングされかつデジタル化されるか、あるいはそのデジタル化周期は、必要なシンボル周期に対して自走形 (f r e i l a u f e n d) である。この場合には信号は、純粹にデジタルのサンプリングレート変換 (A b t a s t r a t e n w a n d l u n g) を介してシンボル周期もしくはその倍数で変換される。増幅制御によって、そのつどのダイナミックレンジが利用されることおよび受信信号が正

50

しくシンボル判定器段に反映されることがもたらされる。適応等化器は、送信機、伝送経路もしくは受信機の直線ひずみにその原因がある符号間干渉を減少させる。

【0005】

QAM - もしくはPSK信号のための高品位の復調器の場合には制御回路は、局部発振器の周波数および位相の制御のため、増幅制御のため、シンボル周期の復元のためならびに適応等化器のために、受信されたシンボルならびに、判定器段階により最も確からしいとみなされるあらかじめ設定された符号アルファベットの要素を必要とする。この判定された信号に関しての制御のこの方式は、“判定帰還方式の”制御 (“entscheidungsdruckgekoppelte” Regelung) と呼ばれる。

【0006】

従来技術のデジタル復調器の場合にはこれらの判定帰還方式の制御が相互に関連しているため、受信信号をベースバンドに混合する局部発振器のための制御が周波数および位相について依然として不安定である限りは、そのロックインは困難である。それぞれの周波数および位相がそれらの目標値の比較的すぐ近くである場合にのみ、しばしばそのロックインが行なわれることができる。

【0007】

QAM - もしくはPSK信号のための復調器は通常、受信およびサンプリングされた複素信号値がシンボルが割り当てられている信号空間における座標と比較される位相制御を利用する。この場合には複素信号空間のI - およびQ方向におけるほぼ等距離の判定閾値がそれぞれ利用される。受信された位相点に、I/Qの複素平面上に広げられているI/Qの判定平方 (I/Q - Entscheidungsquadrat) の中心点を表わすシンボルの目標点が割り当てられる。

【0008】

平方の判定領域 (Entscheidungsfelder) の代わりに半径と扇形をもつ判定領域を用いる方法が独国特許出願公開第3619744号明細書から公知である。欧州特許出願公開第0281652号明細書の場合には、互いに接近している半径群が先ず測定され、次にそれに続いて問題となっている半径の一つで最も適切に合致する位相角が逐次ステップで測定される。高品位の変調方法における誤った回転を回避するために、シンボルの選択が限定された判定器 (低減配置 (reduced constellation)) が米国特許第5471508号明細書では用いられる。

【0009】

この公知方法の場合には位相捕捉範囲が、殊に高品位の変調の場合では、著しく小さい。しかしながら回路装置の搬送波位相制御が作動状態にない場合、判定されたシンボルはしばしば正しくなく、このことによって測定されたシンボルの場合に誤った回転方向が算出される。全補正信号の集合体信号が移相を介して表わされる場合には、高品位の変調方法の場合には所望されないリセットが生じ、これにより誤ったロックインがもたらされる。

【0010】

その捕捉範囲を拡大するための、および集合体補正信号の誤ったりリセットを回避するための種々の方法が公知である。しかしながらその際、例えば米国特許第5471508号明細書、欧州特許出願公開第0571788号明細書、独国特許出願公開第3619744号明細書、独国特許出願公開第4100099号明細書、独国特許出願公開第4410607号明細書、独国特許出願公開第19928206号明細書ではシンボルの信号空間における固定された目標座標を常に基準している。位相捕捉範囲は、例えば欧州特許出願公開第0571788号明細書による特別な論理的な措置なしで拡張されることができない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、位相制御範囲を拡張するための全ての措置によって、最初にしばしば必

10

20

30

40

50

要とされる入力信号と局所発振器間の周波数差の整定の際にわずかな改善しかもたらされず、また必要な周波数制御の問題は根本的に解決されない。

【0012】

このような周波数差は、位相のオフセットが常に変化する回路装置の座標系に対する入力信号の座標系の回転を意味する。

【0013】

周波数差が整定されるべき場合には、入力信号と局所発振器の間に周波数差が生じない正しいゼロクロッシング後の位相が、判定器によって専らもしくは主として正確な判定が行なわれるその小さな範囲内で捕捉および記録されるように、搬送制御のループ利得が高く設定されなければならない。即ち、局所発振器が正しい周波数および位相にされなければならない。しかしながら、制御ループにおける必要な安定は、可能なループ利得を制限する。

10

【0014】

本発明の課題は、作動方式が改善された、受信したシンボルないしは変調方法の複素数による位相空間における信号成分の復調のために受信信号の周波数を測定するための方法ないしはこのような方法を実施するための回路装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記課題は、請求項1の特徴を有する、受信したシンボルないしは変調方法の複素数による位相空間における信号成分の復調のために受信信号の周波数を測定するための方法ないしは請求項13の特徴を有する、このような方法を実施するための回路装置によって解決される。

20

【0016】

受信した直交変調信号の周波数を測定するための方法の場合には、周波数制御のために受信信号を複素信号空間におけるシンボルの目標位置と比較することが基礎になっている。周波数差の測定をより簡単かつより正確に実施するためには、少なくとも2つの受信された信号値からこれら信号値間の角度を受信角として測定し、この角度をその使用した直交変調方法に対して可能な、目標角としての、相応する目標位置間の角度と比較し、かつ次に来る目標角に割り当てることが有利である。受信角と次に来る目標角との間の角偏差は、回路装置の入力信号と局所発振器間の周波数差に対する尺度である。

30

【0017】

したがってこの方法は、固定の目標シンボルとの受信した信号値の偏差の代わりにも目下の差角が観察されることに基づいている。したがって受信された信号空間の瞬間の角位置は重要でない。角位置は目標座標系に対して任意に傾斜していてもよいし、また一定限度内で回転してもよい。いずれの場合にも、これによって可能な著しい大きな周波数範囲内で正しい周波数補正信号が得られる。捕捉範囲および捕捉の確かさは、この場合には連鎖措置によってさらに高めることができる。

【0018】

当然のことながら、このような方法は、連続的に各周期ごとまたは経過した周期の設定された数ごとに新たな変数が採用されることによって、継続的に実施可能である。

40

【0019】

有利な形態は、従属の請求項の対象である。

【発明の効果】

【0020】

好ましくは、逐次的に受信される信号値に対する受信角が測定され、かつ相応の可能な目標角と比較される。したがって、直接連続するかもしくは設定された間隔において連続する信号値におけるこの方法の逐次的な実施によって、差の形成に関与させられたシンボルのうちのより古いものが先行の角度測定により識別され、かつこれにより目標角の差の組合せの限定が得られることによって、より頑強で加速された探索方法が可能になる。

【0021】

50

この連鎖は複数のシンボルにまたがって行なわれることもでき、かつビタビアルゴリズムの方法に従ってもっとも確からしい新たなシンボルを決定することができる。

【0022】

関与した信号値の検出された半径およびその目標半径に対する割り当てに基づいて問題となっている目標角を限定することも有利であり、それというのも、これらの形成に、該当の目標半径にあるシンボルのみが関与していることができるからである。その際、受信信号の半径方向成分が周波数オフセットにも位相のオフセットにも依存していないことが利用される。これに応じて、信号についての角度を直交変調方法にとって可能である種々の半径の範囲内で測定することおよび相応に可能な目標角と比較することは有利である。

【0023】

複信号値についての角度を符号アルファベット中で最も一義的に測定可能な半径で測定することも有利である。このことによって、密集して隣接し合う半径、例えば64QAM法では半径2、4、でのシンボルへの誤った割り当てが排除される。例えば、64QAMでの第1および第6の半径での測定は有利であり、それというのも、これら2つの半径には密集して隣接し合う半径がないからであり、かつ、その対応するシンボル間が特に適当な角度となっているからである。

【0024】

選択されたシンボルの位置の範囲内で目標角が割り当てられている信号の受信角のみを許可することも有利である。このことによって可能な限り、隣接するシンボルおよび半径等ならびにまた角度比が考慮されて特に確実に分析可能である信号のみが角度測定に使用されることが保証されることができ、これに応じて、選択されたシンボルの位置の範囲内における受信された信号値についての特定の角度が測定される方法が有利である。

【0025】

多くの角度が周波数測定の同時および/または逐次の改善のために測定され、比較され、かつ同時の考慮下に周波数オフセットの測定に使用される方法も有利である。誤った判定およびこれに伴う誤った制御量を回避するために、この場合には好ましくは、それぞれ割り当てられた目標角とそれぞれ次に確からしい考慮すべき目標角との間の差の半分より明らかに小さい角偏差がさらに使用されるべきである。

【0026】

受信角と目標角との間の角偏差を多数測定すれば、平均値算出もしくは反復法によって周波数測定の改善を可能にする。

【0027】

殊に、受信角と目標角との間の逐次的に測定された偏差が通常の周波数制御のためのかあるいは局所発振器の通常の位相制御の積分ブランチ(Integralzweig)のための入力信号として使用されることが可能である。

【0028】

受信角と目標角との間の偏差あるいは多くの角偏差から形成された、改善された値は、局所発振器の一回の周波数補正にも使用することができ、その結果、後続の測定ステップで既に、その周波数内で正しい信号から出発することができ、かつ、例えば異常値のさらなる最適化もしくは補償に再調整のみが必要である。

【0029】

殊に多段変調の場合には複数のシンボルが座標系における同じ位置角を有しうる。そのうえシンボルの種々のさらなる組合せの可能性によって同じ目標偏差角が形成されうる。その反対に、実施された目標角の測定が関係するシンボルの識別に用いられるべき場合には、この多義性は好ましくは連鎖によって、または目標半径への受信信号値の上記の割り当てによって、あるいはこれら2方法の組合せによって取り除かれる。このようにして識別されたシンボルは、後続の段階で利用することができる。これにより復調器は、その周波数制御および位相制御がまだ作動状態にないにもかかわらず既に作動している。

【0030】

全ての受信信号値の角度がこれら信号値間の角度の決定のために複素平面の唯一つの象

10

20

30

40

50

限に示されうることは好ましい。このことによって観察すべき目標角の数が少なくなる。

【0031】

受信信号の観察範囲を、可能性のある目標シンボル位置またはとりわけ目標半径を中心とする許容範囲にて顧慮することも有利であり、その結果、受信信号の中の異常値が次の分析で除外され、測定が異常値によって損なわれない。可能性のある目標半径を中心とする許容範囲内の受信信号値が半径群に割り当てられ、この半径群を用いて目標角の選択が限定される方法は有利である。

【0032】

偏差角測定から得られた関係するシンボルの識別についての情報がこのシンボルの更なる処理に使用されるべき場合には、この角測定後に唯一つの象限内で引き続きその更なる処理前に適当な補正が、複素数によるシンボルが正しい象限へと回し戻されることによって行なわれることは有利である。このことは、その角測定後に唯一つの象限内で引き続きその更なる信号処理前に、ある特定のシンボルの正負符号が再び適切に付されるかあるいは該シンボルが再び正しい象限へと回転される方法によって行なわれることが好ましい。

10

【0033】

最初に存在する周波数偏差が十分に良好に制御されるやいなや、偏差角から導き出された関係する符号の識別のための情報によって、1個もしくは複数のシンボルの絶対角を位相制御に使用することが可能になる。

【0034】

上記方法ないしは相応する回路装置の適用が、殊に2値もしくは複素のデジタル変調方法、例えばPSK（位相シフトキーイング）およびQAM（直交振幅変調）の場合に提供される。この種の変調方法は多くの最近のラジオ放送サービス、テレビ放送サービスおよびデータサービスによってケーブルおよび衛星を介してまた部分的に地上波で利用される。

20

【0035】

次に実施例を図面につき詳説する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

図1からわかるように、例えばQAM基準に従った、変調方法の直交信号対に結合されているデジタル化された信号 s_d 、Sからのシンボル S_e を測定するための例示された回路装置としての復調器1は、多くの個々の構成要素から成る。これらは全てもしくは個々が、一集積回路の構成要素であってもよい。殊に、後記のコンポーネントは使用目的に応じて省略可能であるか、あるいは他のコンポーネントの代わりに補充可能である。実信号、複素信号もしくは複素数による個々の信号成分としての信号の転送は、使用目的および特別の回路装置に応じて相応に適合可能でもある。

30

【0037】

示されている実施の形態の場合には前記復調器1は信号源2、例えばチューナ、の入力でアナログ信号 s_a を受信する。通常、帯域制限された中間周波数位置に存在するこのアナログ信号 s_a は、AD変換器3（AD：アナログ/デジタル）にデジタル信号 s_d に変換するために送られる。該デジタル信号 s_d は該AD変換器3から帯域フィルタ5に送られ、そこで該デジタル信号は直流成分および好ましくない高調波が除去される。

40

【0038】

該帯域フィルタ5から得られた信号は、直交変換器（*Quadraturumsetzer*）6に送られ、そこでデジタル信号ないしはデジタル化された信号 s_d はベースバンドに変換される。該ベースバンドは、復調器1および使用された変調方法の要求に相応する。これに応じて該直交変換器は、デカルト座標系の2つの直交信号成分I、Qに分割されたデジタル化された信号 s_d を生じる。周波数変換のために該直交変換器6に通常、90°ずれた2つの搬送波が局所発振器7から送られ、その周波数および位相は搬送波制御器8によって制御される。この搬送波制御器は、位相結合した制御の主要部分を形

50

成する。これら直交信号成分 I , Q は低域フィルタ 9 に送られ、この低域フィルタは好ましくない高調波の除去に使用され、信号の帯域幅を後続のサンプリングのために制限する。このようにフィルタリングされた直交信号対 I , Q ないしは 2 つの直交信号成分 I , Q は次に、サンプリング制御器を備えたシンボル・サンプリング装置 (*S y m b o l - A b t a s t e i n r i c h t u n g*) 10 に送られる。このシンボル・サンプリング装置 10 の制御は、サンプル信号 t_i が送り込まれる入力を介して行なわれる。シンボル・サンプリング時間 t_i は、通常の運転状態の場合にはシンボルレート $1/T$ またはその倍数に基づき、かつ通常、受信されたデジタル信号 s_d の正確な位相関係にも基づいている。低域フィルタ 9 およびシンボル・サンプリング装置 10 によって、シンボルレートまたはその整数倍での周期へと A/D 変換器 3 からの標本値間の時間的な補間が行なわれる。

10

【 0 0 3 9 】

サンプリング装置 10 の出力信号は、ナイキスト特性を有する低域フィルタ 11 を用いてフィルタリングされ、調整器 19 を備えた帰還増幅制御器 12 に送られる。該増幅制御器 12 の制御は、シンボル判定器 (*S y m b o l e n t s c h e i d e r*) 15 のダイナミックレンジを最適に利用することに役立てられる。該増幅制御器 12 から出力される信号は、まず先に等化器 (イコライザ) 14 に送られる。等化器 14 は直交信号対 I , Q の 2 つの成分から好ましくないひずみを除去し、信号 S を該等化器の出力に送り込む。続いて、このようにして送り込まれた信号からシンボル判定器 15 を用いてシンボル S_e が形成される。

【 0 0 4 0 】

20

これらシンボル S_e は次に更なるデジタル信号処理装置 16 に、かつ信号 S およびシンボル S_e は判定フィードバック制御ループないしは復調器 1 のコンポーネントに直接もしくは間接的に送り込まれる。このようにしてシンボル S_e は、殊に等化器 14、増幅制御器 12、該増幅制御器の調整器 19、搬送波制御器 8 およびシンボル・サンプリング装置 10 に送られる。この制御ループにこの場合には回路装置に応じてデカルト座標もしくは極座標における信号 S もしくはシンボル S_e の 2 つの直交信号成分 I , Q が送り込まれる。

【 0 0 4 1 】

増幅制御器 12 は、半径差を表わす信号が送り込まれる増幅調整器 19 によって制御され、この半径差は半径比較装置 18 で測定される。この半径比較装置 18 には、半径比較のためにシンボル判定器に送り込まれる前の信号 S および付加的にシンボル判定器 15 で判定されたシンボル S_e が送り込まれる。したがって増幅制御器 12 に増幅定数 V が送られ、この増幅定数は増幅調整器 19 によって半径誤差 R から提供され、その際、この増幅調整器 19 は好ましくは I/P 調節器として形成されている。

30

【 0 0 4 2 】

これに対する選択肢として、記憶された参照パラメータの使用下での入力信号と出力信号の比較によって自己調整される増幅制御器 12 を用意することもできる。このことによって、半径比較装置 18 および増幅調整器 19 を完全に省略することもできるし、釣り合いをとって増幅制御器 12 に収容することもできるという利点をもたらされる。そのうえ、このような配置の場合には、制御ループに 2 つの独立した制御、即ち増幅制御器 12 における増幅制御および等化器 14 におけるもう一つの制御、が入り込むことが回避される。

40

【 0 0 4 3 】

シンボル判定器 15 のそれぞれ前および後で読み取られた信号 S およびシンボル S_e は、さらに時間誤差測定器 20 に送られる。この時間誤差測定器 20 は、一般的にタイミング誤差 t と称する周期誤差を自体公知の方法で測定する。このタイミング誤差 t は、好ましくは I/P 調節器として形成されているサンプリング装置 - 制御器 21 に送られる。得られた制御電圧は次に前記サンプリング装置 10 に送られ、このサンプリング装置は入力信号 s_d をデカルト座標 I , Q への該信号の変換後にサンプリングする。

【 0 0 4 4 】

50

そのうえ、シンボル判定器 15 のそれぞれ前および後で読み取られた信号 S およびシンボル S e は、角度誤差 を測定する角度誤差測定器 22 に送られ、この角度誤差は P および I 成分として局所発振器 7 の制御のために搬送波制御器 8 に送られる。

【0045】

上記の搬送波制御器 8 には角度誤差 のほかに周波数オフセット f ならびに好ましくは切換信号 (Umschalt signal) U が送られる。切換信号 U および周波数オフセット f は、この場合には周波数供給装置 (Frequenz - Bereit st e l l u n g s e i n r i c h t u n g) 50 から提供される。

【0046】

この周波数供給装置 50 は、受信かつ前処理された信号 S が複素数によるデカルト座標空間 I , Q で送り込まれる入力を有する。示された実施例の場合にはこの信号は、座標変換器 51 によって極座標 R , に変換され、その際、その半径成分は更なるシンボル判定器 52 に送られる。このシンボル判定器 52 から出力された半径成分 R e ならびに座標変換器 51 の角度成分 は、メモリ 53 , M に送られる。この判定器 52 の判定された半径成分 R e がさらに比較器 55 に送られる。この比較器 55 には、該メモリからの判定された半径成分 R e ならびに座標変換器 51 の角度成分 と該メモリ M からの角度成分 との差の偏差角成分 がさらに送り込まれる。

10

【0047】

この更なる判定器 52 では半径または半径群に関する決定が行なわれる。これに対する選択肢として全ての半径が許容されてもよいし、一つの半径も許容されてなくともよい。最後の決定された半径量および最後の決定された角度あるいは最後の決定された半径量のいくつかおよび最後の決定された角度のいくつかは、メモリ M , 53 に記憶される。

20

【0048】

更なるメモリまたは前記メモリ 53 内の更なるメモリ区分として形成されているテーブル 54 には全てのありうる偏差角が符号アルファベットに属するシンボルの関係する半径対とともに登録されている。したがってテーブル 54 ないしはメモリ 53 内の更なるメモリ区分は、目標角 - および / または目標半径の供給装置として使用される。これら目標値、実際の半径量 r_e 、実際の偏差角 および、先行の半径値を表わす半径量 r_e 、はテーブル 54 から比較器 55 に送り込まれる。比較器 55 は、全てのありうる偏差角を目標シンボルの関係する半径対とともに、テーブル 54 中の対応する値と比較する。この場合には比較器 55 は、判定された半径 R_e 、 R_e とテーブル 54 からの可能性のある組合せ r_e 、 r_e との比較を考慮しながら、決定ないしは測定された実際の偏差角 に対する最も確からしい目標偏差角 を求める。この場合には、1 つ以上のシンボル間隔に関する好ましくは包括的な判定が可能である。過大な不確かさ、即ち限界の超過もしくは不足、の場合の結果の拒否が許容されることは好ましい。周波数誤差ないしは周波数オフセット f は、座標変換器 20 からの測定された実際の偏差角 と一方ではメモリ 53 の前もって記憶された値との、他方ではテーブル 54 からの最も確からしい目標偏差角 との間の偏差角の結果として出力され、その結果、周波数誤差に対して $f = f_{\text{シンボル}} \cdot (\quad - \quad) / 2$ があてはまる。この周波数誤差 f は、搬送波制御器 8 に送られる。

30

40

【0049】

好ましくはこの周波数誤差 f は、該周波数誤差 f の大きさを監視する切換スイッチ 56 にも送られる。通常最初は大きな周波数誤差 f の場合には周波数誤差 f は、搬送波制御器 8 のための制御量として受け入れられる。 f が著しく小さくなると、好ましくは閾値を下回るとただちに、常用かつ自公知の判定方法ないしは角度誤差測定器 22 に由来する角度誤差 が使用される。

【0050】

有利な搬送波制御器 8 は、P I 制御器として形成されている。簡単な実施の形態によれば切換スイッチ 56 の切換信号 U は、P I 素子 (P I : 比例信号成分と積分信号成分 (Proportionaler und Integraler Signalante

50

i 1)) の入力における周波数オフセットないしは周波数誤差 f から角度誤差 θ への簡単な切換となる。

【0051】

図5に例示された搬送波制御器8の実施の形態の場合には、この搬送波制御器に存在する切換スイッチに切換スイッチ56の切換信号Uが送り込まれる。該スイッチ81はこの場合には2つの入力信号を切り換え、かつこの入力信号をP成分の乗算のための掛算器82およびI成分の乗算のための掛算器83に送る。I掛算器83の出力信号は積分器84に送られ、その出力信号は加算器85に送られ、該加算器の第2の入力にはP掛算器82の出力信号が送り込まれる。この加算器85の出力信号は、制御信号として前記局所発振器7に送られる。

10

【0052】

図6に示されている有利な実施の形態によれば、測定された角度誤差 θ に等しいかまたは比例する周波数オフセットないしは周波数誤差 f は、搬送波制御器8のI素子に直接送られ、固有の係数Fで乗算される。角度誤差 θ はI素子にもP素子にも送られ、それぞれI値とP値で乗算される。切換スイッチ56の切換信号Uはスイッチ81に来ており、このスイッチは第1の交換階梯の場合にはP乗算された成分と無負荷位置との間で切り替わり、また第2の交換階梯の場合にはI乗算された角度誤差 θ と前記係数Fで乗算された周波数オフセット f との間で切り替わる。先に記載した搬送波制御器の場合と同様に、切り換えられた出力信号はI成分とともに再び積分器84に送られ、かつさらに加算器85に送られ、この加算器はその第2の入力に、切り換えられたP成分または零信号が送り込まれる。この加算器の出力信号は、再び局所発振器7に送られる。

20

【0053】

回路装置1を制御しかつ該回路装置にベースクロックを供給するために、この回路装置には、運転に必要な更なるコンポーネントのほかに殊にクロック発生器23および制御器Cが備えられている。

【0054】

デジタル信号をデカルト座標空間I, Qに変換するための変換器6および極座標に変換するための変換器51を備えた回路装置が記載されている一方で、既に第1の変換器がデジタル信号sdを極座標R, θ を有する複素信号に変換する回路装置もまた可能である。殊に座標変換器51は、該回路装置における相応する別のコンポーネントがデカルト座標空間I, Qにおける複素信号の相応の処理のために設計されている場合には、必要に応じて完全に省略することも可能である。

30

【0055】

座標変換器51では送り込まれたデカルト座標系における複素信号から、即ちサンプリングされた直交信号対I, Qから極座標R, θ への変換が行なわれる。したがってこの極座標をもって半径成分Rおよび角度成分 θ は、 $I = R \cdot \cos(\theta)$ および $Q = R \cdot \sin(\theta)$ に従いかつ関係式 $R = \sqrt{I^2 + Q^2}$ および $\theta = \arctan(Q/I)$ に従って形成される。

【0056】

これに対する選択肢として他の種類の座標変換器を使用することもできる。デジタル信号処理の場合にはこのためにしばしば、変換のために加算および、二進数において簡単な算術けた送りによって実施されうる二進乗算(Zweier-Multiplikation)のみが用いられるいわゆるCORDIC法が使用される。これに対する選択肢として他の近似法またはテーブルの使用もまた可能である。逆の変換、つまり極性の信号成分Rおよび θ からその直交成分IないしはQへの変換は、同様にCORDIC変換器、テーブルまたは近似法を用いて行なうことができる。

40

【0057】

シンボルSeで受信信号を復調するために周波数ないしは搬送波周波数を測定するための方法の流れの説明の前に、次に図2につき、複素数によるデカルト空間I, Qにおけるシンボルの分布を座標x, yを用いて説明する。極座標空間における相応の座標R, θ

50

もまた示されている。

【0058】

直交信号対 I, Q が展開されたデカルト座標平面は、64QAM信号のシンボル S_{xy} を表わし、その対応する象限の位置が記入されている。指数 x, y はこの場合には、シンボルが理想の間隔で求められることができよう各デカルト座標に対応する。シンボル S_{xy} が64QAM法の規準に従って載っている新たな円 $K_a, K_b, K_c, \dots, K_i$ も示されている。これら円 K_a, K_b, K_c には原点から計算されて半径値 $R_a = 1.41$; $R_b = 3.16$ ないしは $R_c = 4.24$ が割り当てられている。シンボル S_{xy} のその極座標 R , 上での定義には、それぞれの角度成分が必要である。これは、例えばシンボル S_{11} および S_{33} については 45° であり、シンボル S_{13} および S_{31} についてはそれぞれ 71.7° および 18.3° である。極座標の計算は、先に記載した回路装置の場合には座標変換器 51 で行なわれる。各シンボル間の角度比の観察には極座標への変換が特に有利である。

10

【0059】

図2には、例えば2つの目標シンボル S_1 および S_2 がデカルト座標系における目標位置 S_{11} ないしは S_{57} で示されている。原点から、これらの目標位置に至る連続した線が引かれている。これら線間の角度から目標角 (S_{xy}, S_{xy}) が得られる。

【0060】

メモリ 54 に登録されたテーブル (図1) には種々のシンボルの全ての可能な目標位置間の目標角 (S_{xy}, S_{xy}) 、例えば (S_1, S_2) がリストアップされている。好ましくは各シンボルには、いずれの半径 R_a, R_b, \dots, R_i にシンボルが配置されているかという情報も割り当てられている。目標角についての好ましくは全ての可能な角度の組合せを備えた大きなテーブルに対する選択肢として、当然のことながら位置角表示が全てのシンボル位置について表示されることも可能であり、その結果、簡単な差分形成によるあらゆる任意の組合せについて対応の目標角が決定されることが出来る。

20

【0061】

次に記載する方法の場合には、固定されたシンボル S_1, S_2 間に固定の偏差角 (S_1, S_2) が存在することから出発している。目標シンボルを有する座標系に対する受信された信号空間の目下の角位置は重要でないといふことができ、それというのも、受信された信号空間内でもそれぞれの受信された信号値間の角度のこの関係が、目標シンボル間の目標角と同じ比にあるからである。したがって2つの受信された信号値 P_1 ないしは P_2 間の受信角 (P_1, P_2) の観察は、受信された信号空間の目下の空間位置に関係なく最も確からしく2つの対応のシンボル S_1, S_2 間の対応の目標角 (S_1, S_2) に対応する。

30

【0062】

絶対角位置の代わりに2つの受信された信号値 P_1, P_2 間の偏差角 (P_1, P_2) および2つの対応のシンボル S_1, S_2 間の対応の目標角 (S_1, S_2) のみが考慮されることによって、搬送波周波数のための正しい周波数補正信号を得るために著しく大きな捕捉範囲が存在する。図2には、受信された信号値 P_1, P_2 についての対応する線が区別のために破線で示されている。

40

【0063】

目標角 (S_1, S_2) ないしは (S_{11}, S_{57}) がテーブルの登録によれば例えば 9.5° であるのに対して、しかしながら、受信された信号値 P_1 および P_2 間の測定された角度 (P_1, P_2) は 12° である。目下の64QAM変調方法にとって可能な角度比を考慮すると、偏差角 (P_1, P_2) についての許容範囲内に他の可能なシンボルの組合せも示される。例えばシンボル S_{11} およびシンボル S_3 ないしは S_{35} 間の目標角 (S_1, S_3) ないしは (S_{11}, S_{35}) は 14° である。許容範囲内では、この例からわかるとおり、目標角に対する受信された信号値 P_1 および P_2 の角度 (P_1, P_2) の不可避的に一義的な割り当てが依然として可能ではない。

【0064】

50

不十分に一義的な割り当て可能性の場合に更なる基準として受信された信号値 P_1 , P_2 の半径 R が一緒に考慮されることができるとは好ましい。半径 R_a , R_b , . . . R_i を考慮する場合にはテーブルから、信号 P_2 にシンボル S_{57} または S_{75} を割り当てることができることが一義的にわかる。偏差角 (P_1, P_2) と P_2 の半径がともに考慮されることによってシンボル S_{57} のみに対 (S_{11}, S_{37}) の第2の相手として許容されることができ、これにより目標偏差角 (S_{11}, S_{37}) は 9.5 度であり、このことは 12 度 - 9.5 度 = $+2.5$ 度の角度差を意味する。全周に関するこの角度差から、シンボル周波数 f シンボルで乗算されて、受信した搬送波と回路装置1の局所発振器7との間の周波数偏差、つまり $f = 2.5$ 度 / 360 度 * f シンボルが得られる。

【0065】

図2からわかるとおり、第2の受信された信号値 P_2 は正確には目標半径上に存在しない。したがって有利には各目標半径を中心に許容範囲が設けられ、この許容範囲の中では受信信号がこの目標半径上のシンボルに属すると仮定される。このことによって、測定された偏差角の比較のために考慮すべき目標偏差角の数が相応して削減される。この許容範囲は、該許容範囲が特別な利点をもって隣接する目標半径に対して半分の距離までになりかつそこが判定境界を定義するように形成されていてもよい。この許容範囲は、固定の、もしくは例えば受信条件に適合可能な可変の半径差によっても形成されることができ、この半径差はより大きな半径およびより小さな半径に向かってさまざまであってもよい。このように形成された許容範囲は重複していてもよく、このことによって、相応に多くの目標偏差角が判定のために考慮されることがもたらされる。隣接する半径近くの周囲における信号値あるいはその他の場合には評価の際に不確かな信号値は、評価から排除することもできる。さらに、特定の許容偏差角内のみの考慮は、多値変調方法の場合の更なる制限には有利であることができる。

【0066】

周波数オフセット f の測定後に、正しい信号値 P_2^* の正しい位置への第2の受信信号値 P_2 の補正が直接行なわれることができる。比較器55における測定された周波数オフセット f を、次の信号処理段のためにこの周波数オフセット f を最初から修正量として使用するために、さらに使用することも可能である。

【0067】

受信信号の角度と対応するシンボルの目標角との間の角度偏差の考慮が複素平面の象限に無関係であるので、好ましくは全ての受信信号が複素平面の唯一つの象限内へと、受信信号 P_1^* の例で概略的に示されているように回転させることができ、かつ 0° から 90° への範囲への位置角ないしは相応して -90° から $+90^\circ$ への範囲への偏差角が示されることができる。

【0068】

したがって、好ましくは、受信された複素信号についてアルファベットのシンボルへの直接の判定が行なわれるのではなく、先ず符号アルファベット内にある目標半径が決定され、この場合、その目標半径は各信号値にとって問題になるものである。2つの直接もしくは間隔をあけて連続する信号値 P_1 , P_2 のために次に角度 (P_1, P_2) が決定される。この角度に対して好ましくは、割り当てられた可能性のある半径の考慮下に、全ての可能性のある目標角 (S_{11}, S_{37}) との比較が行なわれ、この目標角は、第1の信号値 P_1 にとって問題となる半径と第2の信号値 P_2 にとって問題となる半径とにおける目標点の任意の組合せが得られることができる。テーブルから読み取ることができる目標角 (S_{11}, S_{37}) のための判定後に、測定される角度 (P_1, P_2) に対して次に来る角度として受信されたシンボルないしは対応する信号値 P_1 , P_2 は位相空間における目下の位置に無関係に識別されている。

【0069】

最も確からしい目標角 (S_{11}, S_{37}) に対する、種々の受信信号対の角度 (P_1, P_2) の角偏差は等しくなり、図3から明らかのように、周波数偏差についての尺度を直接示す。実際のシンボルないしは目標シンボルの絶対角位置は、この場合には重要ではな

10

20

30

40

50

い。図3には、全ての半径における一象限の点間の全ての可能な角度 (S1, S2) の 16QAMシステムの図が示されている。示されているのは、度で示された角度範囲の全体に対する頻度分布である。再び実線を用いて、目標座標系における対応する位置が示されており、それに対して破線を用いて、回転された受信座標系における受信角 (P1, P2) が示されている。目標角は -63.4° - 53.1°、-36.9°、-26.6°、0°、26.6° 36.9°、53.1° および 63.4° である。90° は 0° に同じである。受信信号 P1 および P2 の測定された例示されている角度 (P1, P2) が角度 31° とともにはっきりと示されている。この例の場合には 26° の目標角が、問題となる半径の予備選考によって与えられている量でともにある。目標角 (S1, S2) 26.6° と信号値 P1, P2 の測定角度 (P1, P2) 31° との間の偏差角 4.4° は、引き続き該偏差角を周波数補正に用いるために、このような図、また微積分学による図、を用いて簡単に求めることができる。連続した測定の複数の偏差角が考慮される場合には、個々の異常値の平均値を出すかまたは該平均値を除去するために、角偏差の平均値算出または選択が行なわれてもよい。そのうえ、種々の測定されたシグナル対の測定角度と対応する目標シンボル対の対応する角度との間の偏差角が考慮されることができ

10

【0070】

例えば自体公知のビタビアルゴリズムを用いた、連続した対のための個々の角度測定の連鎖が考慮されることもできる。このことによって高い周波数偏差の場合にもまたは複数の隣り合う半径が判定に包含される場合にも正しい結果がもたらされる。測定された角度が誤った目標角に割り当てられた場合の誤った判定は、場合によっては著しく大きな周波数誤差の場合に生じ、その際、半径 R_h 上の 2 つの隣り合うシンボル S₂, S₂* の偏差角の絶対値への 2 つのシンボル間の座標系の回転が行なわれる。

20

【0071】

このようにして獲得した角度判定によって、殊に複数の測定された角度の考慮を伴った連鎖された判定が使用されたことあるいは半径データが判定に包含されたにより、関与する、また場合によっては前処理により補間された、シンボル S_e も識別される。したがってこのプロセス流れまたは相応のアルゴリズムによって復調ないしはシンボル測定が既に同期フェーズ中に、あらかじめ周波数補正が実施されなければならないことなくもたらされる。そのうえ、差分形成に関与するシンボルの識別から得られた、対応する目標シンボルに対する受信信号の絶対値の角度データを位相制御に使用することは可能である。

30

【0072】

角度観察が一象限のみで実施された場合、例えば受信されたシンボル P₁* が第 2 の象限から第 1 の象限に移動された場合には、このようにして測定されたシンボルを直接の更なる処理を可能にするために次の信号処理装置で既に回路装置 1 の同期フェーズ中に該シンボルが引き続き正しい象限に回し戻される。

【0073】

受信信号の搬送波と局所発振器 7 との間の周波数差およびできればまた位相差の補償後に好ましくは搬送波 - 位相結合したループのロックイン (Einrasten) が、自体公知の方法での通常のシンボル判定によって得られた位相差信号 が搬送波制御器 8 に供給されることによって行なわれる。搬送波制御回路 8 は、例えば積分器 84 における、最初の周波数制御からの周波数差データが、角度誤差 を用いた位相制御へのこの切換え後にも入力信号として得られ続けるように接続されている。

40

【0074】

当業者にとって、上記方法を実施するためのいくつかの別の回路装置は構築可能である。例えば周期制御器 21 は中央で制御されるサンプリング - およびデジタル化周期をサンプリング信号 t_i の形で提供することができ、このサンプリング信号は AD 変換器 3 に送られる。サンプリング信号 t_i が、受信されるシンボルないしは信号 s_a のための周期に同期される場合には、サンプリング装置 10 における後での補間を省略してもよい。直交変換器 6 の後の低域フィルタ 9 は、この場合には同様にもはや必要ない。その限定され

50

た作用は、ナイキスト特性を有する低域フィルタ 11 に引き継がれる。

【0075】

別の実施構成の場合には、例えば、信号源 2 から提供される入力信号 s_a の中間周波数位置が高すぎる場合には、デジタル化、即ち AD 変換器 3、のためのインターフェースを直交変換器 6 の後に初めて挿入することも特に可能である。

【0076】

例としてのプロセス流れの場合には、そして図 4 によれば、スタート ($S * 1$) 後にシンボル P_1 , P_2 の受信が開始される ($S * 2$)。次に受信されたシンボル P_2 のための目標半径の問題となる群が決定される ($S * 4$)。第 1 の信号ないしはシンボルの場合には照会ステップ ($A b f r a g e s c h r i t t$) $S * 5$ で戻りが行なわれる。この場合には更なるステップ $S * 6$ で第 1 のシンボル P_1 のための変数があらかじめ受信されたシンボル P_2 のあらかじめ受信された値によって確定され、第 1 の半径群として第 4 のステップ $S * 4$ で決定された目標半径の群が定義される。このプロセスは次に、信号値ないしはシンボル P_2 の受信のステップ ($S * 3$) から続行される。

10

【0077】

照会ステップ $S * 5$ で第 1 の信号が重要ではない場合には信号値ないしはシンボル間の偏差角 (P_1, P_2) が測定される ($S * 7$)。続いて ($S * 8$)、次に来る目標角 (S_1, S_2) が第 1 の半径群からのシンボル S_1 と第 2 の半径群からのシンボル S_2 との全ての組合せから決定される。この角偏差 ($(P_1, P_2) - (S_1, 2)$) から最終的に周波数オフセット f が得られる。この周波数オフセット f は出力される。さらに基本パラメータの確定 $S * 6$ およびシンボルの受信 $S * 3$ のステップへと戻される。

20

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】変調方法の少なくとも 1 つの直交信号対に結合されているデジタル化された信号からシンボルを測定するための回路装置が示されており、この場合、該回路装置は受信信号の周波数を測定するための装置を有する；

【図 2】複素平面における信号位置およびシンボル位置の図がこれらシンボルから選択されたシンボル間の角度比とともに示されている；

【図 3】受信された信号およびシンボル間の可能性のある偏差角の図が角度を介して示されている；

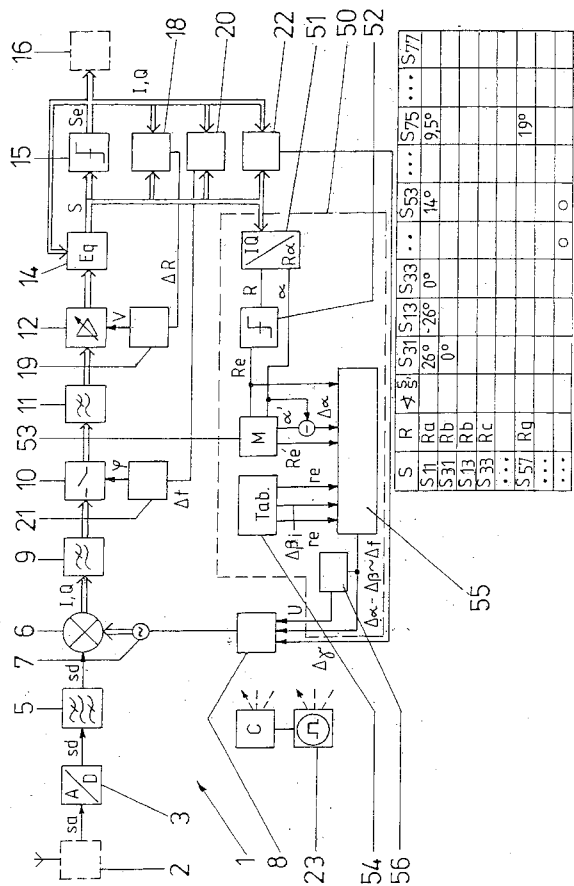
30

【図 4】周波数測定のための例示されたプロセス流れについての可能性のあるフローチャート図が示されている

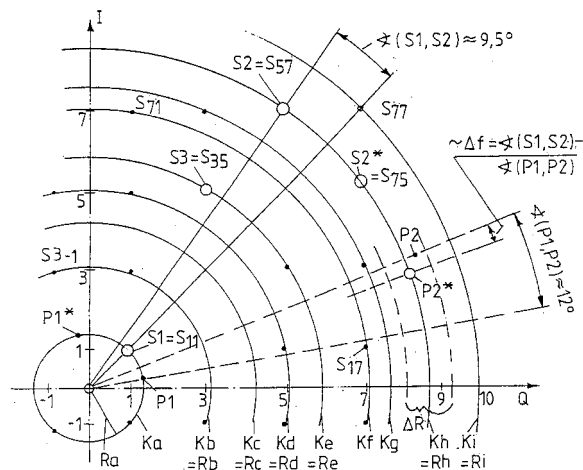
【図 5】周波数ないしは位相の制御のためのスイッチ装置についての例として回路装置が示されている。

【図 6】周波数ないしは位相の制御のためのスイッチ装置についての例として回路装置が示されている。

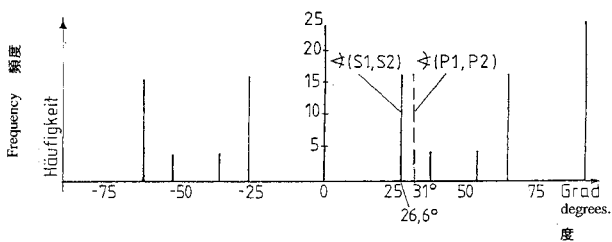
【 図 1 】



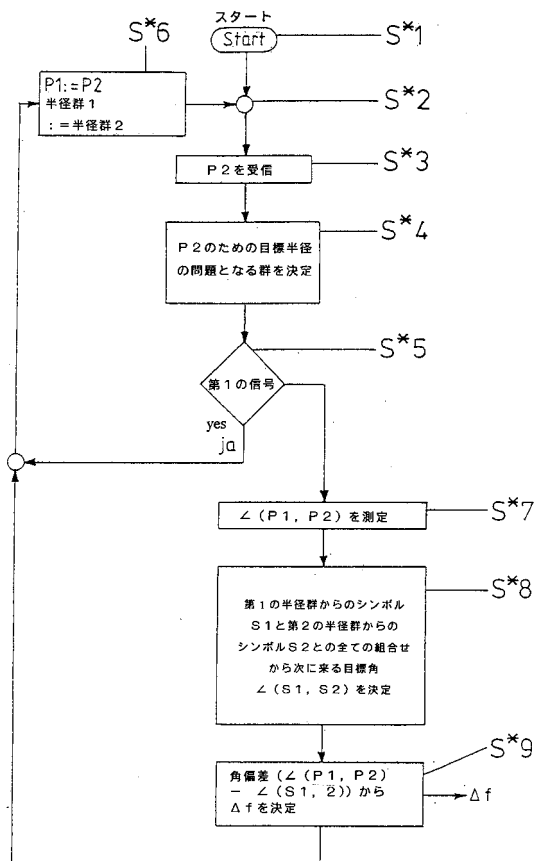
【 図 2 】



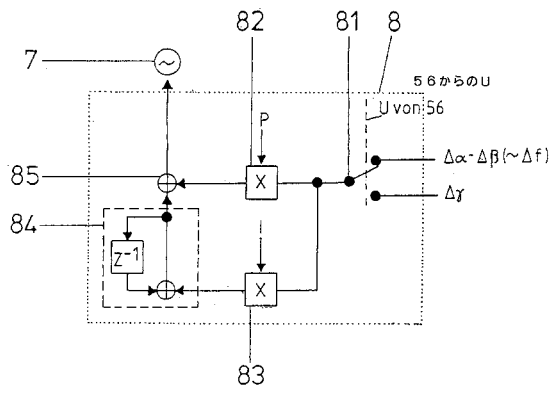
【 図 3 】



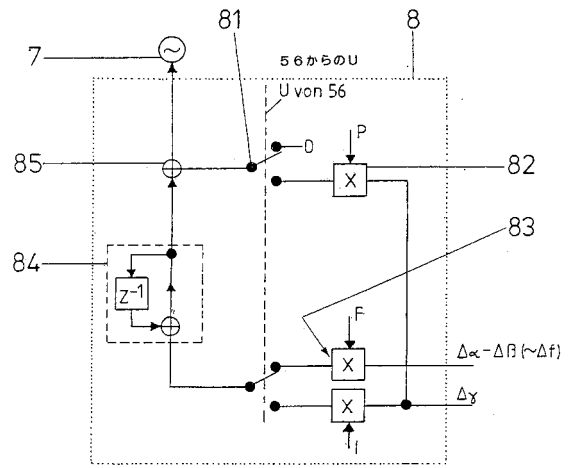
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(72)発明者 キャリスタイン ノイエスク

ドイツ連邦共和国 グロッタータール D - 7 9 2 8 6 ライメネックストラッセ 8 a

Fターム(参考) 5K004 AA08 JG01 JH06

【外国語明細書】

2005328540000001.pdf