

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4225804号  
(P4225804)

(45) 発行日 平成21年2月18日(2009.2.18)

(24) 登録日 平成20年12月5日(2008.12.5)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 S 13/34 (2006.01)** GO 1 S 13/34  
**GO 1 S 7/35 (2006.01)** GO 1 S 7/35

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2003-56978 (P2003-56978)	(73) 特許権者	000237592
(22) 出願日	平成15年3月4日(2003.3.4)		富士通テン株式会社
(65) 公開番号	特開2004-264232 (P2004-264232A)		兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号
(43) 公開日	平成16年9月24日(2004.9.24)	(74) 代理人	100077517
審査請求日	平成18年3月6日(2006.3.6)		弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100100871
			弁理士 土屋 繁
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也
		(74) 代理人	100081330
			弁理士 樋口 外治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信信号と受信信号とを混合して得られるビート信号をデータ収集区間ごとに周波数分析することにより、目標物を検出するFM-CWレーダ装置であって、

送信信号及び/又は受信信号のゲインをコントロールする高周波部ゲインコントロール手段と、

データ収集区間において、前記ゲインコントロール手段によるゲインコントロール機能を一定周期でON/OFFするスイッチング制御を実行し、該スイッチング制御中にビート信号に発生するサイドバンド成分を観測し、該サイドバンド成分に基づいて前記高周波部ゲインコントロール手段における故障の有無を判定する故障判定手段であって、前記ON/OFFの周期に関連するサイドバンド成分のピーク値と目標物に関連するピーク値との比を検出し、前記比に基づいて該判定処理を行う故障判定手段と、

前記故障判定手段によって検出される前記比に基づいてゲインコントロール量を推定し、該推定されたゲインコントロール量が所望のゲインコントロール量から外れている場合に補正を行うゲインコントロール量補正手段と、

を具備するレーダ装置。

【請求項2】

送信信号と受信信号とを混合して得られるビート信号をデータ収集区間ごとに周波数分析することにより、目標物を検出するFM-CWレーダ装置であって、

送信信号及び/又は受信信号のゲインをコントロールする高周波部ゲインコントロール

手段と、

データ収集区間において、前記ゲインコントロール手段によるゲインコントロール機能を一定周期でON/OFFするスイッチング制御を実行し、該スイッチング制御中にビート信号に発生するサイドバンド成分を観測し、該サイドバンド成分に基づいて前記高周波部ゲインコントロール手段における故障の有無を判定する故障判定手段であって、目標物の距離が遠い場合にビート信号成分とサイドバンド成分との間の周波数差を大きくすることによりサイドバンド成分の識別を容易にするとともに前記ON/OFFの周期を可変とし、該周期すなわち周波数を変化させているにもかかわらず該サイドバンド成分の周波数変化が検出されない場合に異常があると判定する故障判定手段と、

を具備するレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、レーダ装置に関し、特に、衝突防止、オートクルーズコントロール、自動運転等を目的として使用される車載用として好適なレーダ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

自車両と目標物体との間の距離や自車両に対する目標物体の相対速度を計測するレーダ装置には、FM-CW(Frequency Modulated-Continuous Wave)、パルスドプラ等の各種レーダ方式が採用されている。その中でも、特に、FM-CWレーダ装置は、その回路構成が比較的小型・低廉であって移動体間の車間距離及び相対速度が同時に求まるという利点を有しているため、現在、多くの車両で採用されている。

【0003】

かかるレーダ装置では、信頼性を確保するために、装置の故障を迅速に検出する必要がある。例えば、下記特許文献1は、混合器の中間周波(IF)出力に正常時には常時振幅変調キャリアが現れるように、受信アンテナと混合器との間に振幅変調手段を設け、分岐手段により混合器のIF出力を分岐し、故障検出手段によりIF出力レベルと設定レベルとを比較し、比較結果に基づいて装置の故障を検出するFM-CWレーダ装置を開示している。

【0004】

【特許文献1】

特開平11-52052号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、高周波(RF)部のゲインコントロール(利得制御)機能における故障を判定する方法としては、一般に、RF信号用の検波器を設けて、検出される出力レベルを、ゲインコントロールを実行しているときと実行していないときとで比較するのが一般的である。

【0006】

しかし、RF信号用の検波器を設けることは、コストの上昇を招くとともに、その検波器自体が故障する場合をも考慮する必要がある。

【0007】

本発明は、上述した問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、RF信号検波器を設けることなく、低コストで、RF部ゲインコントロール(GC)機能の故障判定を行うことができるレーダ装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第一の面によれば、信号をデータ収集区間ごとに周波数分析することにより、目標物を検出して目標物までの距離及び目標物の相対速度を検出するレーダ装置であって、送信信号及び/又は受信信号のゲインをコントロールする高

10

20

30

40

50

周波部ゲインコントロール手段と、データ収集区間において、前記ゲインコントロール手段によるゲインコントロール機能を一定周期でON/OFFするスイッチング制御を実行し、該スイッチング制御中に信号に発生するサイドバンド成分を観測し、該サイドバンド成分に基づいて前記高周波部ゲインコントロール手段における故障の有無を判定する故障判定手段と、を具備するレーダ装置が提供される。

【0009】

また、本発明の第二の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記スイッチング制御におけるON/OFFの周期は、データ収集区間の1/2以下である。

【0010】

また、本発明の第三の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、目標物の検出レベルが所定レベル以上のときに判定処理を行う。

10

【0011】

また、本発明の第四の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、目標物の周囲に別の目標物が存在しないときに判定処理を行う。

【0012】

また、本発明の第五の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、前記ON/OFFの周期に関連するサイドバンド成分のピーク値と目標物に関連するピーク値との比を検出し、前記比に基づいて判定処理を行う。

【0013】

また、本発明の第六の面によれば、前記第五の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、前記比が予め設定された値より小さいことが一定の期間連続して検出される場合に故障有りとして判定する。

20

【0014】

また、本発明の第七の面によれば、前記第五の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、前記比が予め設定された値より小さいことが一定の頻度以上の頻度で検出される場合に故障有りとして判定する。

【0015】

また、本発明の第八の面によれば、前記第五の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段によって検出される前記比に基づいてゲインコントロール量を推定し、該推定されたゲインコントロール量が所望のゲインコントロール量から外れている場合に補正を行うゲインコントロール量補正手段、が更に具備される。

30

【0016】

また、本発明の第九の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、前記ON/OFFの周期を可変とする。

【0017】

また、本発明の第十の面によれば、前記第九の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、目標物の距離が遠い場合に前記ON/OFFの周期を小さくする。

【0018】

また、本発明の第十一の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、通常制御時におけるゲインコントロール量よりも大きいゲインコントロール量を設定して判定処理を行う。

40

【0019】

また、本発明の第十二の面によれば、前記第一の面によるレーダ装置において、前記故障判定手段は、目標物が小さい場合に前記ON/OFFによるゲインコントロール量の変化量を大きくして判定処理を行う。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明をFM-CWレーダ装置に適用した場合の実施形態について説明する。

【0021】

50

まず、FM-CWレーダによる距離及び相対速度の測定原理について、図1及び図2に基づき説明する。FM-CWレーダは、周波数変調(FM)を施しつつ連続波(CW)を送信し、その覆域内の対象(目標物、ターゲット)からのエコー(反射波)を受信するレーダである。

【0022】

ここで、その周波数変調(FM)を三角波(周波数 $f_0$ を中心として $\pm f/2$ の範囲で変化する)を用いて制御するとすれば、送信信号の周波数と時間との関係は、図1(A)における実線のようになる。

【0023】

そして、距離 $R$ だけ離隔した場所に存在する対象からの反射信号の周波数と時間との関係は、その対象とレーダとの相対速度が0であるとすれば、図1(A)の破線のようになる。したがって、送信信号と受信信号(即ち、反射信号)とが混合(ミキシング)せしめられて得られるビート信号の周波数(ビート周波数) $f_r$ は、図1(B)のようになる。

10

【0024】

ここで、変調三角波の繰り返し周波数を $f_m$ 、光速を $c$ とすれば、  
 $f_r / (2R/c) = (f/2) / \{(1/f_m)/4\}$

$$R = f_r c / 4 f_m f$$

の関係が成立し、ビート周波数 $f_r$ を測定すれば、距離 $R$ を算出することができる。

【0025】

対象とレーダとの相対速度が0でない場合には、ドブラ効果が起こるため、送受信信号は図2(A)のようになる。したがって、送信信号の周波数が上昇していく区間のビート周波数 $f_{up}$ 及び送信信号の周波数が下降していく区間のビート周波数 $f_{down}$ は、図2(B)に示すようになる。

20

【0026】

すなわち、 $f_{up}$ 及び $f_{down}$ は、相対速度が0の場合のビート周波数 $f_r$ にドブラ周波数 $f_d$ を重畳したものとなり、

$$f_{up} = f_r - f_d$$

$$f_{down} = f_r + f_d$$

と表される。

【0027】

なお、周知のように、ターゲットが速度 $v_r$ の相対運動をするときには、レーダが受信する反射波の周波数は、送信波の周波数 $f_0$ に対して、

$$f_d = 2 \cdot v_r \cdot f_0 / c$$

によって表されるドブラ周波数だけずれる。ただし、 $c = 3 \times 10^8$  [m/s]である。

30

【0028】

したがって、送信信号の周波数が上昇していく区間及び送信信号の周波数が下降していく区間をそれぞれ一つのデータ収集区間とし、データ収集区間に応じて $f_{up}$ 又は $f_{down}$ を別々に測定し、測定された $f_{up}$ 及び $f_{down}$ に基づいて $f_r$ 及び $f_d$ を算出すれば、これらよりレーダから対象までの距離 $R$ とレーダに対する対象の相対速度 $v_r$ とを求めることができる。

40

【0029】

図3は、本発明の一実施形態に係るFM-CWレーダ装置の構成を示すブロック図である。同図において、変調信号発生器10は、変調信号として三角波信号を発生させる装置である。そして、電圧制御型発振器(voltage-controlled oscillator)12は、その三角波信号に基づく周波数変調(FM)を施された送信信号を発生させる。その送信信号は、増幅器14にてゲインコントロール(利得制御)された後、送信アンテナ16から送信波(電波)として放射される。

【0030】

受信アンテナ18は、かかる送信波に対する目標物からの反射波を受信するものであり、その受信信号は、増幅器20にてゲインコントロール(利得制御)された後、混合器(mi

50

xer) 22に導かれる。混合器22は、その受信信号と送信信号とを混合して前述のビット信号を生成する。生成されたビット信号は、フィルタ24を介してA/D変換器(analog-to-digital converter)26に入力される。A/D変換器26は、入力信号をサンプリングしてA/D変換を行い、デジタルデータを出力する。

【0031】

そして、A/D変換器26の出力データは、処理器28へと導かれる。処理器28は、マイクロプロセッサ、DSP(Digital Signal Processor)等から構成され、データ収集区間ごとに、ビット信号を表すデジタルデータ列に対して高速フーリエ変換(FFT)処理を施して周波数解析を行い、前述した測定原理に従って対象までの距離及び対象の相対速度を算出する。また、処理器28は、増幅器14による送信信号のゲインコントロール及び増幅器20による受信信号のゲインコントロールを制御する。

10

【0032】

ところで、前述のように、増幅器14、増幅器20等の高周波(RF)部のゲインコントロール機能の故障を検出するために、RF信号用の検波器を設けることは、コストの上昇を招く。そこで、本発明では、一つのデータ収集区間において、ゲインコントロール機能を一定周期でON/OFFするスイッチング制御を実行し、そのスイッチング制御中にビット信号に発生するサイドバンド成分を観測し、そのサイドバンド成分に基づいてゲインコントロール機能の故障の有無を判定するようにしている。

【0033】

すなわち、処理器28は、図4に示されるように、増幅器14及び/又は増幅器20によるゲインコントロール機能を周期Tすなわち周波数 $f (= 1/T)$ でON/OFFさせる。このようにゲインを変化させることは、信号に振幅変調(AM)を施すことに結果する。

20

【0034】

そのため、振幅変調実施前の周波数スペクトルが、図5(A)に示されるように、目標物に対応するビット信号の周波数 $f_b$ でピークを有していた場合、振幅変調実施中には、図5(B)に示されるように、周波数 $f_b + f$ 及び $f_b - f$ のところにサイドバンド(side band、側波帯)成分すなわち第一サイドローブが発生することとなる。したがって、処理器28は、ゲインコントロール機能をON/OFFさせているにもかかわらず、このサイドバンド成分が観測されない場合には、ゲインコントロール機能に故障があると判定することができる。

30

【0035】

なお、以上の説明から明らかなように、かかるスイッチング制御におけるON/OFFの周期は、データ収集区間の1/2以下である必要がある。また、このような故障判定は、実際に目標物が捕捉されていてビット周波数が観測されている状態で行われる必要があるため、本実施形態では、処理器28は、目標物の検出レベルが所定レベル以上のときに判定処理を行うようにしている。

【0036】

また、目標物の周囲に別の目標物が存在するときには、当該別の目標物により発生する周波数成分とサイドバンド成分との識別が困難となる。そこで、本実施形態においては、処理器28は、目標物の周囲に別の目標物が存在しないときに判定処理を行うようにしている。

40

【0037】

なお、処理器28は、具体的な故障判定処理として、図5(B)に示されるように、ゲインコントロール機能のON/OFFの周期に関連するサイドバンド成分のピーク値 $L_1$ と目標物に関連するピーク値 $L_0$ との比 $L_1/L_0$ (デシベル表示では差)を検出し、この比が所定の基準値以下の場合に故障有りと判定する。なお、サイドバンド成分の大きさ(レベル、振幅)は、変調度すなわちゲインコントロール機能がONのときのゲイン(図4における $G_v$ )に依存するため、かかる基準値も、ゲインに応じて決定されることとなる。

【0038】

50

また、本発明の好ましい実施形態において、処理器 28 は、誤検出を防止するため、比  $L_1/L_0$  が予め設定された値より小さいことが一定の期間連続して検出されるか、あるいは一定の頻度以上の頻度で検出される場合に故障有りと判定する。

【0039】

さらに、本発明の好ましい実施形態においては、処理器 28 は、検出される比  $L_1/L_0$  に基づいてゲインコントロール量を推定し、その推定されたゲインコントロール量が所望のゲインコントロール量から外れている場合にゲインコントロール量の補正を行う。

【0040】

また、本発明の好ましい実施形態においては、処理器 28 は、ゲインコントロール機能の ON/OFF の周期  $T (= 1/f)$  (図 4) を可変とする。すなわち、周波数  $f$  を変化させることにより、サイドバンド成分の周波数  $f_b + f$  及び  $f_b - f$  を変化させることができる。処理器 28 は、周波数  $f$  を変化させているにもかかわらず、そのようなサイドバンド成分の周波数変化が検出されない場合に、異常があると判定することができる。

10

【0041】

ところで、目標物の距離が遠い場合には、ビート信号成分とサイドバンド成分との間に各種成分が現れることが経験的に知られているため、ON/OFF の周期  $T$  (図 4) を小さく、すなわち周波数  $f$  を大きくして、ビート信号成分とサイドバンド成分との間の周波数差を大きくすることにより、サイドバンド成分の識別を容易にすることも可能である。

【0042】

また、本発明の好ましい実施形態においては、処理器 28 は、故障判定処理を実施する際、通常制御時におけるゲインコントロール量よりも大きいゲインコントロール量を設定することにより、ON/OFF による振幅変調度を大きくしてサイドバンド成分を検出しやすくする。

20

【0043】

同様に、目標物が小さい場合、すなわち目標物の検出レベルが低い場合においても、ON/OFF によるゲインコントロール量の変化量を大きくするようにすれば、変調度が増大してサイドバンド成分が検出されやすくなるため、故障判定の実行が可能となる。

【0044】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、レーダ装置において、RF 信号検波器を特に設けることなく、低コストで、RF 部ゲインコントロール (GC) 機能の故障判定を行うことができるようになる。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】(A) 及び (B) は、FM-CW レーダにおいて相対速度が 0 である場合の、送受信信号の周波数と時間との関係及びビート周波数と時間との関係をそれぞれ示す特性図である。

【図 2】(A) 及び (B) は、FM-CW レーダにおいて相対速度が 0 でない場合の、送受信信号の周波数と時間との関係及びビート周波数と時間との関係をそれぞれ示す特性図である。

【図 3】本発明の一実施形態に係る FM-CW レーダ装置の構成を示すブロック図である。

40

【図 4】ゲインコントロール機能を一定周期で ON/OFF するスイッチング制御について説明するためのタイムチャートである。

【図 5】(A) 及び (B) は、それぞれ、振幅変調を実施しない場合と実施する場合における周波数スペクトルを示す図である。

【符号の説明】

10 ... 変調信号発生器

12 ... 電圧制御型発振器 (Voltage-Controlled Oscillator)

14 ... 増幅器

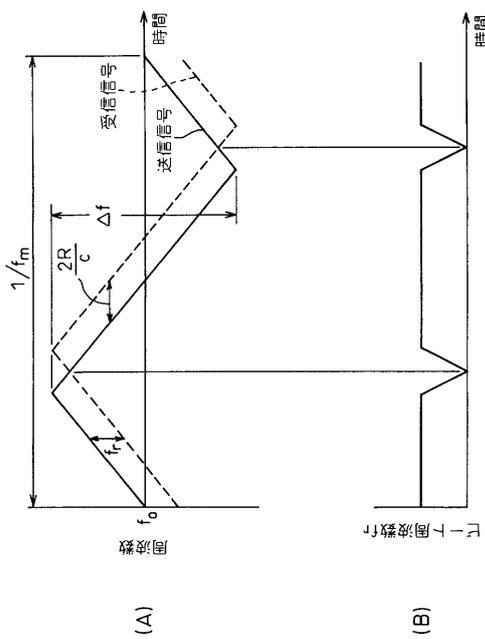
16 ... 送信アンテナ

50

- 1 8 ... 受信アンテナ
- 2 0 ... 増幅器
- 2 2 ... 混合器 (mixer)
- 2 4 ... フィルタ
- 2 6 ... A D 変換器 (Analog-to-Digital Converter)
- 2 8 ... 処理器

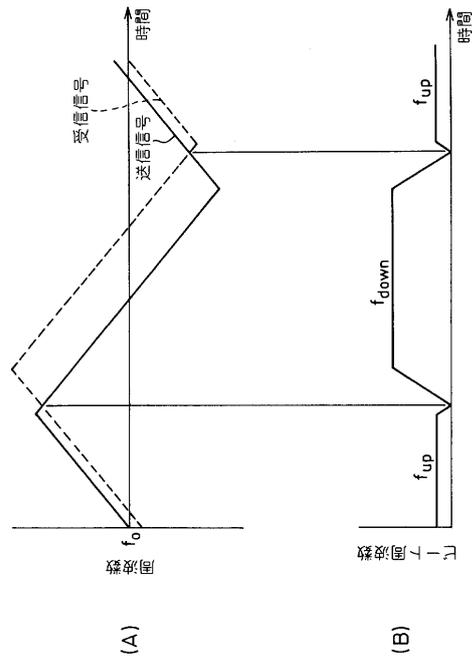
【 図 1 】

図 1



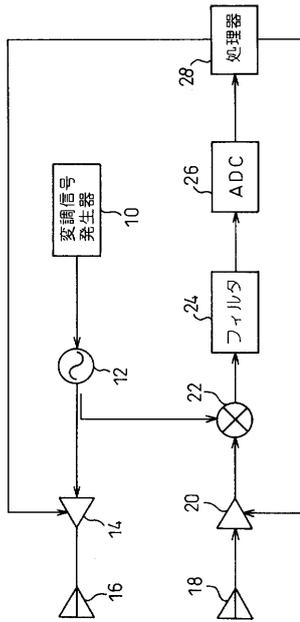
【 図 2 】

図 2



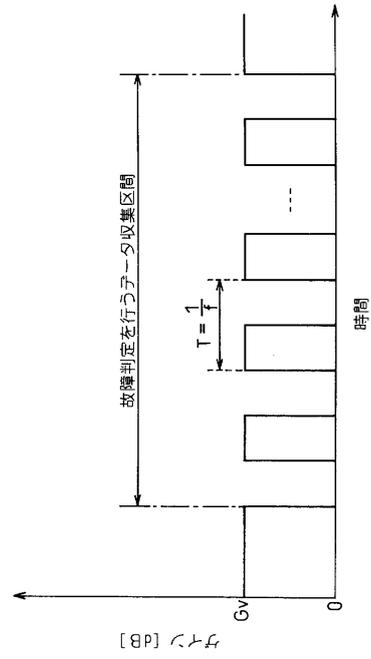
【 図 3 】

図 3



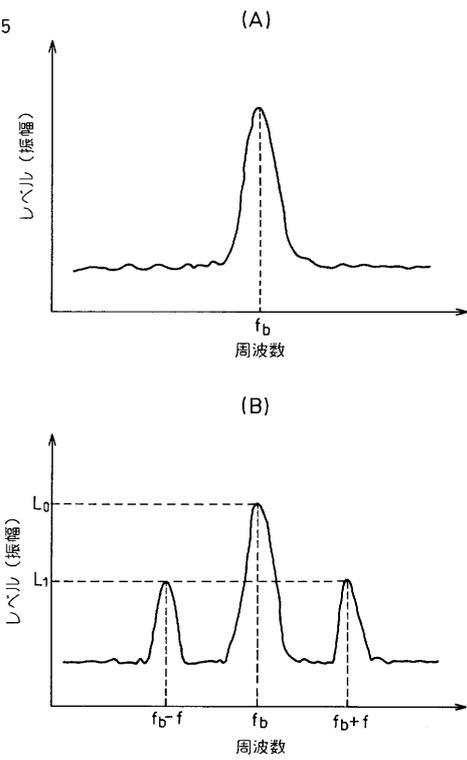
【 図 4 】

図 4



【 図 5 】

図 5



---

フロントページの続き

(72)発明者 伊佐治 修

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号 富士通テン株式会社内

審査官 川瀬 徹也

(56)参考文献 特開平11-052052(JP,A)  
特開平07-198826(JP,A)  
特開平09-145824(JP,A)  
特開平10-062525(JP,A)  
特開2003-014837(JP,A)  
特開2001-311772(JP,A)  
特開2002-071788(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00-7/64

G01S 13/00-17/95