

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7354951号
(P7354951)

(45)発行日 令和5年10月3日(2023.10.3)

(24)登録日 令和5年9月25日(2023.9.25)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 S 7/52 (2006.01)

G 0 1 S 7/52 U

請求項の数 10 (全14頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|---|
| (21)出願番号 | 特願2020-119424(P2020-119424) | (73)特許権者 | 000004695 株式会社 S O K E N 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 0 |
| (22)出願日 | 令和2年7月10日(2020.7.10) | (73)特許権者 | 000004260 株式会社デンソー 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 |
| (65)公開番号 | 特開2022-16127(P2022-16127A) | (74)代理人 | 110001128 弁理士法人ゆうあい特許事務所 |
| (43)公開日 | 令和4年1月21日(2022.1.21) | (72)発明者 | 石田 翔也 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 0 株式会社 S O K E N 内 |
| 審査請求日 | 令和5年1月25日(2023.1.25) | (72)発明者 | 小山 優 愛知県日進市米野木町南山 5 0 0 番地 2 0 株式会社 S O K E N 内 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 物体検知装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超音波を送受信する送受信器（21）と、
前記送受信器を駆動するための駆動信号を生成する駆動信号生成部（24）と、
前記駆動信号に基づいて前記送受信器を駆動することで、前記送受信器に超音波である
探査波を送信させる送信回路（22）と、
前記送受信器による超音波の受信結果に対応する受信信号を生成する受信回路（23）
と、を備え、
前記駆動信号生成部が、前記探査波の周波数が時間経過とともに変化するように前記駆
動信号を生成する物体検知装置であって、
前記送受信器が時間経過とともに周波数が変化する前記探査波を送信している間に、前
記送受信器に発生する電圧信号を測定する電圧測定部（26）と、
前記電圧信号に基づいて前記送受信器の状態判定を行う状態判定部（27）と、を備え、
前記送信回路は、前記駆動信号に応じて生成された電流を電力が一定となるように制御
して前記送受信器に供給し、
前記状態判定部は、前記送受信器に発生する電圧信号から抽出された振幅信号に基づい
て前記送受信器の状態判定を行う物体検知装置。

【請求項 2】

前記状態判定部は、前記探査波の周波数と前記電圧信号の振幅との関係に基づいて前記
送受信器の状態判定を行う請求項 1 に記載の物体検知装置。

【請求項 3】

前記状態判定部は、前記送信回路および前記受信回路の周波数特性を除外するように前記振幅信号を変換し、該変換された前記振幅信号に基づいて状態判定を行う請求項 2 に記載の物体検知装置。

【請求項 4】

前記状態判定部は、環境温度に基づいて、前記送信回路および前記受信回路の周波数特性を除外するように、該変換を行う請求項 3 に記載の物体検知装置。

【請求項 5】

前記状態判定部は、前記振幅信号の極小点に関する情報に基づいて前記送受信器、前記送信回路、または前記受信回路の状態を判定する請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

10

【請求項 6】

前記状態判定部は、前記極小点に対応する前記探査波の周波数と基準周波数との比較、および、前記極小点における前記振幅信号の大きさと基準振幅との比較のうち、いずれか一方または両方に基づいて状態判定を行う請求項 5 に記載の物体検知装置。

【請求項 7】

前記状態判定部は、前記探査波の周波数と環境温度に基づいて補正された前記基準周波数との比較、および、前記振幅信号の大きさと環境温度に基づいて補正された前記基準振幅との比較のうち、いずれか一方または両方に基づいて状態判定を行う請求項 6 に記載の物体検知装置。

20

【請求項 8】

前記振幅信号に極小点が存在しないとき、

前記探査波の周波数変調範囲の拡大およびシフトのうちいずれか一方または両方が行われて前記探査波が送信され、前記極小点が探索される請求項 5 ないし 7 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

【請求項 9】

前記振幅信号の極小点に対応する前記探査波の周波数に基づいて前記探査波の周波数変調範囲が変更される請求項 5 ないし 8 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

【請求項 10】

前記駆動信号生成部は、前記探査波の周波数が時間経過とともに単調増加するか、または、時間経過とともに単調減少するように、前記駆動信号を生成する請求項 1 ないし 9 のいずれか 1 つに記載の物体検知装置。

30

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、物体検知装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

車両バンパ等に搭載された超音波センサでは、超音波の送受信器としてマイクロフォンが用いられる。このマイクロフォンの表面に雪や泥が付着すると、マイクロフォンの特性が変化し、超音波センサの検知性能が低下することがある。したがって、超音波センサを用いた駐車支援システム等の性能低下を抑制するためには、マイクロフォンの状態を自己診断する必要がある。

40

【0003】

これについて、特許文献 1 に記載の超音波ソナーでは、送信周波数を残響周波数からずらして超音波を送信し、送受信器の状態によって残響時間が変化することを利用して、残響時間と周波数解析結果とに基づいて送受信器の異常を判定している。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0004】**

50

【文献】特開 2 0 0 1 - 2 2 1 8 4 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、このような残響周波数の計測結果には計測回路等の影響が混入するため、特許文献 1 に記載の方法ではマイクロフォンの状態だけを判定することができない。

【 0 0 0 6 】

本発明は上記点に鑑みて、送受信器の状態を判定できる物体検知装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明では、超音波を送受信する送受信器（21）と、送受信器を駆動するための駆動信号を生成する駆動信号生成部（24）と、駆動信号に基づいて送受信器を駆動することで、送受信器に超音波である探査波を送信させる送信回路（22）と、送受信器による超音波の受信結果に対応する受信信号を生成する受信回路（23）と、を備え、駆動信号生成部が、探査波の周波数が時間経過とともに変化するように駆動信号を生成する物体検知装置であって、送受信器が時間経過とともに周波数が変化する探査波を送信している間に、送受信器に発生する電圧信号を測定する電圧測定部（26）と、電圧信号に基づいて送受信器の状態判定を行う状態判定部（27）と、を備え、送信回路は、駆動信号に応じて生成された電流を電力が一定となるように制御して送受信器に供給し、状態判定部は、送受信器に発生する電圧信号から抽出された振幅信号に基づいて送受信器の状態判定を行う。

【 0 0 0 8 】

本発明者らは、マイクロフォン等で構成される送受信器から周波数変調信号を含む探査波を送信する超音波センサにおいて、探査波の送信中に送受信器に発生する電圧信号が、雪等の付着によって変化することを見出した。このような電圧信号の変化に基づいて、送受信器の状態を判定することができる。

【 0 0 0 9 】

なお、各構成要素等に付された括弧付きの参照符号は、その構成要素等と後述する実施形態に記載の具体的な構成要素等との対応関係の一例を示すものである。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】第 1 実施形態にかかる物体検知装置の構成を示すブロック図である。

【図 2】図 1 に示された送受信器の一部における等価回路構成を示す概略的な回路図である。

【図 3】トランスデューサの端子間電圧の測定結果を示す図である。

【図 4】最初に行われる状態判定処理のフローチャートである。

【図 5】図 4 に示す処理の後に実行される状態判定処理のフローチャートである。

【図 6】第 2 実施形態における状態判定処理のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の実施形態について図に基づいて説明する。なお、以下の各実施形態相互において、互いに同一もしくは均等である部分には、同一符号を付して説明を行う。

【 0 0 1 2 】

（第 1 実施形態）

第 1 実施形態について説明する。図 1 に示す本実施形態の物体検知装置 1 は、不図示の車両に搭載されていて、当該車両の周囲の物体 B を検知するように構成されている。物体検知装置 1 を搭載する車両を、以下「自車両」と称する。不図示の車両は、例えば、自動車である。

【 0 0 1 3 】

10

20

30

40

50

物体検知装置 1 は、超音波センサ 2 と、超音波センサ 2 の動作を制御する制御部 3 とを備えている。超音波センサ 2 は、超音波である探査波を送信するとともに探査波の物体 B による反射波を受信することで、物体 B を検知するように構成されている。

【 0 0 1 4 】

超音波センサ 2 は、トランスデューサ 2 1 と、送信回路 2 2 と、受信回路 2 3 と、駆動信号生成部 2 4 と、受信信号処理部 2 5 と、電圧測定部 2 6 と、状態判定部 2 7 と、温度検出部 2 8 とを備えている。

【 0 0 1 5 】

トランスデューサ 2 1 は、探査波を外部に向けて送信する送信器としての機能と、反射波を受信する受信器としての機能とを有して、送信回路 2 2 および受信回路 2 3 と電気接続されている。すなわち、超音波センサ 2 は、いわゆる送受信一体型の構成を有している。

10

【 0 0 1 6 】

具体的には、トランスデューサ 2 1 は、圧電素子等の電気 - 機械エネルギー変換素子を内蔵した、超音波マイクロフォンとして構成されている。トランスデューサ 2 1 は、探査波を自車両の外部に送信可能および反射波を自車両の外部から受信可能なように、自車両の外表面に面する位置に配置されている。

【 0 0 1 7 】

送信回路 2 2 は、入力された駆動信号に基づいてトランスデューサ 2 1 を駆動することで、トランスデューサ 2 1 にて探査波を発信させるように設けられている。具体的には、送信回路 2 2 は、デジタル / アナログ変換回路等を有している。すなわち、送信回路 2 2 は、駆動信号生成部 2 4 から出力された駆動信号に対してデジタル / アナログ変換等の信号処理を施すことで、素子入力信号を生成するように構成されている。素子入力信号は、トランスデューサ 2 1 を駆動するための交流電圧信号である。そして、送信回路 2 2 は、生成した素子入力信号をトランスデューサ 2 1 に印加してトランスデューサ 2 1 における電気 - 機械エネルギー変換素子を励振することで、探査波を発生させるように構成されている。

20

【 0 0 1 8 】

受信回路 2 3 は、トランスデューサ 2 1 による超音波の受信結果に対応する受信信号を生成して受信信号処理部 2 5 に出力するように設けられている。具体的には、受信回路 2 3 は、増幅回路およびアナログ / デジタル変換回路等を有している。すなわち、受信回路 2 3 は、トランスデューサ 2 1 が出力した素子出力信号に対して、増幅およびアナログ / デジタル変換等の信号処理を施すことで、受信波の振幅および周波数に関する情報を含む受信信号を生成するように構成されている。素子出力信号は、超音波の受信により、トランスデューサ 2 1 に設けられた電気 - 機械エネルギー変換素子が発生する交流電圧信号である。

30

【 0 0 1 9 】

駆動信号生成部 2 4 は、駆動信号を生成して送信回路 2 2 に出力するように設けられている。駆動信号は、トランスデューサ 2 1 を駆動してトランスデューサ 2 1 から探査波を発信させるための信号である。

40

【 0 0 2 0 】

駆動信号生成部 2 4 は、探査波の周波数が時間経過とともに変化するように駆動信号を生成する。具体的には、駆動信号生成部 2 4 は、トランスデューサ 2 1 の共振周波数を含む周波数変調範囲において探査波の周波数が掃引されるように駆動信号を生成する。この周波数変調範囲は、後述するように、状態判定部 2 7 からの信号に応じて変更される。

【 0 0 2 1 】

駆動信号には、例えば、アップチャープまたはダウンチャープが含まれる。アップチャープは、時間経過とともに周波数が単調増加するような周波数変調状態である。ダウンチャープは、時間経過とともに周波数が単調減少するような周波数変調状態である。チャープ信号を、時間と周波数が比例関係になる線形チャープ信号とすることで、内部的な計算

50

が簡単になり、駆動信号生成部 2 4 等が搭載される A S I C のコストを低減することができる。A S I C は Application Specific Integrated Circuit の略である。

【 0 0 2 2 】

受信信号処理部 2 5 は、受信信号に対して F F T 等の処理を施すことで、受信波の振幅に対応する信号と、受信波の周波数に対応する信号とを生成するように構成されている。F F T は Fast Fourier Transform の略である。受信信号処理部 2 5 は、生成した信号を制御部 3 に出力するように設けられている。

【 0 0 2 3 】

電圧測定部 2 6、状態判定部 2 7、温度検出部 2 8 は、トランスデューサ 2 1 の状態を検知するためのものである。電圧測定部 2 6 は、トランスデューサ 2 1 が、周波数が時間経過とともに変化する周波数変調信号を送信している間に、トランスデューサ 2 1 に発生する電圧信号を測定するものである。電圧測定部 2 6 は、電圧信号の測定結果を状態判定部 2 7 に出力するように設けられている。

【 0 0 2 4 】

状態判定部 2 7 は、電圧測定部 2 6 から入力された電圧信号の測定結果に基づいてトランスデューサ 2 1 の状態判定を行うものである。状態判定部 2 7 は、判定結果を制御部 3 に出力するように設けられている。温度検出部 2 8 は、超音波センサ 2 の環境温度を検出するものである。温度検出部 2 8 は、検出した環境温度に対応する信号を状態判定部 2 7 に出力するように設けられており、状態判定部 2 7 は、温度検出部 2 8 から入力された信号を用いてトランスデューサ 2 1 の状態判定を行う。

【 0 0 2 5 】

制御部 3 は、車載通信回線を介して超音波センサ 2 と情報通信可能に接続されており、超音波センサ 2 の送受信動作を制御するように構成されている。

【 0 0 2 6 】

制御部 3 は、いわゆるソナー E C U として設けられていて、図示しない C P U、R O M、R A M、不揮発性リライタブルメモリ、等を有する車載マイクロコンピュータを備えている。E C U は Electronic Control Unit の略である。不揮発性リライタブルメモリは、例えば、E E P R O M、フラッシュ R O M、等である。E E P R O M は Electronically Erasable and Programmable Read Only Memory の略である。

【 0 0 2 7 】

制御部 3 は、駆動信号生成部 2 4 に送信指示を出し、受信信号処理部 2 5 から入力された信号に基づいて物体検知判定を行い、判定結果に応じて回避制御や制動制御を行う。また、制御部 3 は、状態判定部 2 7 から入力されたトランスデューサ 2 1 の状態判定結果に応じた処理を行う。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、送信回路 2 2 および受信回路 2 3 における、トランスデューサ 2 1 との接続部分である二次側の部分を、トランスデューサ 2 1 の等価回路とともに示す。図 2 において、抵抗 R T は、送信回路 2 2 および受信回路 2 3 に設けられたトランスにおける二次側巻線の直流抵抗である。インダクタンス L T は、駆動信号生成部 2 4 から入力された駆動信号に応じて交流電圧信号を生成しトランスデューサ 2 1 に供給する昇圧回路のトランスにおける二次側巻線に対応するものである。かかるトランスにおける一次側巻線を含む、送信回路 2 2 および受信回路 2 3 における一次側の部分については、図示および説明を省略する。

【 0 0 2 9 】

容量 C 1、インダクタンス L 1、および抵抗 R 1 は、トランスデューサ 2 1 における機械振動を、等価回路として示したものである。容量 C 1 と、インダクタンス L 1 と、抵抗 R 1 との直列接続によって、直列共振回路 R C s が構成されている。容量 C 2 は、圧電素子の電極間距離、電極面積、圧電体誘電率、等によって規定される、圧電素子における容量成分であって、等価回路において直列共振回路 R C s と並列接続されている。

【 0 0 3 0 】

送信回路 22 および受信回路 23 に設けられたトランスにおける二次側巻線と、トランスデューサ 21 における容量 C2 と、コンデンサ C3 と、抵抗 R2 とによって、並列共振回路 R C p が構成されている。コンデンサ C3 は、並列共振回路 R C p における共振周波数の調整のために、トランスデューサ 21 と並列接続されている。抵抗 R2 は、残響時間および増幅率を調整するために、トランスデューサ 21 およびコンデンサ C3 と並列接続されている。

【0031】

このような回路において、通常、トランスデューサ 21 の端子間電圧の振幅波形には、トランスデューサ 21 の特性と、図 2 に示す回路を構成する他の要素の特性が現れる。これに対して、インダクタンス L T から出力される電力が一定または略一定となるようにトランスの一次側巻線から供給される電流や電圧を制御することにより、他の要素の特性による影響が低減され、トランスデューサ 21 の特性と相関のある波形がトランスデューサ 21 の電圧信号に現れる。

10

【0032】

電圧測定部 26 は、このように電力が制御された状態で、トランスデューサ 21 の電圧信号として、トランスデューサ 21 の端子間電圧 V を測定する。電圧測定部 26 は、例えば容量 C2 の両端電圧を端子間電圧 V として測定する。

【0033】

図 3 は、アップチャープを含む超音波信号を送信したときの端子間電圧 V の測定結果の一例である。このように、端子間電圧 V は、駆動周波数の掃引によって振幅が増減する。電圧測定部 26 は、測定した端子間電圧 V の波形から、包絡線検波等により位相と周波数情報を除外し、振幅のみを抽出して状態判定部 27 に出力する。

20

【0034】

このように振幅信号を抽出してトランスデューサ 21 の状態判定に用いる場合には、電圧測定部 26 を構成するアナログ / デジタル変換器において必要なサンプリングレートが低くなる。また、アナログ / デジタル変換後にダウンサンプリングを行うことが可能となる。したがって、安価な A S I C で処理することが可能となる。

【0035】

図 3 の一点鎖線は、端子間電圧 V の包絡線であり、抽出された振幅信号を示している。この振幅信号は、トランスデューサ 21 の状態によって変化する。

30

【0036】

トランスデューサ 21 の状態が正常であるときには、端子間電圧 V の振幅信号（以下、単に振幅信号ともいう）は、トランスデューサ 21 の駆動周波数が共振周波数に一致する時刻で極小値をとる。例えば、周波数変調範囲の中心周波数を f_c とし、振幅信号が極小値をとるときの周波数を f_{min} とし、トランスデューサ 21 の正常時の共振周波数を f_0 として、 $f_c = f_0$ となるように変調範囲を設定すると、 $f_{min} = f_c$ となる。なお、このように中心周波数 f_c を共振周波数 f_0 に合わせるときには、共振周波数 f_0 の値として、あらかじめ調べた値、または、設計値が用いられる。

【0037】

一方、トランスデューサ 21 への雪や泥の付着等によって超音波センサの検知性能低下等の異常が発生しているときには、振幅信号に極小点が存在しなくなる。または、共振周波数が設計値とは異なる値になり、振幅信号が該時刻とは異なる時刻で極小値をとる。または、振幅信号の極小値が変化する。または、トランスデューサ 21 の Q 値の変化により極小点に変化する。状態判定部 27 は、このような振幅信号の極小点に関する情報に基づいてトランスデューサ 21 の状態判定を行う。

40

【0038】

なお、トランスデューサ 21 の共振周波数、および、振幅信号の極小値は、環境温度によっても変化する。状態判定部 27 は、温度検出部 28 から入力された信号に基づいて、トランスデューサ 21 の状態判定に用いる周波数等に関する基準値を補正する。このような温度補償により、状態判定の精度が向上する。

50

【 0 0 3 9 】

物体検知装置 1 の動作について説明する。ここでは、 $f_c = f_0$ となるように周波数変調範囲を設定し、振幅信号の極小点に対応する探査波の周波数 f_{min} と、基準周波数としての変調範囲の中心周波数 f_c とを比較して、トランスデューサ 2 1 の状態を判定する場合について説明する。物体検知装置 1 は、図 4 に示す処理によってトランスデューサ 2 1 の状態を判定する。

【 0 0 4 0 】

まず、ステップ S 1 0 1 にて、物体検知装置 1 は、超音波の送受信による物体検知処理を実行する。すなわち、物体検知装置 1 は、所定の周波数変調状態を有する探査波を送信するとともに、物体からの反射波を受信して、受信信号から生成された反射波の振幅および周波数に対応する信号に基づいて、トランスデューサ 2 1 から物体 B までの距離を算出する。

10

【 0 0 4 1 】

なお、ステップ S 1 0 1 では、探査波の送信と並行して、電圧測定部 2 6 によってトランスデューサ 2 1 の端子間電圧 V が測定されるとともに、温度検出部 2 8 によって環境温度が検出される。そして、続くステップ S 1 0 2 にて、電圧測定部 2 6 は、端子間電圧 V の波形から振幅信号を抽出し、状態判定部 2 7 に出力する。

【 0 0 4 2 】

続いて、ステップ S 1 0 3 にて、状態判定部 2 7 は、電圧測定部 2 6 から入力された振幅信号に極小値があるか否かを判定する。ステップ S 1 0 3 にて極小値がないと判定されると、ステップ S 1 0 4 にて、状態判定部 2 7 は、トランスデューサ 2 1 に異常が発生していることを示す異常フラグをオンにする。この異常フラグは、トランスデューサ 2 1 の異常に対処するために用いられるものであり、状態判定部 2 7 は、異常フラグの情報を制御部 3 に出力する。なお、振幅信号に極小値がない場合、並列共振回路 R C p の故障が生じている可能性もあるので、ステップ S 1 0 4 にて、トランスデューサ 2 1、送信回路 2 2、受信回路 2 3 のいずれかに異常が発生していることを示す異常フラグをオンにしてもよい。

20

【 0 0 4 3 】

振幅信号に極小値がない場合、トランスデューサ 2 1 の共振周波数が探査波の周波数帯域からずれた可能性があるので、物体検知装置 1 は、探査波の周波数変調範囲を変更して再度探査波を送信し、共振周波数、すなわち、振幅信号の極小点に対応する周波数を探索する。

30

【 0 0 4 4 】

具体的には、続くステップ S 1 0 5 にて、状態判定部 2 7 は、駆動信号生成部 2 4 に周波数変調範囲の変更を指示する信号を送信し、駆動信号生成部 2 4 は、周波数変調範囲を変更して駆動信号を生成する。ステップ S 1 0 5 では、探査波の周波数変調範囲が拡大される。または、周波数変調範囲が高周波数側か低周波数側にシフトする。または、周波数変調範囲の拡大とシフトの両方が行われる。その後、処理はステップ S 1 0 1 に移行する。これにより、変更後の周波数変調範囲で探査波の送信が行われる。

【 0 0 4 5 】

ステップ S 1 0 3 にて極小値があると判定されると、処理はステップ S 1 0 6 に移行する。ステップ S 1 0 6 にて、状態判定部 2 7 は、振幅信号が極小値をとるときの探査波の周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が、所定の閾値未満であるか否かを判定する。周波数差が閾値未満であると判定されると、物体検知装置 1 は処理を終了する。

40

【 0 0 4 6 】

ステップ S 1 0 6 にて周波数差が閾値以上であると判定されると、ステップ S 1 0 7 にて、状態判定部 2 7 は、トランスデューサ 2 1 の異常フラグをオンにする。そして、続くステップ S 1 0 8 にて、状態判定部 2 7 は、駆動信号生成部 2 4 に $f_c = f_{min}$ となるように周波数変調範囲を変更する指示を出す。その後、処理は、ステップ S 1 0 1 に移行する。

50

【 0 0 4 7 】

このように、振幅信号の極小点に対応する探査波の周波数に基づいて、探査波の周波数変調範囲が変更される。すなわち、中心周波数 f_c と周波数 f_{min} との差が大きい場合には、トランスデューサ 2 1 に異常が発生していると判定される。そして、中心周波数 f_c の値が、周波数 f_{min} 、すなわち、トランスデューサ 2 1 の設計値とは異なる実際の共振周波数の値となるように周波数変調範囲が変更される。

【 0 0 4 8 】

以上の処理により、振幅信号に極小値があり、かつ、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が小さい状態になる。その後、物体検知装置 1 は、図 5 に示す処理を繰り返し実行してトランスデューサ 2 1 の状態を判定し、トランスデューサ 2 1 の状態に応じて駆動周波数を設定する。

10

【 0 0 4 9 】

ステップ S 2 0 1 ~ ステップ S 2 0 5 では、図 4 に示す処理のステップ S 1 0 1 ~ ステップ S 1 0 5 と同様に、探査波の送受信とトランスデューサ 2 1 の電圧測定を行い、振幅信号に極小値がない場合には、周波数変調範囲を変更して、再度探査波を送信する。そして、振幅信号に極小値がある場合には、処理はステップ S 2 0 6 に移行し、ステップ S 1 0 6 と同様に周波数差と閾値との比較が行われ、周波数差が閾値未満であると判定されると、物体検知装置 1 は処理を終了する。

【 0 0 5 0 】

ステップ S 2 0 6 にて、周波数差が閾値以上であると判定されると、処理はステップ S 2 0 7 に移行する。ステップ S 2 0 7 にて、状態判定部 2 7 は、正常時の変調範囲の中心周波数を f_{c0} として、周波数 f_{min} と正常時の中心周波数 f_{c0} との差が所定の閾値未満であるか否かを判定する。中心周波数 f_{c0} は、例えば、トランスデューサ 2 1 の正常時の共振周波数 f_0 とされる。

20

【 0 0 5 1 】

ステップ S 2 0 7 にて周波数差が閾値未満であると判定されると、ステップ S 2 0 8 にて、状態判定部 2 7 は、駆動信号生成部 2 4 に $f_c = f_{c0}$ となるように周波数変調範囲を変更する指示を出す。そして、状態判定部 2 7 は、続くステップ S 2 0 9 にてトランスデューサ 2 1 が正常であることを示す正常フラグをオンにして、処理を終了する。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 2 0 7 にて周波数差が閾値以上であると判定されると、ステップ S 2 1 0 にて、状態判定部 2 7 は、駆動信号生成部 2 4 に $f_c = f_{min}$ となるように周波数変調範囲を変更する指示を出す。そして、状態判定部 2 7 は、続くステップ S 2 1 1 にてトランスデューサ 2 1 の異常フラグをオンにして、処理を終了する。

30

【 0 0 5 3 】

以上説明したように、本実施形態では、周波数変調信号を含む探査波の送信中の端子間電圧 V の波形が、トランスデューサ 2 1 の状態によって変化することを利用し、端子間電圧 V に基づいてトランスデューサ 2 1 の状態を判定している。前述したように、送信回路 2 2 および受信回路 2 3 の特性が端子間電圧 V に与える影響は低減可能であり、これにより、トランスデューサ 2 1 の状態を高精度に判定することができる。

40

【 0 0 5 4 】

さらに、本実施形態の物体検知装置 1 は、探査波の周波数の変調範囲内に振幅信号の極小値が存在しない場合には、変調範囲を拡大またはシフトして周波数掃引を行い、振幅信号の極小点を探す。そして、振幅信号が極小値をとるときの探査波の周波数が中心周波数になるように変調範囲を変更することで、トランスデューサ 2 1 の特性変化による物体検知性能の低下を抑制することができる。

【 0 0 5 5 】

また、探査波としてチャープ信号等の時間経過とともに周波数が変化する信号を送信することで、探査波の送信と並行して端子間電圧 V を測定し、トランスデューサ 2 1 の状態を判定することができる。

50

【 0 0 5 6 】

また、線形チャープ信号を用い、あるいは、端子間電圧 V の波形から振幅信号を抽出して状態判定に用いることで、安価な車載 IC においても物体検知に必要な精度で状態判定を行うことができる。

【 0 0 5 7 】

(第 2 実施形態)

第 2 実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 実施形態に対して状態判定の基準を変更したものであり、その他については第 1 実施形態と同様であるため、第 1 実施形態と異なる部分についてのみ説明する。

【 0 0 5 8 】

本実施形態の状態判定部 27 は、送信回路 22 および受信回路 23 の周波数特性を除外するように振幅信号を変換し、該変換された振幅信号に基づいて状態判定を行う。具体的には、状態判定部 27 は、端子間電圧 V の振幅信号をトランスデューサ 21 のインピーダンスに変換し、このインピーダンスに基づいて状態判定を行う。トランスデューサ 21 のインピーダンスを Z_s とする。

【 0 0 5 9 】

本実施形態では、後述するようにインピーダンス Z_s の周波数特性を利用する。そこで、処理を容易にするために、状態判定部 27 は、探査波の周波数と端子間電圧 V の振幅との関係に基づいて状態判定を行う。具体的には、状態判定部 27 には、時間と探査波の周波数との関係を示す送信信号が入力されるようになっており、時間と端子間電圧 V との関係を示す振幅信号と、送信信号とから、周波数と振幅との関係を示す信号を生成し、この信号からインピーダンス Z_s を算出する。

【 0 0 6 0 】

物体検知装置 1 は、図 6 に示す処理を実行する。まず、ステップ S301 にて、物体検知装置 1 は、図 4 のステップ S101 と同様に、超音波の送受信と、端子間電圧 V の測定と、環境温度の検出とを実行する。そして、続くステップ S302 にて、電圧測定部 26 は、端子間電圧 V の波形から振幅信号を抽出し、状態判定部 27 に出力する。

【 0 0 6 1 】

続いて、ステップ S303 にて、状態判定部 27 は、振幅信号からインピーダンス Z_s を算出する。インピーダンス Z_s 、すなわち、直列共振回路 R C s のインピーダンスは、次式で表される。

【 0 0 6 2 】

【数 1】

$$Z_s = \frac{R_2}{\left\{ \frac{W}{V^2 + R_T \cdot W} - j\omega(C_2 + C_3) \right\} R_2 - 1}$$

この式により、並列共振回路 R C p を含む合成インピーダンスから並列共振回路 R C p の影響を除外してインピーダンス Z_s を算出することができる。そして、トランス二次側のインダクタンス L_T の出力電力 W が一定または略一定となるように、トランス一次側に供給される電流を制御することにより、端子間電圧 V からインピーダンス Z_s を求めることができる。

【 0 0 6 3 】

なお、状態判定部 27 は、環境温度に基づいて、送信回路 22 および受信回路 23 の周波数特性を除外するように、振幅信号をインピーダンス Z_s に変換する。すなわち、状態判定部 27 は、インピーダンス Z_s を算出する際に、並列共振回路 R C p の周波数特性をステップ S301 で測定した環境温度に基づいて補正する。このように補正した値を用いることで、振幅信号に含まれる容量 C_2 、コンデンサ C_3 、インダクタンス L_T の特性の

影響を除外してインピーダンス Z_s を算出することができる。このような温度補償により、状態判定の精度が向上する。

【0064】

続くステップ S304 にて、状態判定部 27 は、インピーダンス Z_s に極小値があるか否かを判定する。極小値がないと判定された場合には、ステップ S305、ステップ S306 にて、図 4 のステップ S104、S105 と同様に、トランスデューサ 21 の異常フラグがオンされ、探査波の周波数変調範囲が変更され、処理はステップ S301 に移行する。

【0065】

極小値があると判定された場合には、ステップ S307 ~ S309 にて、図 4 のステップ S106 ~ S108 と同様の処理が実行される。すなわち、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が閾値以上の場合には、トランスデューサ 21 の異常フラグがオンされ、 $f_c = f_{min}$ となるように周波数変調範囲が変更されて、処理はステップ S301 に移行する。そして、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が閾値未満になると、物体検知装置 1 は処理を終了する。

【0066】

なお、本実施形態では、インピーダンス Z_s が極小値をとるときの周波数を f_{min} とする。この周波数 f_{min} は、トランスデューサ 21 の実際の共振周波数であり、トランスデューサ 21 の状態が正常のとき $f_{min} = f_0$ となり、トランスデューサ 21 に異常が発生しているとき $f_{min} \neq f_0$ となる。

【0067】

このように、インピーダンス Z_s に極小値がない場合には、トランスデューサ 21 に異常が発生していると判定され、周波数変調範囲を変更して周波数 f_{min} が探索される。また、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が大きい場合にも、トランスデューサ 21 に異常が発生していると判定される。そして、中心周波数 f_c の値が、周波数 f_{min} 、すなわち、トランスデューサ 21 の設計値とは異なる実際の共振周波数の値となるように周波数変調範囲が変更される。

【0068】

以上の処理により、インピーダンス Z_s に極小値があり、かつ、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が小さい状態になる。その後、物体検知装置 1 は、第 1 実施形態と同様に、トランスデューサ 21 の状態を判定し、トランスデューサ 21 の状態に応じて駆動周波数を設定する処理を繰り返す。

【0069】

ただし、本実施形態では、図 5 のステップ S203 に対応するステップの前に、ステップ S301 ~ S303 と同様に探査波の送受信、振幅信号の抽出、インピーダンス Z_s の算出が行われる。そして、ステップ S203 に対応するステップでは、ステップ S304 と同様に、インピーダンス Z_s に極小値があるか否かが判定される。

【0070】

極小値がないと判定されると、ステップ S305、S306 と同様の処理が行われ、極小値があると判定されると、ステップ S307 と同様に、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との比較が行われる。周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が閾値未満であると判定されると、物体検知装置 1 は処理を終了する。

【0071】

周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が閾値以上であると判定されると、図 5 のステップ S207 と同様に、周波数 f_{min} と正常時の中心周波数 f_{c0} との比較が行われる。周波数差が閾値未満であると判定されると、 $f_c = f_{c0}$ とされ、トランスデューサ 21 の正常フラグがオンされ、物体検知装置 1 は処理を終了する。周波数差が閾値以上であると判定されると、 $f_c = f_{min}$ とされ、トランスデューサ 21 の異常フラグがオンされ、物体検知装置 1 は処理を終了する。

【0072】

10

20

30

40

50

トランスデューサ 2 1 に雪や泥等が付着すると、インピーダンス Z_s の周波数特性が変化し、周波数 f_{min} と中心周波数 f_c との差が大きくなるため、インピーダンス Z_s に基づいて状態判定を行うことができる。このようにしてトランスデューサ 2 1 の状態判定を行う本実施形態においても、第 1 実施形態と同様の効果が得られる。

【0073】

(他の実施形態)

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した範囲内において適宜変更が可能である。また、上記各実施形態において、実施形態を構成する要素は、特に必須であると明示した場合および原理的に明らかに必須であると考えられる場合等を除き、必ずしも必須のものではないことは言うまでもない。

10

【0074】

例えば、上記第 1 実施形態では、周波数 f_{min} と、基準周波数としての中心周波数 f_c 、 f_{c0} との比較に基づいてトランスデューサ 2 1 の状態を判定したが、振幅信号の極小値と所定の基準振幅との比較に基づいて状態判定を行ってもよい。この場合にも、環境温度に基づいて基準振幅を補正することにより、状態判定精度が向上する。また、周波数の比較と振幅の比較との両方に基づいて状態判定を行ってもよい。また、振幅信号の極小点付近の波形形状に基づいて状態判定を行ってもよい。

【0075】

また、上記第 1 実施形態では、図 2 に示す回路でインダクタンス L_T の出力電力を一定または略一定としたが、他の方法によって、トランスデューサ 2 1 の特性と関連のある波形がトランスデューサ 2 1 の電圧信号に現れるようにしてもよい。

20

【0076】

また、上記実施形態では、トランスデューサ 2 1 への雪の付着等の異常を検知することができるが、トランスデューサ 2 1 の他の状態を検知してもよい。また、物体検知装置 1 は、車載すなわち車両に搭載されるものに限定されない。すなわち、例えば、物体検知装置 1 は、船舶あるいは飛行体にも搭載され得る。

【符号の説明】

【0077】

- 2 1 トランスデューサ
- 2 2 送信回路
- 2 3 受信回路
- 2 4 駆動信号生成部
- 2 6 電圧測定部
- 2 7 状態判定部

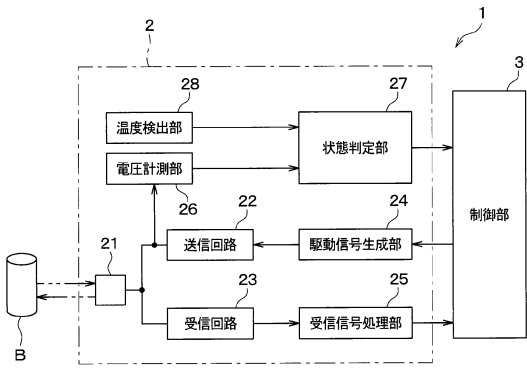
30

40

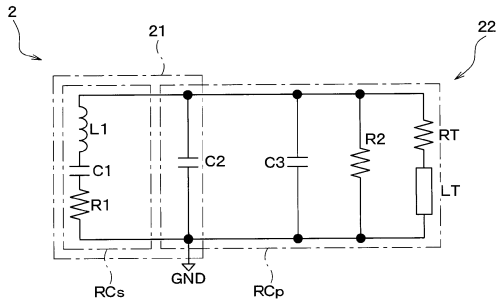
50

【図面】

【図 1】

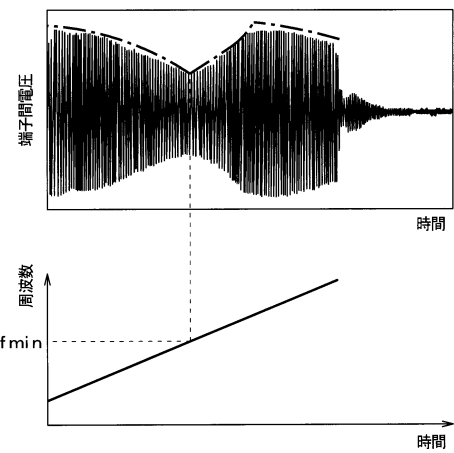


【図 2】

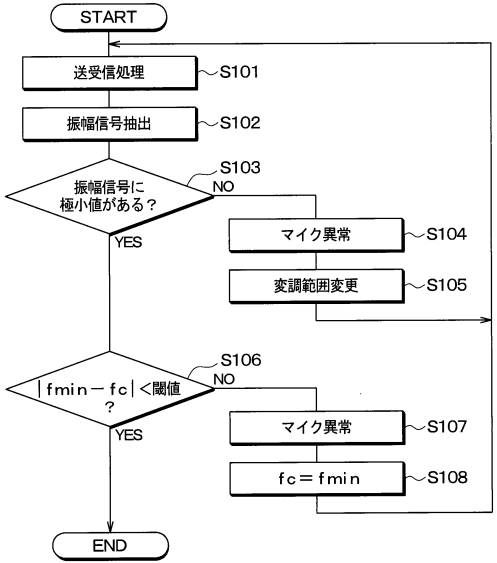


10

【図 3】



【図 4】



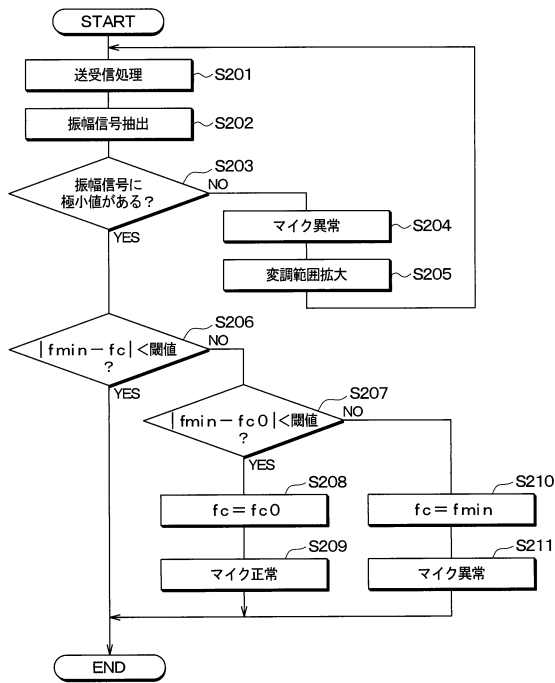
20

30

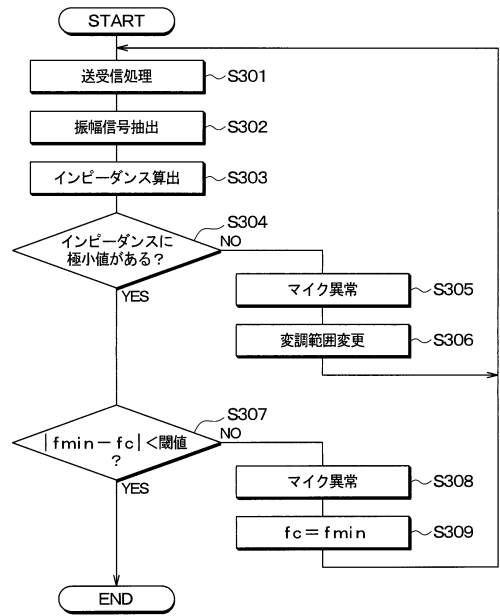
40

50

【図 5】



【図 6】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 青山 哲也

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会社デンソー内

審査官 高 場 正光

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 9 / 0 0 7 9 1 7 3 (U S , A 1)

特開昭 5 6 - 0 7 5 6 8 6 (J P , A)

特開平 4 - 2 9 1 1 8 8 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 8 / 1 3 9 1 9 2 (W O , A 1)

特表 2 0 2 0 - 5 0 9 3 7 8 (J P , A)

特開 2 0 1 0 - 2 2 0 4 6 6 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 1 S 7 / 5 2 - G 0 1 S 7 / 6 4

G 0 1 S 1 5 / 0 0 - G 0 1 S 1 5 / 9 6

H 0 4 R 1 / 0 0 - H 0 4 R 3 1 / 0 0