

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-122860

(P2011-122860A)

(43) 公開日 平成23年6月23日(2011.6.23)

(51) Int.Cl.
G01R 19/00 (2006.01)

F I
G01R 19/00 A

テーマコード(参考)
2G035

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2009-279013 (P2009-279013)
(22) 出願日 平成21年12月9日 (2009.12.9)

(71) 出願人 000227180
日置電機株式会社
長野県上田市小泉81番地
(74) 代理人 100104787
弁理士 酒井 伸司
(72) 発明者 柳沢 浩一
長野県上田市小泉81番地 日置電機株式
会社内
Fターム(参考) 2G035 AB07 AC08 AD13 AD20 AD23
AD59

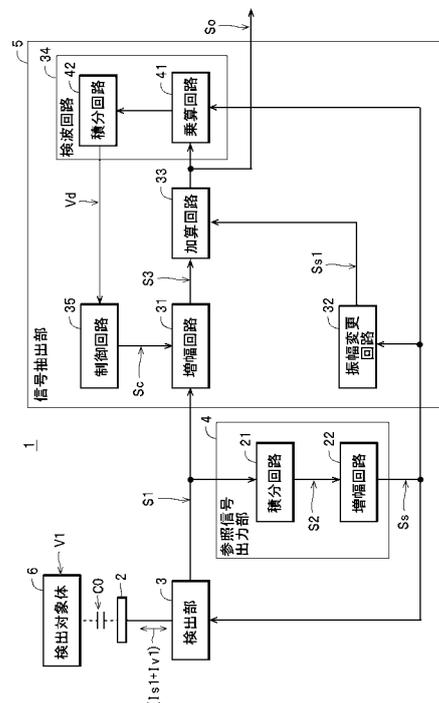
(54) 【発明の名称】 電圧検出装置

(57) 【要約】

【課題】 検出電極と検出対象体との間の静電容量を算出せずに、検出対象体の検出対象交流電圧を精度よく検出する。

【解決手段】 検出対象体6と容量結合する検出電極2と、参照信号 S_s を出力する参照信号出力部4と、検出電極2に接続されると共に参照信号 S_s を入力して、交流電圧 V_1 に基づいて流れる検出対象電流 I_v および参照信号 S_s に基づいて流れる参照電流 I_{s1} の両電流値に応じて振幅が変化する検出信号 S_1 を出力する検出部3と、検出信号 S_1 を所定の利得で増幅して増幅検出信号 S_3 を生成しつつ、参照信号 S_s と増幅検出信号 S_3 を加算によって参照信号 S_s と増幅検出信号に含まれている参照信号 S_s の信号成分とを相殺可能に利得を制御すると共に、交流電圧 V_1 の信号成分を増幅検出信号 S_3 から抽出して出力信号 S_o として出力する信号抽出部5とを備え、参照信号出力部4は、検出信号 S_1 を積分して参照信号 S_s を出力する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

検出対象体に生じている検出対象交流電圧を検出する電圧検出装置であって、
前記検出対象体に対向して配設されて当該検出対象体と容量結合する検出電極と、
参照信号を出力する参照信号出力部と、
前記検出電極に接続されると共に前記参照信号を入力して、前記検出対象交流電圧に基づいて流れる検出対象電流および前記参照信号に基づいて流れる参照電流の両電流値に応じて振幅が変化する検出信号を出力する検出部と、
前記検出信号を所定の利得で増幅して増幅検出信号を生成しつつ、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号と当該増幅検出信号との加算または減算によって当該参照信号と当該増幅検出信号に含まれている前記参照信号の信号成分とを相殺可能に前記利得を制御すると共に、前記検出対象交流電圧の信号成分を当該増幅検出信号から抽出して出力信号として出力する信号抽出部とを備え、
前記参照信号出力部は、前記検出信号を積分または微分して前記参照信号を出力する電圧検出装置。

10

【請求項 2】

前記信号抽出部は、前記検出信号を前記利得で増幅して前記増幅検出信号を生成する増幅回路と、当該増幅検出信号と前記参照信号とを加算または減算して前記出力信号として出力する演算回路と、当該出力信号に含まれている前記参照信号の信号成分の振幅を示す検波信号を前記参照信号出力部から出力される前記参照信号を用いた同期検波によって検出する検波回路と、前記増幅回路の前記利得を前記検波信号に基づいて制御する制御回路とを備えている請求項 1 記載の電圧検出装置。

20

【請求項 3】

前記参照信号出力部は、前記検出信号を積分して前記参照信号を出力し、
前記検波回路は、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号に基づいて同期信号を生成すると共に、当該同期信号を用いた同期検波によって前記検波信号を検出する請求項 2 記載の電圧検出装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、検出対象体の検出対象交流電圧を非接触で検出する非接触型の電圧検出装置に関するものである。

30

【背景技術】**【0002】**

この種の電圧検出装置として、下記の特許文献 1 に開示された非接触電圧計測装置（以下、「電圧検出装置」ともいう）が知られている。この電圧検出装置は、電線の絶縁物についての一部の表面を覆うことが可能な検出電極および検出電極を覆うシールド電極を備えた検出プローブと、所定の周波数の信号を出力する発振器とを備え、発振器の信号を検出電極に加えることによって、検出電極と電線の導体との間のインピーダンスを計測し、導体に印加された電圧に起因して検出電極から流出する電流を検出用抵抗器（抵抗値： R ）を用いて計測し、電流とインピーダンスとから導体に印加された電圧を計測することが可能となっている。

40

【0003】

具体的には、この電圧検出装置では、まず、検出プローブを開き、発振器からの信号を検出用抵抗器を介して検出電極に印加している状態において、シールド電極と接地との間の静電容量（以下、説明のため第 1 静電容量という）の計測を行う。この計測によって得られる第 1 静電容量は、検出用抵抗器の抵抗値が第 1 静電容量についてのリアクタンスに比べて無視できる程度に小さいため、発振器から出力される信号電圧、検出用抵抗器の抵抗値、発振器から出力される信号の角周波数、および検出用抵抗の両端電圧から算出される。

50

【0004】

次いで、電線を挟んで検出プローブを閉じ、発振器からの信号を検出用抵抗器を介して検出電極に印加している状態での静電容量（以下、説明のため第2静電容量という）の計測を行う。これによって計測される第2静電容量は、上記した第1静電容量と、検出電極および電線間の静電容量（以下、説明のため第3静電容量という）との合成容量となり、検出用抵抗器の抵抗値がこの合成容量についてのリアクタンスに比べて無視できる程度に小さいため、発振器から出力される信号電圧、検出用抵抗器の抵抗値、発振器から出力される信号の角周波数、および検出用抵抗の両端電圧から算出される。また、算出された第2静電容量から上記した第1静電容量を減算することにより、第3静電容量、つまり検出電極と電線の導体との間の静電容量が算出される。

10

【0005】

続いて、電線を挟んで検出プローブを閉じ、発振器からの信号を検出用抵抗器を介して検出電極に印加している状態での、導体に印加された電圧に起因する検出用抵抗器の両端電圧を求める。導体の側から見た検出用抵抗器を経由する回路のインピーダンスは、検出用抵抗器の抵抗値と第3静電容量のリアクタンスとの加算値となるが、検出用抵抗器の抵抗値が第3静電容量についてのリアクタンスに比べて無視できる程度に小さいため、第3静電容量についてのリアクタンスとなる。これにより、検出用抵抗器に流れる電流は、導体に印加された電圧をこのリアクタンスで除算した値となるため、検出用抵抗器の両端電圧は、検出用抵抗器に流れる電流に検出用抵抗器の抵抗値を乗算した値となる。この場合、この検出用抵抗器の両端電圧は、導体に印加された電圧の角周波数、検出電極と電線との間の第3静電容量、導体に印加されている電圧、および検出用抵抗器の抵抗値の各パラメータで表される。したがって、電圧検出装置では、導体に印加されている電圧を、検出用抵抗器の両端電圧、導体に印加された電圧の角周波数、検出電極と電線との間の第3静電容量、および検出用抵抗器の抵抗値から算出して、表示部に表示させる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3158063号公報（第4 - 6頁、第3図）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0007】

ところが、上記の電圧検出装置には、以下のような問題点がある。すなわち、この電圧検出装置では、シールド電極と接地との間の静電容量（上記の第1静電容量）、および検出電極と電線の導体との間の静電容量（上記の第3静電容量）を個別に算出しなければならないため、導体に印加されている電圧の検出作業に手間や時間がかかるという問題点が存在している。また、発振器から出力される信号の検出に際してバンドパスフィルタを使用しているが、発振器から出力される信号以外の信号であっても同じ周波数の信号については検出されるため、ノイズの多い環境においては発振器から出力される信号のみを正確に検出できない結果、導体に印加されている電圧について検出誤差が生じ易いという問題点も存在している。

40

【0008】

本発明は、上記の問題を解決すべくなされたものであり、検出電極と検出対象体（上記の例では電線の導体）との間の静電容量を算出することなく、検出対象体の電圧を精度よく検出し得る非接触型の電圧検出装置を提供することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成すべく請求項1記載の電圧検出装置は、検出対象体に生じている検出対象交流電圧を検出する電圧検出装置であって、前記検出対象体に対向して配設されて当該検出対象体と容量結合する検出電極と、参照信号を出力する参照信号出力部と、前記検出電極に接続されると共に前記参照信号を入力して、前記検出対象交流電圧に基づいて流れ

50

る検出対象電流および前記参照信号に基づいて流れる参照電流の両電流値に応じて振幅が変化する検出信号を出力する検出部と、前記検出信号を所定の利得で増幅して増幅検出信号を生成しつつ、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号と当該増幅検出信号との加算または減算によって当該参照信号と当該増幅検出信号に含まれている前記参照信号の信号成分とを相殺可能に前記利得を制御すると共に、前記検出対象交流電圧の信号成分を当該増幅検出信号から抽出して出力信号として出力する信号抽出部とを備え、前記参照信号出力部は、前記検出信号を積分または微分して前記参照信号を出力する。

【0010】

また、請求項2記載の電圧検出装置は、請求項1記載の電圧検出装置において、前記信号抽出部は、前記検出信号を前記利得で増幅して前記増幅検出信号を生成する増幅回路と、当該増幅検出信号と前記参照信号とを加算または減算して前記出力信号として出力する演算回路と、当該出力信号に含まれている前記参照信号の信号成分の振幅を示す検波信号を前記参照信号出力部から出力される前記参照信号を用いた同期検波によって検出する検波回路と、前記増幅回路の前記利得を前記検波信号に基づいて制御する制御回路とを備えている。

10

【0011】

また、請求項3記載の電圧検出装置は、請求項2記載の電圧検出装置において、前記参照信号出力部は、前記検出信号を積分して前記参照信号を出力し、前記検波回路は、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号に基づいて同期信号を生成すると共に、当該同期信号を用いた同期検波によって前記検波信号を検出する。

20

【発明の効果】

【0012】

請求項1記載の電圧検出装置によれば、検出対象体と検出電極との間の結合容量が未知の場合であっても、検出対象交流電圧についての感度が一定の感度になるように制御されるため、つまり、出力信号に含まれている検出対象交流電圧の信号成分の振幅が検出対象交流電圧の振幅に対応した大きさとなるように制御されるため、出力信号に含まれているこの電圧成分を検出することにより、結合容量の算出を行うことなく、検出対象交流電圧を非接触で検出することができる。また、この電圧検出装置では、参照信号出力部が検出信号を積分または微分して生成した信号を参照信号として使用する構成としたことにより、参照信号の周波数が検出対象交流電圧の周波数に常に一致する。このため、この電圧検出装置によれば、検出対象交流電圧の周波数と異なる周波数の信号を電圧検出装置内部で発生させて参照信号として使用する構成とは異なり、ノイズの多い環境下においても、増幅検出信号と参照信号との加算によって増幅検出信号に含まれている参照信号の信号成分を除去する際におけるノイズ（検出対象交流電圧の周波数と異なる周波数の信号）の影響を大幅に低減することができる。したがって、この電圧検出装置によれば、ノイズの多い環境下においても、ノイズによる影響を低減しつつ出力信号を検出することができるため、検出対象交流電圧の検出誤差についても低減することができる結果、検出対象交流電圧の検出精度を十分に向上させることができる。

30

【0013】

また、請求項2記載の電圧検出装置によれば、同期検波によって参照信号の信号成分を正確に検出することができるため、増幅検出信号に含まれている参照信号の信号成分を高い精度で相殺でき、これによって出力信号に含まれる参照信号の信号成分を大幅に低減することができる結果、検出対象交流電圧の検出精度を一層向上させることができる。

40

【0014】

また、請求項3記載の電圧検出装置によれば、高周波成分の非常に少ない積分信号としての参照信号を使用して同期信号を生成し、この同期信号によって同期検波を実行しているため、例えば、ゼロクロス検出を行って同期信号を生成する場合においてはゼロクロス検出時のエラー（ゼロクロス点を正確に検出できないというエラー）の発生を低減でき、ひいては検出対象交流電圧の検出精度を一層向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 電圧検出装置 1 の構成図である。

【 図 2 】 図 1 における検出部 3 の回路図である。

【 図 3 】 電圧検出装置 1 A の構成図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 6 】

以下、添付図面を参照して、電圧検出装置の実施の形態について説明する。

【 0 0 1 7 】

最初に、電圧検出装置 1 について、図面を参照して説明する。

【 0 0 1 8 】

電圧検出装置 1 は、非接触型の電圧検出装置であって、図 1 に示すように、検出電極 2、検出部 3、参照信号出力部 4 および信号抽出部 5 を備え、検出対象体 6 に生じている交流電圧 V_1 (検出対象交流電圧) を非接触で検出可能に構成されている。検出電極 2 は、一例として平板状に形成されて、交流電圧 V_1 の検出に際しては、図 1 に示すように、検出対象体 6 と容量結合 (静電容量 C_0 を介して結合) する。

【 0 0 1 9 】

検出部 3 は、検出電極 2 に接続されると共に、参照信号出力部 4 から参照信号 S_s を入力して (参照信号 S_s が印加されて)、交流電圧 V_1 に基づいて流れる検出対象電流 (交流電圧 V_1 に起因した電流信号成分) I_{v1} 、および参照信号 S_s に基づいて流れる参照電流 (参照信号 S_s に起因した電流信号成分) I_{s1} の両電流値に応じて振幅が変化する検出信号 S_1 を出力する。

【 0 0 2 0 】

本例では、検出部 3 は、一例として図 2 に示すように、検出抵抗 11 および差動増幅部 12 を備えている。検出抵抗 11 は、一端が検出電極 2 に接続されると共に、他端が参照信号出力部 4 に接続されている。差動増幅部 12 は、一例として 3 つの演算増幅器 $AP_1 \sim AP_3$ 、および 7 つの抵抗 $R_1 \sim R_7$ を備えた公知のインストルメンテーションアンプで構成されている。この差動増幅部 12 では、各抵抗 $R_1 \sim R_7$ のうちの対称の位置にある抵抗同士はバランスが取られている (つまり、 R_2 と R_3 、 R_4 と R_5 、および R_6 と R_7 が、それぞれ同一の抵抗値に規定されている) もとする。また、差動増幅部 12 では、差動増幅部 12 における 1 つの入力端子として機能する演算増幅器 AP_1 の非反転入力端子が検出抵抗 11 の一端に接続され、差動増幅部 12 における他の 1 つの入力端子として機能する演算増幅器 AP_2 の非反転入力端子が検出抵抗 11 の他端に接続されている。この差動増幅部 12 では、各入力端子に入力される電圧を V_{in1} 、 V_{in2} としたときに、検出信号 S_1 は以下の式で表される。

$$S_1 = (V_{in2} - V_{in1}) \times (1 + 2 \times R_2 / R_1) \times R_6 / R_4$$

【 0 0 2 1 】

この場合、上記の S_1 の式における $(V_{in2} - V_{in1})$ は、検出対象電流 I_{v1} および参照電流 I_{s1} が検出抵抗 11 に流れることによって検出抵抗 11 の両端間に発生する電圧を表している。したがって、検出部 3 は、上記したように、検出対象電流 I_{v1} および参照電流 I_{s1} の両電流値に応じて振幅が変化する検出信号 S_1 を出力する。また、交流電圧 V_1 が検出抵抗 11 の一端側に印加されるのに対して、参照信号 S_s は検出抵抗 11 の他端に印加される。このため、検出信号 S_1 に含まれている参照信号 S_s の信号成分は、検出抵抗 11 の一端側に印加される参照信号 S_s を基準として、位相が 180° ずれた状態となっている。

【 0 0 2 2 】

参照信号出力部 4 は、図 1 に示すように、一例として、積分回路 21 および増幅回路 22 を備え、検出信号 S_1 に基づいて参照信号 S_s を生成して出力する。積分回路 21 は、検出信号 S_1 を入力すると共に積分して、積分信号 S_2 として出力する。増幅回路 22 は、積分信号 S_2 を入力すると共に、予め決められた増幅率 (1 未満の増幅率) で増幅して参照信号 S_s として低インピーダンスで出力する。この構成により、参照信号出力部 4 は

10

20

30

40

50

、積分によって位相が検出信号 S 1 の位相に対して 90° ずれた (遅れた) 参照信号 S s を出力する。

【0023】

信号抽出部 5 は、一例として、増幅回路 3 1、振幅変更回路 3 2、加算回路 3 3、検波回路 3 4 および制御回路 3 5 を備え、検出信号 S 1 を所定の利得で増幅して増幅検出信号 S 3 を生成し、増幅検出信号 S 3 に含まれている参照信号 S s の信号成分と参照信号 S s (具体的には、後述するように、参照信号 S s の振幅が変更されてなる参照信号 S s 1) とを、増幅検出信号 S 3 と参照信号 S s 1 との加算によって相殺可能に増幅検出信号 S 3 を増幅する際の利得を制御すると共に、交流電圧 V 1 の信号成分を増幅検出信号 S 3 から抽出 (生成) して出力信号 S o として出力する。この場合、増幅検出信号 S 3 に含まれている参照信号 S s の信号成分とは、参照信号 S s の検出部 3 への出力 (印加) に基づいて検出信号 S 1 に含まれる信号成分を意味する。

10

【0024】

増幅回路 3 1 は、検出信号 S 1 を入力すると共に、制御回路 3 5 から出力される制御信号 (具体的には制御電圧) S c のレベル (直流電圧レベル) によって規定される増幅率 (利得は 1 以上でも 1 未満でもよい) で検出信号 S 1 を増幅して、増幅検出信号 S 3 を生成して出力する。振幅変更回路 3 2 は、例えば、アンプやアッテネータで構成されて、参照信号 S s を入力すると共に、参照信号 S s の振幅を予め規定された割合で変更して (減少または増加させて)、加算回路 3 3 で使用される新たな参照信号 S s 1 として出力する。

【0025】

加算回路 3 3 は、演算回路の一例であって、増幅検出信号 S 3 および参照信号 S s 1 を入力すると共に両信号 S 3, S s 1 を加算して、加算によって得られた加算信号を出力信号 S o として出力する。この場合、上記したように、検出信号 S 1 は、交流電圧 V 1 に起因した信号成分と参照信号 S s に起因した信号成分とで構成され、この検出信号 S 1 を増幅して生成された増幅検出信号 S 3 も、交流電圧 V 1 に起因した信号成分と参照信号 S s に起因した信号成分とで構成されている。

20

【0026】

また、上記したように、検出信号 S 1 に含まれている参照信号 S s の信号成分は、参照信号出力部 4 から出力されて検出抵抗 1 1 の一端側に印加される参照信号 S s を基準として (参照信号 S s 1 を基準としても同様にして)、位相が 180° ずれた状態となる。このため、加算回路 3 3 が、両信号 S 3, S s 1 の加算処理を実行することにより、増幅検出信号 S 3 を構成する参照信号 S s の信号成分は、振幅が参照信号 S s 1 の振幅と同一のときには完全にキャンセルされて (打ち消されて) 除去される。一方、この参照信号 S s の信号成分は、振幅が参照信号 S s 1 の振幅と相違するときには出力信号 S o に残存する。また、この残存する参照信号 S s の信号成分は、増幅検出信号 S 3 を構成する参照信号 S s の信号成分についての振幅が参照信号 S s 1 の振幅よりも大きいときには参照信号 S s と逆位相となり、増幅検出信号 S 3 を構成する参照信号 S s の信号成分についての振幅が参照信号 S s 1 の振幅以下のときには参照信号 S s と同位相となる。一方、参照信号 S s は上記したように検出信号 S 1 に対して位相が 90° ずれているため、検出信号 S 1 に含まれている参照信号 S s の信号成分は、検出信号 S 1 に対して位相が 90° または -90° ずれた状態となる。したがって、検出信号 S 1 に含まれている交流電圧 V 1 の信号成分は、加算回路 3 3 での両信号 S 3, S s 1 の加算処理によっては影響を受けることなく、そのまま出力信号 S o に含まれた状態で加算回路 3 3 から出力される。

30

40

【0027】

検波回路 3 4 は、一例として、図 1 に示すように、乗算回路 4 1 および積分回路 4 2 を備えている。乗算回路 4 1 は、出力信号 S o および参照信号 S s を入力すると共に、両信号 S o, S s を乗算することにより、出力信号 S o に含まれている参照信号 S s の信号成分 (参照信号 S s と周波数が一致し、かつ位相が同一 (一致) または反転する (180° ずれた) 信号成分) を同期検出して出力する。積分回路 4 2 は、乗算回路 4 1 で検出された参照信号 S s の信号成分を積分することにより、検波信号 V d を生成して出力する。

50

【 0 0 2 8 】

具体的には、検波回路 3 4 は、出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s の信号成分（具体的には、参照信号 S_s と同一周波数の信号成分）の振幅の増減に応じて電圧の絶対値が増減し、かつ出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s の信号成分についての位相が参照信号 S_s の位相と一致しているとき（同位相のとき）と 180° ずれているとき（逆位相のとき）とで極性の異なる検波信号 V_d を生成して出力する。本例では、一例として、検波回路 3 4 は、出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s の信号成分と参照信号 S_s とが同位相のときには正極性（正電圧）となり、逆位相のときには負極性（負電圧）となる検波信号 V_d を生成して出力する。

【 0 0 2 9 】

制御回路 3 5 は、入力した検波信号 V_d の極性に基づいて電圧が増減する制御信号 S_c を生成して、増幅回路 3 1 に出力する。本例では、一例として、制御回路 3 5 は、入力した検波信号 V_d が正極性のときには、制御信号 S_c の電圧レベルを増加させ、一方、入力した検波信号 V_d が負極性のときには、制御信号 S_c の電圧レベルを減少させる。

【 0 0 3 0 】

以上の構成により、信号抽出部 5 では、増幅回路 3 1 の利得（増幅率）に対するフィードバック制御が検波回路 3 4 および制御回路 3 5 によって行われて、制御回路 3 5 が、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分の振幅が一定となるように（本例では加算回路 3 3 に入力される参照信号 $S_s 1$ の振幅と同じ振幅となるように）、増幅回路 3 1 の増幅率を検波信号 V_d に基づいて制御する。これにより、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分の振幅が、加算回路 3 3 に入力される参照信号 $S_s 1$ の振幅に一致させられる。したがって、加算回路 3 3 は、増幅検出信号 S_3 および参照信号 $S_s 1$ の加算処理を実行して、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号成分を参照信号 $S_s 1$ で相殺（キャンセル）させて、検出対象体 6 の交流電圧 V_1 に起因した検出対象電流 $I_v 1$ に基づく電圧成分（交流電圧 V_1 と同一周波数の信号成分）で構成される出力信号 S_o を生成して出力する。

【 0 0 3 1 】

この場合、検出対象体 6 と検出電極 2 との間に形成される静電容量 C_0 の大きさに応じて、参照電流 $I_s 1$ および検出対象電流 $I_v 1$ が同じ割合で変動し、検出信号 S_1 に含まれる参照電圧成分（参照信号 S_s に起因した信号成分）および検出対象電圧成分（交流電圧 V_1 に起因した信号成分）も同じ割合で変動する。したがって、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分および交流電圧 V_1 の信号成分についても、両成分は同じ割合で変動する。この場合、信号抽出部 5 では、上記したフィードバック制御により、増幅検出信号 S_3 は、この信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分についての振幅が参照信号 $S_s 1$ の振幅と一致するように増幅回路 3 1 によって生成される。このため、本例の構成の電圧検出装置 1 では、出力信号 S_o に含まれている検出対象電流 $I_v 1$ に基づく電圧成分は、静電容量 C_0 の大きさに拘わらず、その振幅が検出対象体 6 に発生している交流電圧 V_1 の振幅に対応した大きさとなり、理論的には、その振幅が検出対象体 6 に発生している交流電圧 V_1 の振幅と一致した状態となる。

【 0 0 3 2 】

次いで、電圧検出装置 1 による検出対象体 6 の交流電圧 V_1 に対する検出動作について説明する。

【 0 0 3 3 】

まず、検出電極 2 を検出対象体 6 と非接触の状態、かつ検出対象体 6 に対向するように配置する。これにより、図 1 に示すように、検出電極 2 と検出対象体 6 との間に静電容量 C_0 が形成された状態となる。この場合、静電容量 C_0 の容量値は、検出電極 2 と検出対象体 6 の距離に反比例して変化するが、検出電極 2 を一旦配設した後は、温度などの環境が一定の条件下においては一定の（変動しない）値となる。この場合、静電容量 C_0 の容量値は一般的に極めて小さい値（例えば数 pF ~ 数十 pF 程度）となる。

【 0 0 3 4 】

また、検出電極 2 と検出対象体 6 とが静電容量 C_0 を介して交流的に接続されることにより、検出対象体 6、検出電極 2 および検出部 3 を含む経路に、参照信号 S_s に起因した参照電流 I_{s1} と、交流電圧 V_1 に起因した検出対象電流 I_{v1} とが流れ、検出部 3 は、参照電流 I_{s1} および検出対象電流 I_{v1} の合成電流を検出して、検出信号 S_1 を出力する。

【0035】

また、参照信号出力部 4 は、検出信号 S_1 を入力すると共に積分して、積分信号 S_2 を生成し、生成した積分信号 S_2 を増幅回路 2 2 において 1 未満の増幅率で増幅して参照信号 S_s として出力する。参照信号出力部 4 は、この参照信号 S_s を、検出部 3 に印加すると共に、振幅変更回路 3 2 および検波回路 3 4 に出力する。このようにして、参照信号出力部 4 が検出信号 S_1 を積分して検出部 3 に印加することにより、上記したように、検出信号 S_1 には、交流電圧 V_1 の信号成分と共に、参照信号 S_s の信号成分が含まれることになる。

10

【0036】

この関係をラプラス変換を用いて説明すると、交流電圧 V_1 を関数 $x(t)$ で表し、この関数 $x(t)$ のラプラス変換を $X(s)$ で表すとすると、積分回路 2 1 を含む参照信号出力部 4 から出力される最初の参照信号 S_s のラプラス変換は $X(s)/s$ で表される。また、この参照信号 S_s は 1 未満の増幅率（一例として、増幅率を「 α 」で表す）で増幅されて検出部 3 に印加され、さらに、この印加によって検出信号 S_1 に含まれている参照信号 S_s の信号成分は、検出部 3 に印加される参照信号 S_s に対して位相が 180° ずれた状態となる。参照信号出力部 4 は、検出信号 S_1 を積分して参照信号 S_s として検出部 3 に印加する動作を繰り返し実行する。このため、検出信号 S_1 をラプラス変換したものは、下記式で表される。

20

$$X(s) - \alpha X(s)/s + \alpha^2 X(s)/s^2 - \alpha^3 X(s)/s^3 + \dots$$

ここで、上記したように α は 1 未満の数値であることから、 α に対して、それらの複数回の乗算値 ($\alpha^2, \alpha^3, \dots$) はいずれも小さい値となるため、上記式を構成する各項のうちのこれらを係数に持つ項は無視できるとすると、上記式は、一例として第 1 項および第 2 項のみで簡略化できる。

したがって、検出信号 S_1 は、式 $(X(s) - \alpha X(s)/s)$ で表され、参照信号 S_s は、式 $(\alpha X(s)/s)$ で表される。

30

【0037】

信号抽出部 5 では、増幅回路 3 1 が、検出信号 S_1 を入力すると共に、制御回路 3 5 から出力される制御信号 S_c の電圧レベルで規定される増幅率 β で検出信号 S_1 を増幅して、増幅検出信号 S_3 として出力する。この場合、増幅検出信号 S_3 は、式 $(\beta X(s) - \alpha \times \alpha X(s)/s)$ で表される。また、振幅変更回路 3 2 が、参照信号 S_s を入力すると共にその振幅を変更して参照信号 S_{s1} として出力する。この場合、振幅変更回路 3 2 での増幅率を γ とすると、参照信号 S_{s1} は、式 $(\gamma \times \alpha X(s)/s)$ で表される。

【0038】

次いで、加算回路 3 3 が、増幅検出信号 S_3 および参照信号 S_{s1} を入力すると共に、両信号 S_3, S_{s1} を互いに加算する加算処理を実行して、出力信号 S_o として出力する。この場合、増幅検出信号 S_3 が、式 $(\beta X(s) - \alpha \times \alpha X(s)/s)$ で表され、また参照信号 S_{s1} が、式 $(\gamma \times \alpha X(s)/s)$ で表されるため、上記したように、増幅回路 3 1 の利得（増幅率）に対するフィードバック制御が検波回路 3 4 および制御回路 3 5 によって行われて、増幅回路 3 1 からの増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分 $(\alpha \times \alpha X(s)/s)$ の振幅が参照信号 S_{s1} $(\gamma \times \alpha X(s)/s)$ の振幅に一致させられる。このため、加算回路 3 3 での加算処理により、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分 $(\alpha \times \alpha X(s)/s)$ が参照信号 S_{s1} で相殺（キャンセル）されて、つまり、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分が除去されて、検出対象体 6 の交流電圧 V_1 に起因した検出対象電流 I_{v1} に基づく電圧

40

50

成分 ($\times X(s)$) で構成される出力信号 S_o が出力される。

【0039】

この電圧検出装置 1 では、検出部 3 が、交流電圧 V_1 に基づいて流れる検出対象電流 (交流電圧 V_1 に起因した電流信号成分) I_{v1} 、および参照信号 S_s に基づいて流れる参照電流 (参照信号 S_s に起因した電流信号成分) I_{s1} の両電流値に応じて振幅が変化する検出信号 S_1 を検出して出力する。この場合、参照信号出力部 4 は、検出信号 S_1 を積分して参照信号 S_s を生成して、検出部 3 に印加する。また、信号抽出部 5 では、検出信号 S_1 を入力して増幅検出信号 S_3 として出力し、増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の振幅が参照信号出力部 4 から出力される参照信号 S_s (具体的には、振幅変更回路 32 によって参照信号 S_s の振幅が変更されて生成された参照信号 S_{s1}) の振幅と一致するように (参照信号 S_{s1} との加算または減算によって増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の信号成分 (参照信号 S_s と周波数が一致し、かつ位相が同一または反転する (180° ずれた) 信号成分) を相殺可能な振幅となるように)、検出信号 S_1 の振幅を制御して増幅検出信号 S_3 として出力すると共に、このように振幅が制御された増幅検出信号 S_3 と参照信号 S_{s1} との加算または減算によって増幅検出信号 S_3 に含まれている上記参照信号 S_s の信号成分を除去して出力信号 S_o として出力する。

10

【0040】

したがって、この電圧検出装置 1 によれば、検出対象体 6 と検出電極 2 との間の結合容量 (静電容量 C_0) が未知の場合であっても (静電容量 C_0 の値に拘わらず)、交流電圧 V_1 についての感度が一定となるように制御するため、つまり、出力信号 S_o に含まれている検出対象電流 I_{v1} に基づく電圧成分の振幅が交流電圧 V_1 の振幅に対応した大きさとなるように制御するため、出力信号 S_o に含まれているこの電圧成分を検出することにより、静電容量 C_0 の算出を行うことなく、交流電圧 V_1 を非接触で検出することができる。

20

【0041】

また、この電圧検出装置 1 では、参照信号出力部 4 が検出信号 S_1 を積分して生成した信号を参照信号 S_s として使用する構成としたことにより、参照信号 S_s の周波数が交流電圧 V_1 の周波数に常に一致する。このため、この電圧検出装置 1 によれば、交流電圧 V_1 の周波数と異なる周波数の信号を電圧検出装置 1 内部で発生させて参照信号 S_s として使用する構成とは異なり、ノイズの多い環境下においても、増幅検出信号 S_3 と参照信号 S_{s1} との加算によって増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の信号成分を除去する際におけるノイズ (交流電圧 V_1 の周波数と異なる周波数の信号) の影響を大幅に低減することができる。したがって、この電圧検出装置 1 によれば、ノイズの多い環境下においても、ノイズによる影響を低減しつつ出力信号 S_o を出力することができるため、交流電圧 V_1 の検出誤差についても低減することができる結果、交流電圧 V_1 の検出精度を十分に向上させることができる。

30

【0042】

また、この電圧検出装置 1 では、信号抽出部 5 が、増幅回路 31、加算回路 33、検波回路 34 および制御回路 35 を備えて構成されて、検波回路 34 が、出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s の信号成分についての振幅を示す検波信号 V_d を参照信号出力部 4 から出力される参照信号 S_s を用いた同期検波によって検出し、制御回路 35 が、この検波信号 V_d に基づいて増幅回路 31 の利得を制御する。したがって、この電圧検出装置 1 によれば、同期検波によって参照信号 S_s の信号成分を正確に検出することができ、この結果、増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の信号成分を高い精度で相殺することができ、これによって出力信号 S_o に含まれる参照信号 S_s の信号成分を大幅に低減することができる結果、交流電圧 V_1 の検出精度を一層向上させることができる。

40

【0043】

なお、上記の電圧検出装置 1 では、出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s の信号成分についての振幅を示す検波信号 V_d を検出する構成として、出力信号 S_o と参照信号出力部 4 から出力される参照信号 S_s とを乗算する乗算回路 41 を使用する構成を使用して

50

いるが、図3に示す電圧検出装置1Aのように、同期信号生成回路43および同期検波回路44を備えて構成された検波回路34Aを使用する構成を採用することもできる。なお、電圧検出装置1と同一の構成については同一の符号を付して重複する説明を省略する。

【0044】

この電圧検出装置1Aでは、検波回路34Aの同期信号生成回路43が、積分信号としての参照信号 S_s に対してゼロクロス法を適用して同期信号 S_5 を生成し、同期検波回路44がこの同期信号 S_5 に基づいて出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s の信号成分についての振幅を示す検波信号 V_d を同期検出する。この電圧検出装置1Aにおいても、電圧検出装置1と同様にして、静電容量 C_0 の算出を行うことなく、交流電圧 V_1 を非接触で検出することができるという効果と、ノイズの多い環境下においても、交流電圧 V_1 を精度よく検出することができるという効果とを奏することができる。また、この電圧検出装置1Aでは、同期信号生成回路43が高周波成分の非常に少ない積分信号としての参照信号 S_s を使用して同期信号 S_5 を生成しているため、ゼロクロス検出時のエラー（ゼロクロス点を正確に検出できないというエラー）の発生を低減することができ、ひいては交流電圧 V_1 の検出精度を一層向上させることができる。

10

【0045】

また、交流電圧 V_1 を示す出力信号 S_o を検出する電圧検出装置1, 1Aについて上記したが、出力信号 S_o の電圧波形（レベル）を所定周波数のサンプリングクロックでサンプリングしてデジタルデータに変換するA/D変換器およびCPUを備えた処理部と、このデジタルデータと交流電圧 V_1 の電圧値とが対応させられた電圧算出用テーブルを記憶する記憶部と、ディスプレイ装置などで構成された出力部とをさらに設け、処理部が出力信号 S_o から取得したデジタルデータに基づいて交流電圧 V_1 の電圧値を算出して出力部に出力（表示）させる構成とすることで、交流電圧 V_1 の電圧値を測定する電圧測定装置を構成することもできる。

20

【0046】

また、上記した電圧検出装置1, 1Aおよび電圧測定装置では、参照信号出力部4を積分回路21を用いて構成すると共に、この参照信号出力部4において検出信号 S_1 を積分することにより、参照信号 S_s を生成する構成を採用しているが、検出信号 S_1 を微分して参照信号 S_s を生成する構成を採用することもできる。この構成では、図示はしないが、参照信号出力部4は、積分回路21に代えて微分回路を備えて構成される。

30

【0047】

この構成の場合には、検出信号 S_1 をラプラス変換したものは、下記式で表される。

$$X(s) - \alpha s \times X(s) + \beta^2 \times s^2 \times X(s) - \gamma^3 \times s^3 \times X(s) + \dots$$
 ここで、上記したように α は1未満の数値であることから、 β に対して、それらの複数列の乗算値（ β^2 , β^3 , ...）はいずれも小さい値となるため、上記式を構成する各項のうちのこれらを係数に持つ項は無視できるとすると、上記式は、一例として第1項および第2項のみで簡略化できる。したがって、検出信号 S_1 は、式（ $X(s) - \alpha s \times X(s)$ ）で表され、参照信号 S_s は、式（ $\alpha s \times X(s)$ ）で表される。また、増幅回路31の増幅率を γ とすると、増幅検出信号 S_3 は、式（ $\gamma \times X(s) - \alpha \gamma \times s \times X(s)$ ）で表される。また、振幅変更回路32の増幅率を δ とすると、参照信号 S_s は、式（ $\delta \times \alpha s \times X(s)$ ）で表される。

40

【0048】

この構成の場合においても、上記したように、増幅回路31の利得（増幅率）に対するフィードバック制御が検波回路34および制御回路35によって行われて、増幅回路31からの増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分（ $\delta \times \alpha s \times X(s)$ ）の振幅が参照信号 S_s （ $\delta \times \alpha s \times X(s)$ ）の振幅に一致させられる。このため、加算回路33での加算処理により、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分（ $\delta \times \alpha s \times X(s)$ ）が参照信号 S_s で相殺（キャンセル）されて、つまり、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s の信号成分が除去されて、検出対象体6の交流電圧 V_1 に起因した検出対象電流 I_{v1} に基づく電圧成分（ $\gamma \times X(s)$ ）で構成される出力信

50

号 S o を検出することができ、これによって、出力信号 S o を出力することができる。

【 0 0 4 9 】

また、上記の信号抽出部 5 では、演算回路の一例として加算回路 3 3 を使用して、増幅検出信号 S 3 と参照信号 S s 1 とを加算して出力信号 S o として出力する構成を採用しているが、例えば、増幅回路 3 1 については、検出信号 S 1 を反転増幅して増幅検出信号 S 3 を出力する構成とすることもでき、この構成を採用したときには、演算回路としての加算回路 3 3 に代えて演算回路としての減算回路を使用して、増幅検出信号 S 3 と参照信号 S s 1 とを減算することで、出力信号 S o を出力することができる。

【 符号の説明 】

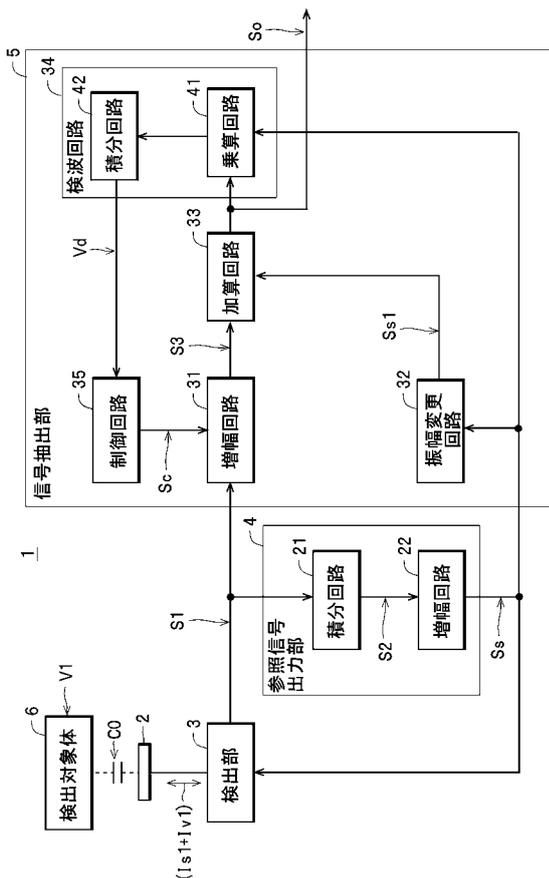
【 0 0 5 0 】

- 1 , 1 A 電圧検出装置
- 2 検出電極
- 3 検出部
- 4 参照信号出力部
- 5 信号抽出部
- S 1 検出信号
- S 3 増幅検出信号
- S o 出力信号
- S s 参照信号
- V 1 交流電圧

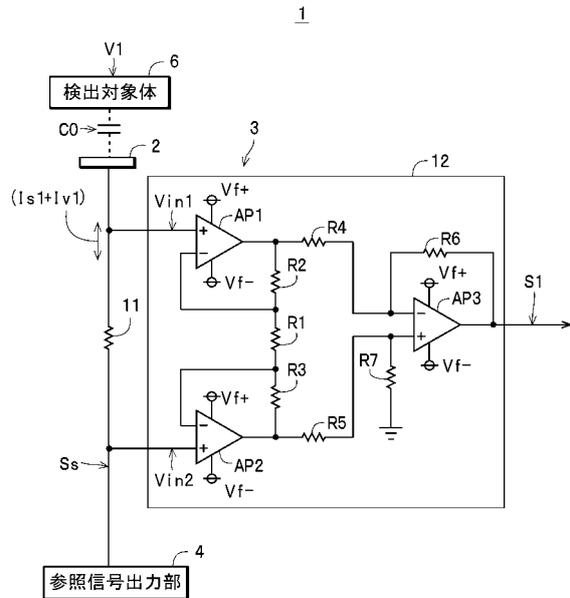
10

20

【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】

