

(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2011-53201
(P2011-53201A)

(43) 公開日 平成23年3月17日(2011.3.17)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
GO 1 R 19/00 (2006.01) GO 1 R 19/00 A 2 G O 3 5

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2010-69677 (P2010-69677)
 (22) 出願日 平成22年3月25日(2010.3.25)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-110304 (P2009-110304)
 (32) 優先日 平成21年4月30日(2009.4.30)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2009-180785 (P2009-180785)
 (32) 優先日 平成21年8月3日(2009.8.3)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(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 AC03 AD02 AD08 AD10
 AD12 AD13 AD20 AD22 AD26
 AD32 AD33 AD51 AD56 AD60

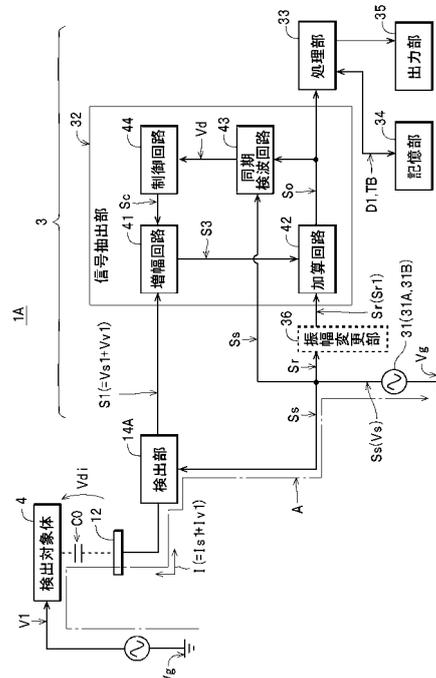
(54) 【発明の名称】 電圧検出装置および線間電圧検出装置

(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することなく検出対象体の電圧を検出する。

【解決手段】 検出対象体4に対向して配設される検出電極12と、検出電極12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_{v1} 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14Aと、検出信号 S_1 の絶縁検出信号 S_2 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、基準信号 S_r (参照信号出力部31から出力される参照信号 S_s)と増幅検出信号 S_3 との加算または減算によって参照信号 S_s と増幅検出信号 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32とを備えている。

【選択図】 図4



【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ている電圧検出装置。

10

【請求項 2】

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、
基準電圧部の電圧を基準として生成されたフローティング電源で作動して、前記検出対象交流電圧と当該基準電圧部の前記電圧との間の交流の電位差に応じて振幅が変化する検出信号を出力する検出部と、
参照信号を前記基準電圧部に出力する参照信号出力部と、
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ている電圧検出装置。

20

【請求項 3】

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、当該増幅検出信号または前記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同期検波回路と、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 または 2 記載の電圧検出装置。

30

【請求項 4】

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、
基準電圧部の電圧を基準として生成されたフローティング電源で作動して、前記検出対象交流電圧と当該基準電圧部の前記電圧との間の交流の電位差に応じて振幅が変化する検出信号を出力する検出部と、
参照信号を前記基準電圧部に出力する参照信号出力部と、
前記検出信号を入力すると共に電氣的に絶縁して絶縁検出信号として出力する絶縁部と

40

前記絶縁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ている電圧検出装置。

【請求項 5】

前記信号抽出部は、前記絶縁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、当該増幅検出信号または前記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同期検波回路と、前記増幅回路の前記利得を前記検波信号に基づ

50

いて制御する制御回路とを備えている請求項 4 記載の電圧検出装置。

【請求項 6】

前記参照信号出力部および前記信号抽出部に供給される正電圧および負電圧のうちの当該正電圧に基づいて前記参照信号の電圧に対して一定の正電圧である第 1 フローティング電圧を生成する第 1 シリーズ電源回路、および前記負電圧に基づいて前記参照信号の電圧に対して前記第 1 フローティング電圧と絶対値が等しい負電圧である第 2 フローティング電圧を生成する第 2 シリーズ電源回路を備えた電源部を有し、当該電源部が前記検出部に前記各フローティング電圧を供給する請求項 2, 4 または 5 記載の電圧検出装置。

【請求項 7】

前記第 1 シリーズ電源回路は、前記正電圧に接続された第 1 抵抗、当該第 1 抵抗から電流の供給を受けて作動する第 1 ツェナーダイオード、および前記正電圧にコレクタ端子が接続されると共にベース端子に前記第 1 ツェナーダイオードのツェナー電圧が入力されてエミッタ端子に前記第 1 フローティング電圧を生成する第 1 トランジスタを備え、

前記第 2 シリーズ電源回路は、前記負電圧に接続された第 2 抵抗、当該第 2 抵抗から電流の供給を受けて作動する第 2 ツェナーダイオード、および前記負電圧にコレクタ端子が接続されると共にベース端子に前記第 2 ツェナーダイオードのツェナー電圧が入力されてエミッタ端子に前記第 2 フローティング電圧を生成する第 2 トランジスタを備えている請求項 6 記載の電圧検出装置。

【請求項 8】

前記信号抽出部は、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号と前記参照信号の前記信号成分とを前記加算によって相殺して前記出力信号を出力する加算回路、または前記参照信号出力部から出力される前記参照信号と前記参照信号の前記信号成分とを前記減算によって相殺して前記出力信号を出力する減算回路を備えている請求項 1 から 7 のいずれかに記載の電圧検出装置。

【請求項 9】

前記参照信号出力部から出力される前記参照信号の振幅を変更して前記信号抽出部に出力する振幅変更部を備え、

前記信号抽出部は、前記振幅変更部によって前記振幅が変更された前記参照信号および前記参照信号の前記信号成分を相殺可能に前記利得を制御する請求項 1 から 8 のいずれかに記載の電圧検出装置。

【請求項 10】

前記出力信号に基づいて前記検出対象交流電圧を検出する処理部を備えている請求項 1 から 9 のいずれかに記載の電圧検出装置。

【請求項 11】

前記処理部は、前記出力信号に基づいて前記検出対象交流電圧の電圧値を算出する請求項 10 記載の電圧検出装置。

【請求項 12】

前記参照信号出力部は、方形波を生成する方形波生成回路、および当該方形波を積分して積分方形波として出力する積分回路を備え、前記検出部に対して当該積分方形波を前記参照信号として出力すると共に、前記信号抽出部に対して前記方形波を前記参照信号として出力する請求項 1 から 11 のいずれかに記載の電圧検出装置。

【請求項 13】

前記参照信号出力部は、擬似ノイズを生成する擬似ノイズ生成回路を備え、前記検出部および前記信号抽出部に対して当該擬似ノイズを前記参照信号として出力する請求項 1 から 11 のいずれかに記載の電圧検出装置。

【請求項 14】

前記検出対象体としての対応する複数の電路に前記検出電極が対向可能に構成されて当該各電路に生じている交流電圧を前記検出対象交流電圧としてそれぞれ検出可能な複数の請求項 1 から 13 のいずれかに記載の電圧検出装置と、

前記複数の電圧検出装置のうちの一対の電圧検出装置によって検出された 2 つの前記電

10

20

30

40

50

路の前記交流電圧の差分電圧を算出して当該2つの電路間の線間電圧を求める算出部とを備えている線間電圧検出装置。

【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、およびこの電圧検出装置を備えた線間電圧検出装置に関するものである。

【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_1 ）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。

10

【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。

20

【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。

30

【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。

40

【先行技術文献】

50

【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】

【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。

10

【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。また、電路間の線間電圧を検出し得る線間電圧検出装置を提供することを他の主目的とする。

【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ている。

20

【0010】

上記目的を達成すべく請求項2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、基準電圧部の電圧を基準として生成されたフローティング電源で作動して、前記検出対象交流電圧と当該基準電圧部の前記電圧との間の交流の電位差に応じて振幅が変化する検出信号を出力する検出部と、参照信号を前記基準電圧部に出力する参照信号出力部と、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ている。

30

【0011】

また、請求項3記載の電圧検出装置は、請求項1または2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、当該増幅検出信号または前記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同期検波回路と、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。

40

【0012】

上記目的を達成すべく請求項4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、基準電圧部の電圧を基準として生成されたフロー

50

ティング電源で作動して、前記検出対象交流電圧と当該基準電圧部の前記電圧との間の交流の電位差に応じて振幅が変化する検出信号を出力する検出部と、参照信号を前記基準電圧部に出力する参照信号出力部と、前記検出信号を入力すると共に電氣的に絶縁して絶縁検出信号として出力する絶縁部と、前記絶縁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ている。

【0013】

また、請求項5記載の電圧検出装置は、請求項4記載の電圧検出装置において、前記信号抽出部は、前記絶縁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、当該増幅検出信号または前記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同期検波回路と、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

【0014】

また、請求項6記載の電圧検出装置は、請求項2、4または5記載の電圧検出装置において、前記参照信号出力部および前記信号抽出部に供給される正電圧および負電圧のうちの当該正電圧に基づいて前記参照信号の電圧に対して一定の正電圧である第1フローティング電圧を生成する第1シリーズ電源回路、および前記負電圧に基づいて前記参照信号の電圧に対して前記第1フローティング電圧と絶対値が等しい負電圧である第2フローティング電圧を生成する第2シリーズ電源回路を備えた電源部を有し、当該電源部が前記検出部に前記各フローティング電圧を供給する。

20

【0015】

また、請求項7記載の電圧検出装置は、請求項6記載の電圧検出装置において、前記第1シリーズ電源回路は、前記正電圧に接続された第1抵抗、当該第1抵抗から電流の供給を受けて作動する第1ツェナーダイオード、および前記正電圧にコレクタ端子が接続されると共にベース端子に前記第1ツェナーダイオードのツェナー電圧が入力されてエミッタ端子に前記第1フローティング電圧を生成する第1トランジスタを備え、前記第2シリーズ電源回路は、前記負電圧に接続された第2抵抗、当該第2抵抗から電流の供給を受けて作動する第2ツェナーダイオード、および前記負電圧にコレクタ端子が接続されると共にベース端子に前記第2ツェナーダイオードのツェナー電圧が入力されてエミッタ端子に前記第2フローティング電圧を生成する第2トランジスタを備えている。

30

【0016】

また、請求項8記載の電圧検出装置は、請求項1から6のいずれかに記載の電圧検出装置において、前記信号抽出部は、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号と前記参照信号の前記信号成分とを前記加算によって相殺して前記出力信号を出力する加算回路、または前記参照信号出力部から出力される前記参照信号と前記参照信号の前記信号成分とを前記減算によって相殺して前記出力信号を出力する減算回路を備えている。

40

【0017】

また、請求項9記載の電圧検出装置は、請求項1から7のいずれかに記載の電圧検出装置において、前記参照信号出力部から出力される前記参照信号の振幅を変更して前記信号抽出部に出力する振幅変更部を備え、前記信号抽出部は、前記振幅変更部によって前記振幅が変更された前記参照信号および前記参照信号の前記信号成分を相殺可能に前記利得を制御する。

【0018】

また、請求項10記載の電圧検出装置は、請求項1から8のいずれかに記載の電圧検出装置において、前記出力信号に基づいて前記検出対象交流電圧を検出する処理部を備えている。

【0019】

50

また、請求項 1 1 記載の電圧検出装置は、請求項 9 記載の電圧検出装置において、前記処理部は、前記出力信号に基づいて前記検出対象交流電圧の電圧値を算出する。

【0020】

また、請求項 1 2 記載の電圧検出装置は、請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載の電圧検出装置において、前記参照信号出力部は、方形波を生成する方形波生成回路、および当該方形波を積分して積分方形波として出力する積分回路を備え、前記検出部に対して当該積分方形波を前記参照信号として出力すると共に、前記信号抽出部に対して前記方形波を前記参照信号として出力する。

【0021】

また、請求項 1 3 記載の電圧検出装置は、請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載の電圧検出装置において、前記参照信号出力部は、擬似ノイズを生成する擬似ノイズ生成回路を備え、前記検出部および前記信号抽出部に対して当該擬似ノイズを前記参照信号として出力する。

10

【0022】

また、請求項 1 4 記載の線間電圧検出装置は、前記検出対象体としての対応する複数の電路に前記検出電極が対向可能に構成されて当該各電路に生じている交流電圧を前記検出対象交流電圧としてそれぞれ検出可能な複数の請求項 1 から 1 0 のいずれかに記載の電圧検出装置と、前記複数の電圧検出装置のうちの一対の電圧検出装置によって検出された 2 つの前記電路の前記交流電圧の差分電圧を算出して当該 2 つの電路間の線間電圧を求める算出部とを備えている。

20

【発明の効果】

【0023】

請求項 1 または 2 記載の電圧検出装置では、検出部が、検出対象体と容量結合する検出電極に接続されると共に参照信号出力部から参照信号を入力して、検出対象体の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し、信号抽出部が、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、参照信号出力部から出力される参照信号と増幅検出信号との加算または減算によって参照信号と増幅検出信号に含まれている参照信号の信号成分とを相殺可能に利得を制御すると共に、検出対象交流電圧の信号成分を増幅検出信号から抽出して出力信号として出力する。この場合、検出対象体と検出電極との間の結合容量（静電容量）を含む 1 つの電流経路に、参照信号に起因した電流と検出対象交流電圧に起因した電流とが流れ、両電流に基づく電圧成分（参照信号の信号成分および検出対象交流電圧の信号成分）によって検出信号が構成されている。

30

【0024】

したがって、これら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。

40

【0025】

また、請求項 3 記載の電圧検出装置では、信号抽出部において、増幅回路が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、同期検波回路が、増幅検出信号または出力信号に含まれている参照信号についての信号成分の振幅を示す検波信号を参照信号を用いた同期検波によって検出し、この検波信号に基づいて制御回路が増幅回路の利得を制御する。したがって、こ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。

【0026】

50

請求項4記載の電圧検出装置では、参照信号出力部が基準電圧部に参照信号を出力し、フローティング電源で作動する検出部が、検出対象交流電圧と基準電圧部の電圧との間の交流の電位差に応じて振幅が変化する検出信号を出力し、絶縁部が検出信号を入力して絶縁検出信号として出力し、信号抽出部が、絶縁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、参照信号出力部から出力される参照信号と増幅検出信号との加算または減算によって参照信号と増幅検出信号に含まれている参照信号の信号成分とを相殺可能に利得（絶縁検出信号に対する利得）を制御すると共に、検出対象交流電圧に起因した信号成分を増幅検出信号から抽出して出力信号として出力する。

【0027】

この場合においても、検出対象体と検出電極との間の結合容量（静電容量）を含む1つの電流経路に、参照信号に起因した電流と検出対象交流電圧に起因した電流とが流れ、両電流に基づく電圧成分（参照信号の信号成分および検出対象交流電圧の信号成分）によって検出信号が構成されている。したがって、この電圧検出装置によれば、検出信号から生成される増幅検出信号に含まれている参照信号の信号成分と参照信号とが相殺されるように、つまり参照信号の信号成分の振幅が参照信号の振幅と一致するように、信号処理部が絶縁検出信号に対する利得を制御して増幅検出信号を生成するため、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（結合容量の容量値に拘わらず）、増幅検出信号に含まれている検出対象交流電圧の信号成分についての感度が一定の感度になるように、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、この検出対象交流電圧の信号成分で構成される出力信号の振幅に基づいて、検出対象交流電圧を正確に検出することができる。この結果、こ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（静電容量）を算出する手間を省いて（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、この電圧検出装置によれば、基準電圧部として例えばガード電極を使用することで、このガード電極内に、検出電極、フローティング電源、検出部および絶縁部を収容して、フローティング状態で作動させることができるため、CMRR（Common Mode Rejection Ratio）を高めることができる。

【0028】

また、請求項5記載の電圧検出装置では、信号抽出部において、増幅回路が絶縁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、同期検波回路が、増幅検出信号または出力信号に含まれている参照信号についての信号成分の振幅を示す検波信号を参照信号を用いた同期検波によって検出し、この検波信号に基づいて制御回路が増幅回路の利得を制御する。したがって、こ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。

【0029】

また、請求項6記載の電圧検出装置によれば、第1シリーズ電源回路および第2シリーズ電源回路が、参照信号出力部および信号抽出部に供給される正電圧および負電圧に基づいて、検出部で使用される参照信号の電圧に対して正電圧である第1フローティング電圧および負電圧である第2フローティング電圧を生成するため、バッテリーやトランスなどの高価な部品の使用を回避できる結果、製品コストを大幅に低減することができる。

【0030】

また、請求項7記載の電圧検出装置によれば、抵抗、ツェナーダイオードおよびトランジスタで第1シリーズ電源回路および第2シリーズ電源回路をそれぞれ構成したことにより、各シリーズ電源回路を少ない部品点数で簡易、かつ安価に構成することができる。

【0031】

また、請求項8記載の電圧検出装置によれば、加算によって参照信号の信号成分と参照信号とを相殺して出力信号を出力する加算回路、または減算によって参照信号の信号成分と参照信号とを相殺して出力信号を出力する減算回路を備えたことにより、加算回路また

10

20

30

40

50

は減算回路といった回路で簡易に構成することができる回路で、参照信号の信号成分と参照信号とを相殺して出力信号を出力することができる。したがって、装置構成の簡略化を図りつつ、出力信号を確実に出力することができる。

【0032】

また、請求項9記載の電圧検出装置によれば、参照信号の振幅を変更して信号抽出部に出力する振幅変更部を備え、信号抽出部は、参照信号の信号成分および振幅が変更された参照信号を相殺可能に増幅回路の利得を制御することにより、変更前における参照信号の振幅に対する変更後における参照信号の振幅の倍率を k としたときに、検出対象交流電圧の信号成分で構成される出力信号の振幅を $1/k$ 倍することにより、検出対象交流電圧を検出することができる。したがって、この倍率 k を変更することにより、検出対象交流電圧の検出範囲を広げることができる。

10

【0033】

また、請求項10記載の電圧検出装置によれば、出力信号に基づいて検出対象交流電圧を検出する処理部を備えたことにより、例えば、処理部に対して一定間隔で検出対象交流電圧を検出させたり、また検出した検出対象交流電圧を表示装置などに波形として表示させることができ、利便性を高めることができる。

【0034】

また、請求項11記載の電圧検出装置によれば、処理部が出力信号に基づいて検出対象交流電圧の電圧値を算出するため、検出対象交流電圧を正確に検出（測定）することができる。

20

【0035】

また、請求項12記載の電圧検出装置によれば、参照信号出力部が、方形波を生成する方形波生成回路、および方形波を積分して積分方形波を出力する積分回路を備え、検出部に対してこの積分方形波を参照信号として出力することにより、方形波生成回路をロジック回路などを使用して簡易に構成することで、参照信号出力部全体の構成を簡易なものとしつつ、参照信号に基づいて流れる参照電流を、参照信号出力部から信号抽出部に対して出力される方形波と同じ方形波とすることができる。これにより、装置構成（具体的には、参照信号出力部全体の構成）を簡易なものとしつつ、信号抽出部において、参照信号と増幅検出信号に含まれている参照信号の信号成分とを確実に相殺（キャンセル）することができ、検出対象交流電圧の信号成分を増幅検出信号から確実に抽出して出力信号として出力することができる。

30

【0036】

また、請求項13記載の電圧検出装置によれば、参照信号出力部が、擬似ノイズを生成する擬似ノイズ生成回路を備え、検出部および信号抽出部に対して擬似ノイズを参照信号として出力することにより、外乱（ノイズ）の影響を受けにくくすることができる。

【0037】

また、請求項14記載の線間電圧検出装置によれば、上記の電圧検出装置を使用したことにより、検出対象体である電路とこの電路に対応する検出電極との間の結合容量が未知の場合であっても、電路と検出電極との間の結合容量（静電容量）を算出することなく、線路間の線間電圧を非接触で正確に検出することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】電圧検出装置1の構成図である。

【図2】図1におけるフローティング回路部2の回路図である。

【図3】図1における増幅回路41の回路図である。

【図4】電圧検出装置1Aの構成図である。

【図5】図4における検出部14Aの回路図である。

【図6】他の参照信号出力部31Aのブロック図である。

【図7】他の参照信号出力部31Bのブロック図である。

【図8】電圧検出装置1を使用した線間電圧検出装置51のブロック図である。

50

【図 9】電圧検出装置 1 A を使用した線間電圧検出装置 5 1 A のブロック図である。

【図 10】他の電源部 1 3 A を備えた電圧検出装置 1 (1 A) におけるフローティング回路部 2 のブロック図である。

【図 11】他の電源部 1 3 A の回路図である。

【図 12】絶縁部 1 5 を使用しない構成のフローティング回路部 2 および差動増幅回路 6 3 の回路図である。

【発明を実施するための形態】

【0039】

以下、添付図面を参照して、電圧検出装置および線間電圧検出装置の実施の形態について説明する。

10

【0040】

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。

【0041】

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、フローティング回路部 2 および本体回路部 3 を備え、グランド電位 V_g を基準として検出対象体 4 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。

【0042】

フローティング回路部 2 は、図 1 に示すように、ガード電極 1 1、検出電極 1 2、電源部 1 3、検出部 1 4 および絶縁部 1 5 を備えている。ガード電極 1 1 は、導電性材料 (例えば金属材料) を用いて、フローティング回路部 2 における基準電圧部として構成されて、その内部に検出電極 1 2、検出部 1 4 および絶縁部 1 5 が収容されている。なお、後述するように、絶縁部 1 5 は、その一次側回路で入力した信号をその二次側回路から一次側回路と電氣的に絶縁した状態で出力する機能を備えたものであるため、ガード電極 1 1 で覆われるべき部位は、少なくとも一次側回路まででよいが、二次側回路についてもガード電極 1 1 で覆われる構成を採用することもできる。また、本例では、一例として、ガード電極 1 1 に開口部 (孔) 1 1 a が形成されている。検出電極 1 2 は、一例として平板状に形成されて、ガード電極 1 1 内における開口部 1 1 a を臨む位置に、ガード電極 1 1 と非接触な状態で配設されている。また、検出電極 1 2 は、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 4 と容量結合 (静電容量 C_0 を介して結合) する。

20

【0043】

電源部 1 3 は、ガード電極 1 1 の電圧 V_r を基準 (ゼロボルト) とした種々のフローティング電圧を生成するフローティング電源として構成されている。また、電源部 1 3 は、生成したフローティング電圧をガード電極 1 1 内に配設された各構成要素に対して作動用電圧として供給する。本例では、一例として、電源部 1 3 は、バッテリーと DC / DC コンバータ (いずれも図示せず) とを備えて構成されて、DC / DC コンバータがバッテリーから出力される直流電圧に基づいて種々のフローティング電圧 (例えば、電圧 V_r をゼロボルトとしたときに、電圧 V_r に対して正電圧である第 1 フローティング電圧 V_{f+} 、および電圧 V_r に対して第 1 フローティング電圧 V_{f+} と絶対値が等しい負電圧である第 2 フローティング電圧 V_{f-} 。以下、単にフローティング電圧 V_{f+} 、フローティング電圧 V_{f-} ともいう) を作動用電圧として生成する。なお、図示はしないが、バッテリーに代えて、ガード電極 1 1 の外部からトランスを介して電氣的に絶縁された状態でガード電極 1 1 内に交流電圧を供給し、この交流電圧をガード電極 1 1 内に設けた整流平滑部で直流電圧に変換して DC / DC コンバータに供給する構成を採用することもできる。

30

40

【0044】

検出部 1 4 は、検出電極 1 2 に接続されると共に、参照信号出力部 3 1 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。具体的には、検出部 1 4 は、ガード電極 1 1 の電圧 V_r に対して正電圧であるフローティング電圧 V_{f+} および負電圧であるフローティング電圧

50

V_{f-} の供給を受けて作動して、交流電圧 V_1 とガード電極 11 の電圧 V_r との間の交流の電位差 ($V_1 - V_r$) に応じた電流値で流れる電流信号 I (検出電流) に基づいて、交流の電位差 ($V_1 - V_r$) に応じて振幅が変化する検出信号 S_1 を生成して出力する。この場合、ガード電極 11 には、後述する参照信号出力部 31 から参照信号 S_s が出力 (印加) される。この構成により、電圧 V_r は、参照信号 S_s の電圧 V_s と一致する。これにより、上記の電流信号 I は、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} とで構成され、この電流信号 I に基づく検出信号 S_1 も、参照電流 I_{s1} に基づく電圧信号成分 (以下、「参照電圧成分」) V_{s1} と、検出対象電流 I_{v1} に基づく電圧信号成分 (以下、「検出対象電圧成分」) V_{v1} とで構成されている。また、検出部 14 は参照信号 S_s の電圧 V_s で変動するガード電極 11 の電圧を基準として作動して検出信号 S_1 を生成するため、検出信号 S_1 に含まれる参照電圧成分 V_{s1} は参照信号 S_s の電圧 V_s に対して逆位相の信号となる。

10

【0045】

本例では、一例として、検出部 14 は、図 2 に示すように、積分回路 21 および増幅回路 22 を含んで構成されている。積分回路 21 は、非反転入力端子がガード電極 11 に接続され、反転入力端子が検出電極 12 に接続された演算増幅器 21a、演算増幅器 21a の反転入力端子と出力端子との間に接続されたコンデンサ 21b、およびコンデンサ 21b に並列に接続された抵抗 21c を備えている。この場合、コンデンサ 21b は、一例として $0.01 \mu\text{F}$ 程度のコンデンサで構成され、抵抗 21c は、例えば 1M 程度の高い抵抗値の抵抗で構成されている。このため、この積分回路 21 では、主としてコンデンサ 21b に電流信号 I が流れることにより、電流電圧変換動作と同時に積分動作が行われて、検出対象体 4 の交流電圧 V_1 とガード電極 11 の電圧 V_r との交流の電位差 ($V_1 - V_r$) に比例して電圧値が変化する電圧信号 S_0 が生成される。なお、この積分回路 21 では、コンデンサ 21b のみでは直流付近での帰還量が著しく低下してゲインが極端に大きくなり、バイアス電流によるオフセットで演算増幅器 21a が飽和する虞があり、この飽和によるダイナミックレンジの低下を抑制するため、抵抗 21c を配設している。増幅回路 22 は、電圧信号 S_0 を所定の増幅率で電圧増幅して検出信号 S_1 として出力する。なお、図示はしないが、積分回路 21 を、例えば電流信号 I を電圧信号に変換する電流電圧変換回路、およびこの電圧信号を積分して検出信号 S_1 として出力する積分回路の 2 つの回路で構成することもできる。

20

30

【0046】

絶縁部 15 は、検出信号 S_1 を入力すると共に電氣的に絶縁して絶縁検出信号 S_2 として出力する。具体的には、絶縁部 15 は、一例として光絶縁素子 (本例では、一例としてフォトプラ) を用いて構成されて、その一次側回路としての発光ダイオード (不図示) に入力された検出信号 S_1 を、その二次側回路としてのフォトトランジスタから絶縁検出信号 S_2 として出力する。つまり、絶縁部 15 は、検出信号 S_1 と同位相で、かつ検出信号 S_1 の振幅に比例して振幅が変化する信号を絶縁検出信号 S_2 として出力する。なお、フォトプラに代えて、一次側回路が発光ダイオードで構成され、かつ二次側回路が FET 対で構成された光 MOS-FET を使用して絶縁部 15 を構成することもできる。この場合、絶縁部 15 では、その一次側回路は、フローティング電圧 V_{f+} 、 V_{f-} の供給を受けて作動する。また、検出信号 S_1 が周波数の高い交流の場合には、トランスを使用して絶縁部 15 を構成することもできる。

40

【0047】

本体回路部 3 は、図 1 に示すように、参照信号出力部 31、信号抽出部 32、処理部 33、記憶部 34 および出力部 35 を備えている。この場合、参照信号出力部 31 は、グランド電位 V_g を基準として電圧 V_s が所定の周期で変化する振幅が一定の参照信号 S_s (周波数および振幅が一定の交流信号。一例として正弦波信号) を生成して、ガード電極 11 に出力する。これにより、ガード電極 11 は、その電圧 V_r が参照信号 S_s の電圧 V_s に規定される。つまり、ガード電極 11 の電圧 V_r は、参照信号 S_s の電圧 V_s と一致した状態で所定の周期で変化する。本例では、参照信号出力部 31 が参照信号 S_s をガード

50

電極 1 1 に直接出力する構成を採用しているが、参照信号 S_s は交流信号であるため、図示はしないが、参照信号出力部 3 1 がコンデンサを介して参照信号 S_s をガード電極 1 1 に出力する構成とすることもできる。また、参照信号出力部 3 1 は、参照信号 S_s を信号抽出部 3 2 にも出力する。なお、同図において破線で示されている振幅変更部 3 6 は、本例では本体回路部 3 には含まれていない。このため、参照信号出力部 3 1 から出力された参照信号 S_s は直接、信号抽出部 3 2 に入力される。また、本例では、一例として、参照信号 S_s は、その周波数が検出対象体 4 の交流電圧 V_1 の周波数よりも高い周波数に規定されている。この場合、参照信号 S_s の周波数を検出対象体 4 の交流電圧 V_1 の周波数よりも低い周波数に規定することもできる。

【 0 0 4 8 】

信号抽出部 3 2 は、一例として、増幅回路 4 1、加算回路 4 2、同期検波回路 4 3 および制御回路 4 4 を備え、絶縁検出信号 S_2 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 の信号成分および参照信号 S_s を、増幅検出信号 S_3 と参照信号 S_s との加算または減算（本例では加算）によって相殺可能に絶縁検出信号 S_2 の増幅の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 のガード電極 1 1 への出力（印加）に基づいて検出信号 S_1 に含まれる参照電圧成分 V_s_1 に起因する信号成分（つまり、増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s と同一周波数の信号成分）である。

【 0 0 4 9 】

具体的には、増幅回路 4 1 は、絶縁検出信号 S_2 を入力すると共に、制御回路 4 4 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）で絶縁検出信号 S_2 を増幅して、増幅検出信号 S_3 を生成して出力する。一例として、増幅回路 4 1 は、図 3 に示すように、演算増幅器 4 1 a、演算増幅器 4 1 a の反転入力端子とグランド電位との間に配設された可変抵抗素子（本例では、一例として、J - F E T（Junction Field Effect Transistor：接合型電界効果トランジスタ））4 1 b、および演算増幅器 4 1 a の反転入力端子と出力端子との間に配設された抵抗 4 1 c を備えて構成されて、全体として非反転増幅回路として構成されている。この場合、可変抵抗素子 4 1 b は、入力される制御信号 S_c のレベルに応じてその抵抗値が変化する。このため、増幅回路 4 1 は、入力される制御信号 S_c のレベルに応じてその増幅率を変化させると共に、絶縁検出信号 S_2 をこの増幅率で増幅して増幅検出信号 S_3 として出力する。なお、可変抵抗素子としては、外部から入力される電圧に応じて抵抗値が変化する素子であればよく、J - F E T 以外の素子や回路を使用して構成することもできる。本例では、一例として、可変抵抗素子 4 1 b は、入力される制御信号 S_c のレベルが増加したときにはその抵抗値が減少し、制御信号 S_c のレベルが減少したときにはその抵抗値が増加するように構成されている。この構成により、増幅回路 4 1 の増幅率は、制御信号 S_c のレベルが増加したときには増加し、制御信号 S_c のレベルが減少したときには減少する。

【 0 0 5 0 】

加算回路 4 2 は、ガード電極 1 1 に発生する電圧 V_r を基準信号 S_r として入力する（本例ではガード電極 1 1 には参照信号 S_s のみが印加されているため、基準信号 S_r は参照信号 S_s となる）と共に増幅検出信号 S_3 を入力して、両信号 S_3 、 S_r を加算し、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、参照信号 S_s に対して逆位相の参照電圧成分 V_s_1 と、交流電圧 V_1 と同位相の検出対象電圧成分 V_v_1 とで構成されている。このため、検出信号 S_1 に基づいて生成される絶縁検出信号 S_2 、および絶縁検出信号 S_2 を増幅して生成される増幅検出信号 S_3 も、参照信号 S_s に対して逆位相の信号成分、および交流電圧 V_1 と同位相の信号成分で構成される。したがって、加算回路 4 2 は、両信号 S_3 、 S_r 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 に対する逆位相の信号成分

10

20

30

40

50

(以下、「逆相信号成分」ともいう)を基準信号 S_r (本例では参照信号 S_s)で相殺(キャンセル)する処理を実行する。つまり、加算回路42は、相殺回路として機能する。この場合、出力信号 S_o に含まれる参照信号 S_s と同一周波数の信号成分は、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分の振幅と基準信号 S_r の振幅とが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 と同一周波数の信号成分は、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分の振幅と基準信号 S_r の振幅とが相違するときには出力信号 S_o に残存して、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分の振幅が基準信号 S_r 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 を構成する逆相信号成分の振幅が基準信号 S_r の振幅以下のときには参照信号 S_s と同位相となる。

10

【0051】

同期検波回路43は、出力信号 S_o および参照信号 S_s を入力すると共に、参照信号 S_s で出力信号 S_o を同期検波することにより、検波信号 V_d を生成して出力する。具体的には、同期検波回路43は、同期検波により、出力信号 S_o に含まれる参照信号 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 に含まれる参照信号 S_s の信号成分の位相が参照信号 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、同期検波回路43は、出力信号 S_o に含まれている所定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。

20

【0052】

制御回路44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41に出力する。本例では、一例として、制御回路44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。以上の構成により、信号抽出部32では、増幅回路41の利得(増幅率)に対するフィードバック制御が同期検波回路43および制御回路44によって行われて、制御回路44が、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分(参照信号 S_s と同一周波数の信号成分)の振幅が一定となるように(本例では加算回路42に基準信号 S_r として入力される参照信号 S_s の振幅と同じ振幅となるように)増幅回路41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 を構成する逆相信号成分の振幅が、加算回路42に入力される基準信号 S_r (本例では参照信号 S_s)の振幅に一致させられる。したがって、加算回路42は、増幅検出信号 S_3 および基準信号 S_r の加算処理を実行して、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分を参照信号 S_s で相殺(キャンセル)させて、検出対象体4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(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。

30

【0053】

この場合、検出対象体4と検出電極12との間に形成される静電容量 C_0 の大きさに応じて、電流信号 I に含まれる参照電流 I_{s1} および検出対象電流 I_{v1} 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 V_{s1} および検出対象電圧成分 V_{v1} も同じ割合で変動する。したがって、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分(参照信号 S_s と同一周波数の信号成分)および交流電圧 V_1 と同一周波数の信号成分についても、両成分は同じ割合で変動するが、信号抽出部32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 を構成する逆相信号成分(参照信号 S_s と同一周波数の信号成分)の振幅が基準信号 S_r (本例では参照信号 S_s)の振幅と一致するように増幅回路41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_{v1} 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4に発生している交流電圧 V_1 の振幅に対応した大きさに、理論的には、その振幅が検出対象体4に発生している交流電圧 V_1 の振幅と一致した状態

40

50

となる。

【0054】

処理部33は、A/D変換器およびCPU（いずれも図示せず）を備えて構成されて、出力信号S₀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D₁に変換して記憶部34に記憶させる記憶処理、このデジタルデータD₁に基づいて交流電圧V₁を算出する電圧算出処理、および算出した交流電圧V₁を出力する出力処理を実行する。記憶部34は、ROMやRAMなどで構成されて、処理部33での電圧算出処理において使用される電圧算出用テーブルTBが予め記憶されている。この電圧算出用テーブルTBの作成手順についてのその概要を説明する。一例として、既知の電圧V_s（一定）の参照信号S_sをガード電極11に出力して同期検波回路43および制御回路44によるフィードバック制御を行っている状態において、検出対象体4に発生させる交流電圧V₁の振幅を所定の電圧ステップで変化させつつデジタルデータD₁を取得して、その電圧ステップで変化させた交流電圧V₁に対応付けてデジタルデータD₁を交流電圧V₁の電圧値と共に記憶させることで、電圧算出用テーブルTBを作成する。この構成により、処理部33は、取得したデジタルデータD₁に対応する交流電圧V₁の電圧値を電圧算出用テーブルTBを参照して取得することにより、検出対象体4の交流電圧V₁を算出することが可能となっている。出力部35は、本例では、一例としてディスプレイ装置で構成されて、処理部33での出力処理において、交流電圧V₁の波形や算出した電圧パラメータ（振幅や実効値）を表示させる。

10

【0055】

次いで、電圧検出装置1による検出対象体4の交流電圧V₁に対する検出動作について説明する。

20

【0056】

まず、検出電極12が非接触の状態を検出対象体4に対向するように、フローティング回路部2（または電圧検出装置1全体）を検出対象体4の近傍に位置させる。これにより、図1に示すように、検出電極12と検出対象体4との間に静電容量C₀が形成された状態となる。この場合、静電容量C₀の容量値は、検出電極12と検出対象体4の距離に反比例して変化するが、フローティング回路部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。また、静電容量C₀の容量値が一般的に極めて小さい（例えば数pF～数十pF程度）ため、交流電圧V₁の周波数が数百Hz程度であったとしても、検出対象体4と検出電極12との間のインピーダンスが十分に大きな値（数M Ω ）となる。このため、この電圧検出装置1では、検出対象体4の交流電圧V₁とガード電極11の電圧V_rとが大きく異なる場合（電位差V_diが大きい場合）においても、検出部14を構成する演算増幅器21aに入力耐圧の低い安価な製品を使用することができ、この構成においても、電位差V_diによる演算増幅器21aの破壊が回避されている。

30

【0057】

また、検出電極12と検出対象体4とが静電容量C₀を介して交流的に接続されることにより、グランド電位V_gから、検出対象体4、検出電極12、検出部14、ガード電極11および参照信号出力部31を介してグランド電位V_gに至る電流経路A（図1中において一点鎖線で示す経路）が形成される。このため、この電流経路Aには、参照信号S_sの電圧V_sに起因した参照電流I_s1と、検出対象体4の交流電圧V₁に起因した検出対象電流I_v1とで構成される電流信号Iが流れている。

40

【0058】

これにより、フローティング回路部2では、図1, 2に示すように、検出部14の積分回路21が電流信号Iを積分して電圧信号S₀を生成し、増幅回路22がこの電圧信号S₀を増幅して検出信号S₁として出力する。また、絶縁部15は、この検出信号S₁を入力して、検出信号S₁と電氣的に絶縁された絶縁検出信号S₂として出力する。

【0059】

また、本体回路部3の信号抽出部32では、図1に示すように、増幅回路41が、絶縁

50

検出信号 S_2 を入力すると共に、制御回路 44 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で絶縁検出信号 S_2 を増幅して、増幅検出信号 S_3 として出力する。次いで、加算回路 42 が、増幅検出信号 S_3 および基準信号 S_r を入力すると共に、両信号 S_3 , S_r 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、上記したように、増幅回路 41 の利得（増幅率）に対するフィードバック制御が同期検波回路 43 および制御回路 44 によって行われて、増幅回路 41 からの増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分（参照信号 S_s と同一周波数の信号成分）の振幅が基準信号 S_r （本例では参照信号 S_s ）の振幅に一致させられる。このため、加算回路 42 での加算処理により、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分が基準信号 S_r で相殺（キャンセル）されて、つまり、増幅検出信号 S_3 を構成する逆相信号成分が除去されて、検出対象体 4 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（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 が出力される。

10

【0060】

次いで、処理部 33 が、記憶処理を実行して、出力信号 S_o を入力すると共にデジタルデータ D_1 に変換して記憶部 34 に記憶させる。続いて、処理部 33 が、電圧算出処理を実行する。この電圧算出処理では、処理部 33 は、記憶部 34 に記憶されているデジタルデータ D_1 を読み出すと共に、電圧算出用テーブル T_B を参照して、読み出したデジタルデータ D_1 に対応する交流電圧 V_1 を取得する。また、処理部 33 は、この取得した交流電圧 V_1 に基づいて、例えば交流電圧 V_1 の実効値や振幅などを算出して記憶部 34 に記憶させる。最後に、処理部 33 は、出力処理を実行して、記憶部 34 に記憶されている交流電圧 V_1 の実効値や振幅などを、ディスプレイ装置で構成された出力部 35 に表示させる。これにより、電圧検出装置 1 による検出対象体 4 の交流電圧 V_1 の検出が完了する。なお、出力処理において、処理部 33 が、取得した交流電圧 V_1 に基づいて、交流電圧 V_1 の電圧波形を出力部 35 に表示させる構成を採用することもできる。

20

【0061】

この電圧検出装置 1 では、参照信号出力部 31 がガード電極 11 に参照信号 S_s を出力し、フローティング電圧 V_{f+} , V_{f-} の供給を受けて作動する検出部 14 が、検出電極 12 を介して検出対象体 4 とガード電極 11 との間に交流電圧 V_1 とガード電極 11 の電圧 V_r との間の交流の電位差（ $V_1 - V_r$ ）に応じた電流値で流れる電流信号 I に基づいて、交流の電位差（ $V_1 - V_r$ ）に応じて振幅が変化する検出信号 S_1 を出力し、絶縁部 15 が検出信号 S_1 を入力して絶縁検出信号 S_2 として出力し、信号抽出部 32 が絶縁検出信号 S_2 に含まれている参照信号 S_s と同一の信号成分の振幅が予め規定された振幅（参照信号 S_s 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 と同一の信号成分を相殺可能な振幅）となるように、つまり一定となるように絶縁検出信号 S_2 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 と参照信号出力部 31 から出力される参照信号 S_s 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 と同一の信号成分を除去して出力信号 S_o として出力し、処理部 33 が検出対象電流 I_{v1} （検出対象体 4 の交流電圧 V_1 に起因して発生する電流成分）に基づいて発生する電圧成分で構成される出力信号 S_o のレベルに基づいて交流電圧 V_1 を算出する。

30

40

【0062】

したがって、この電圧検出装置 1 によれば、信号抽出部 32 が参照信号 S_s と同一周波数の信号成分の振幅が一定となるように増幅検出信号 S_3 の振幅を制御し、この増幅検出信号 S_3 と参照信号 S_s 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 と同一の信号成分を除去して出力信号 S_o として出力することにより、検出対象体 4 と検出電極 12 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の感度になるように制御されるため、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されるため、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

50

く、交流電圧 V_1 を非接触で検出することができる。

【0063】

また、この電圧検出装置 1 では、信号抽出部 32 において、同期検波回路 43 が、増幅検出信号 S_3 または出力信号 S_o に含まれている参照信号 S_s についての信号成分の振幅を示す検波信号 V_d を参照信号 S_s を用いた同期検波によって検出し、制御回路 44 が、この検波信号 V_d に基づいて増幅回路 41 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ため、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

【0064】

また、この電圧検出装置 1 では、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s に対する逆位相の信号成分（逆相信号成分）を基準信号 S_r （本例では参照信号 S_s ）で相殺（キャンセル）する処理を実行する加算回路 42 を相殺回路として備えて信号抽出部 32 が構成され、制御回路 44 は、加算回路 42 に入力される増幅検出信号 S_3 に含まれている逆相信号成分（参照信号 S_s の信号成分）を基準信号 S_r で相殺可能に増幅回路 41 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、加算回路のような簡易な回路で相殺回路を構成することができるため、装置構成の簡略化を図りつつ、出力信号 S_o を確実に生成することができる。

【0065】

20

また、この電圧検出装置 1 によれば、出力信号 S_o に基づいて交流電圧 V_1 を検出する処理部 33 を備えたことにより、処理部 33 に対して、交流電圧 V_1 を一定間隔で検出させたり、また、検出した交流電圧 V_1 を記憶部 34 に記憶させて保存したり、記憶部 34 に記憶されている交流電圧 V_1 に基づいて、交流電圧 V_1 の電圧波形を出力部 35 に表示させることができる。

【0066】

また、この電圧検出装置 1 によれば、処理部 33 が出力信号 S_o に基づいて交流電圧 V_1 の電圧値を算出するため、交流電圧 V_1 を検出（測定）することができる。

【0067】

30

なお、上記の電圧検出装置 1 では、増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の信号成分が基準信号 S_r （本例では参照信号 S_s ）に対して逆位相になっていることを利用して、相殺回路として加算回路 42 を使用して、増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の信号成分と参照信号 S_s とを相殺しているが、検出部 14、絶縁部 15 および増幅回路 41 において、検出信号 S_1 、絶縁検出信号 S_2 および増幅検出信号 S_3 の位相を反転させたり、相殺回路に基準信号 S_r を反転させて出力することも可能である。この構成においては、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 とを同位相とすることもできるため、この場合には、相殺回路として減算回路を使用することで、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 とを相殺することができる。

【0068】

40

また、上記の例では、相殺回路（上記例では加算回路 42）に基準信号 S_r として参照信号 S_s を直接入力する構成を採用しているが、図 1 において破線で示すように、参照信号出力部 31 と加算回路 42 との間に振幅変更部 36 を配設して、参照信号出力部 31 から出力される参照信号 S_s の振幅を振幅変更部 36 において、 k 倍（ k は正の実数）に変更して加算回路 42 に基準信号 S_r として出力する構成を採用することもできる。この振幅変更部 36 は、例えば、分圧抵抗などで構成されるアッテネータで簡易に構成することができる。また、振幅変更部 36 を所定の利得（ k 倍）で信号を増幅する増幅器で構成して、電圧信号 S_r の振幅よりも基準信号 S_r の振幅を増大させることもできる。これらの構成においては、信号抽出部 32 では、増幅検出信号 S_3 に含まれている参照信号 S_s の信号成分についての振幅が、 k 倍された参照信号 S_s の振幅（基準信号 S_r の振幅

50

）と一致するようにフィードバック制御される。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 k 倍された基準信号 S_{r1} とが加算回路 4 2 において相殺された状態において、出力信号 S_o に含まれている交流電圧 V_1 に起因した検出対象電流 I_{v1} に基づく電圧成分の振幅についても k 倍された状態で検出される。このため、この検出された検出対象電流 I_{v1} に基づく電圧成分を $1/k$ 倍することによって、交流電圧 V_1 を検出することができる。

【0069】

したがって、この構成によれば、振幅変更部 3 6 での倍率 k を変更することにより、検出（測定）できる交流電圧 V_1 の範囲を拡大することができる。例えば、処理部 3 3 での出力信号 S_o の入力レベルに規定がある場合（上記のように A/D 変換器を備えた構成では、A/D 変換器の入力定格によって出力信号 S_o の入力レベルが制限される）においても、倍率 k を数値 $1/10$ とすることにより、数値 1 としたとき（基準信号 S_r として参照信号 S_s を加算回路 4 2 に直接入力する構成）と比較して、規定された出力信号 S_o の入力レベルを満足させつつ、より高電圧の交流電圧 V_1 まで検出（測定）することができる。

10

【0070】

なお、上記の電圧検出装置 1 では、検出電極 1 2、電源部 1 3、検出部 1 4 および絶縁部 1 5 をガード電極 1 1 内に収容することにより、本体回路部 3 とは別体に、フローティング回路部 2 を構成して、CMRR (Common Mode Rejection Ratio) を高めると共に、高圧な交流電圧 V_1 の検出を可能とする構成を採用しているが、検出部 1 4 をフローティング状態で作動させる必要のない場合（例えば、交流電圧 V_1 が比較的低下であったり、高い CMRR が要求されない場合）には、図 4 に示す電圧検出装置 1 A のように、ガード電極 1 1、電源部 1 3 および絶縁部 1 5 を使用しない構成を採用することもできる。以下、電圧検出装置 1 A について説明する。

20

【0071】

電圧検出装置 1 A は、図 4 に示すように、電圧検出装置 1 のフローティング回路部 2 に代えて、検出電極 1 2 および検出部 1 4 A を備えている。したがって、電圧検出装置 1 A は、検出電極 1 2、検出部 1 4 A および本体回路部 3 を備え、検出対象体 4 に生じている交流電圧 V_1 を非接触で検出可能に構成されている。なお、検出電極 1 2 および本体回路部 3 については、電圧検出装置 1 と同一に構成されているため、同一の符号を付して重複する説明を省略し、電圧検出装置 1 と相違する検出部 1 4 A について主として説明する。

30

【0072】

検出部 1 4 A は、本体回路部 3 を構成する各構成要素（参照信号出力部 3 1、信号抽出部 3 2 および処理部 3 3 など）と同じ不図示の電源から作動用電圧（グランド電位 V_g を基準として生成される正電圧 V_{cc+} および負電圧 V_{cc-} ）の供給を受けて作動する。また、検出部 1 4 A は、図 4 に示すように、検出電極 1 2 に接続されると共に参照信号 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 の存在に起因して検出電極 1 2 と検出対象体 4 との間に流れる検出対象電流 I_{v1} 、および参照信号 S_s の電圧 V_s の入力に起因して検出電極 1 2 と検出対象体 4 との間に流れる参照電流 I_{s1} で構成される電流信号 $I (= I_{v1} + I_{s1})$ を検出すると共に、電流信号 I の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。なお、この電流信号 I は、交流電圧 V_1 とガード電極 1 1 の電圧 $V_r (= 電圧 V_s)$ との間の交流の電位差 ($V_1 - V_r$) に応じてその振幅が変化する、つまりこの電位差 ($V_1 - V_r$) に応じた電流値で流れる電流信号であるともいえる。

40

【0073】

検出部 1 4 A は、本例では、一例として図 5 に示すように、検出抵抗 6 1 および差動増幅部 6 2 を備えている。検出抵抗 6 1 は、一端側が検出電極 1 2 に接続されると共に、他端側が参照信号出力部 3 1 に接続されている。差動増幅部 6 2 は、3 つの演算増幅器 AP 1 ~ 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ツルメンテーションアンプで構成されている。また、この差動増幅部 6 2 では、各抵抗 R_6, R_7 にコンデンサ C

50

1, C2 がそれぞれ並列に接続されて、演算増幅器 AP3 を含む出力段が積分機能を有するように構成されている。また、この差動増幅部 62 では、各抵抗 R1 ~ R7 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おり（つまり、R2 と R3、R4 と R5、および R6 と R7 が、それぞれ同一の抵抗値に規定され）、かつコンデンサ C1, C2 についてもバランスが取られている（C1, C2 が同一の容量値に規定されている）ものとする。また、差動増幅部 62 では、差動増幅部 62 における 1 つの入力端子として機能する演算増幅器 AP1 の非反転入力端子が検出抵抗 61 の一端に接続され、差動増幅部 62 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 AP2 の非反転入力端子が参照信号出力部 31 に接続されている。この差動増幅部 62 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 S1 は以下の式で表される。

$$S1 = (V_{in2} - V_{in1}) \times (1 + 2 \times R2 / R1) \times R6 / R4$$

この場合、上記の S1 の式における $(V_{in2} - V_{in1})$ は、電流信号 $I (= I_{v1} + I_{s1})$ が流れることによって検出抵抗 61 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 14A は、上記したように、電流信号 $I (= I_{v1} + I_{s1})$ の電流値に応じて振幅が変化する検出信号 S1 を出力する。

【0074】

本体回路部 3 では、信号抽出部 32 が、検出信号 S1 を所定の利得で増幅して増幅検出信号 S3 を生成し、増幅検出信号 S3 に含まれている参照信号 Ss の信号成分を、増幅検出信号 S3 と参照信号 Ss との加算または減算によって相殺可能に検出信号 S1 の増幅の際の利得を制御すると共に、交流電圧 V1 の信号成分を増幅検出信号 S3 から抽出（生成）して出力信号 So として出力する。この場合、増幅検出信号 S3 に含まれている参照信号 Ss の信号成分とは、検出信号 S1 に含まれる参照電圧成分 Vs1（つまり、増幅検出信号 S3 に含まれている参照信号 Ss と同一周波数の信号成分）である。

【0075】

次いで、処理部 33 が、電圧検出装置 1 と同様にして、記憶処理、電圧算出処理および出力処理を実行することにより、交流電圧 V1 の実効値や振幅などを算出して、ディスプレイ装置で構成された出力部 35 に表示させる。これにより、電圧検出装置 1 による検出対象体 4 の交流電圧 V1 の検出が完了する

【0076】

したがって、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、信号抽出部 32 が増幅検出信号 S3 に含まれている参照信号 Ss と同一周波数の信号成分の振幅が一定となるように増幅検出信号 S3 の振幅を制御し、この増幅検出信号 S3 と参照信号 Ss との加算または減算によって増幅検出信号 S3 に含まれている参照信号 Ss と同一の信号成分を除去して出力信号 So として出力することにより、検出対象体 4 と検出電極 12 との間の結合容量（静電容量 C0）が未知の場合であっても（静電容量 C0 の値に拘わらず）、交流電圧 V1 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 So 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 V1 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 So 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 C0 の算出を行うことなく、交流電圧 V1 を非接触で検出することができる。

【0077】

また、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、信号抽出部 32 において、同期検波回路 43 が、増幅検出信号 S3 または出力信号 So に含まれている参照信号 Ss についての信号成分の振幅を示す検波信号 Vd を参照信号 Ss を用いた同期検波によって検出し、制御回路 44 が、この検波信号 Vd に基づいて増幅回路 41 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 Ss 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 S3 に含まれている参照信号 Ss 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 So に含まれる参照信号 Ss の信号成分を大幅に低減することができるため、交流電圧 V1 の検出精度を一層向上させることができる。

10

20

30

40

50

【0078】

また、この電圧検出装置1Aにおいても、増幅検出信号S3を構成する参照信号S_sに対する逆位相の信号成分（逆相信号成分）を基準信号S_r（本例では参照信号S_s）で相殺（キャンセル）する処理を実行する加算回路42を相殺回路として備えて信号抽出部32が構成され、制御回路44は、加算回路42に入力される増幅検出信号S3に含まれている逆相信号成分（参照信号S_sの信号成分）を基準信号S_rで相殺可能に増幅回路41の利得を制御する。したがって、この電圧検出装置1Aによっても、加算回路のような簡易な回路で相殺回路を構成することができるため、装置構成の簡略化を図りつつ、出力信号S_oを確実に生成することができる。

【0079】

なお、上記の電圧検出装置1Aでも、増幅検出信号S3に含まれている参照信号S_sの信号成分が基準信号S_r（本例では参照信号S_s）に対して逆位相になっていることを利用して、相殺回路として加算回路42を使用して、増幅検出信号S3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とを相殺しているが、検出部14Aや増幅回路41において、検出信号S1や増幅検出信号S3の位相を反転させたり、相殺回路に基準信号S_rを反転させて出力することも可能である。この構成においては、増幅検出信号S3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とを同位相とすることもできるため、この構成によれば、相殺回路として減算回路を使用することで、増幅検出信号S3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とを相殺することができる。

【0080】

また、上記の例では、相殺回路（上記例では加算回路42）に基準信号S_rとして参照信号S_sを直接入力する構成を採用しているが、図4において破線で示すように、参照信号出力部31と加算回路42との間に振幅変更部36を配設して、参照信号出力部31から出力される参照信号S_sの振幅を振幅変更部36において、k倍（kは正の実数）に変更して加算回路42に基準信号S_rとして出力する構成を採用することもできる。この構成によれば、電圧検出装置1と同様にして、振幅変更部36での倍率kを変更することにより、検出（測定）できる交流電圧V₁の範囲を拡大することができる。

【0081】

また、上記の電圧検出装置1では、例えば、絶縁部15と増幅回路41との間、参照信号出力部31と加算回路42との間、および参照信号出力部31と同期検波回路43との間をそれぞれ直接接続する構成を採用し、また、上記の電圧検出装置1Aでは、例えば、検出部14Aと増幅回路41との間、参照信号出力部31と加算回路42との間、および参照信号出力部31と同期検波回路43との間をそれぞれ直接接続する構成を採用したが、図示はしないが、必要に応じてバッファを介装する構成を採用することもできる。また、参照信号出力部31から出力される参照信号S_sをそのままのレベルで同期検波回路43に供給する構成を採用した例について上記したが、図示はしないが、一例として分圧抵抗などで構成されるアッテネータを使用して、参照信号S_sを必要なレベルに低減させて、同期検波回路43に供給する構成を採用することもできる。

【0082】

また、図示はしないが、アナログ信号である絶縁検出信号S2をデジタルデータに変換するA/D変換部、および参照信号出力部31から信号抽出部32に供給されるアナログ信号である参照信号S_sをデジタルデータに変換するA/D変換部を本体回路部3内に設けることにより、信号抽出部32での処理のすべて若しくは一部をデジタル処理で行う構成を採用することもできる。この場合、処理部33に信号抽出部32の機能を持たせる構成を採用することもでき、この構成によれば、回路部品点数を大幅に低減することができる。また、処理部33の機能と、信号抽出部32の機能とをソフトウェアで実現してもよいし、ハードウェア（DSP（Digital Signal Processor）やロジックアレイ）で実現することもできる。

【0083】

また、参照信号出力部31が、周波数および振幅が一定の交流信号（一例として正弦波

10

20

30

40

50

信号)を参照信号 S_s として出力する例について上記したが、図6に示す参照信号出力部31Aのように、正弦波信号に代えて、方形波信号を参照信号 S_s として出力する構成を採用することもできる。具体的には、参照信号出力部31Aは、方形波(方形波信号)を生成する方形波生成回路31a、および方形波(方形波信号)を積分して積分方形波(積分方形波信号)として出力する積分回路31bを備えている。この参照信号出力部31Aは、方形波生成回路31aによって生成された方形波信号を参照信号 S_s として信号抽出部32の同期検波回路43に出力すると共に、この方形波信号を基準信号 S_r として信号抽出部32の加算回路42に出力する。また、参照信号出力部31Aは、積分回路31bから出力される積分方形波信号を検出部14(電圧検出装置1Aでは検出部14A)に対して参照信号 S_s として出力する。この場合、検出部14(14A)は検出電極12を介して静電容量 C_0 と直列に接続されているため、この検出部14(14A)および静電容量 C_0 を含む回路に流れる参照電流 I_{s1} は、参照信号 S_s を微分した信号となる。

10

【0084】

したがって、参照信号出力部31Aから検出部14(14A)に対して出力する参照信号 S_s を予め積分回路31bで積分しておくことにより、方形波生成回路31aをロジック回路などを使用して簡易に構成することで、参照信号出力部31A全体の構成を簡易なものとしつつ、検出部14(14A)および静電容量 C_0 を含む回路に流れる参照電流 I_{s1} を、参照信号出力部31Aから信号抽出部32に対して出力される方形波信号と同じ方形波信号とすることができる。これにより、装置構成(具体的には、参照信号出力部31A全体の構成)を簡易なものとしつつ、信号抽出部32において、加算回路42が、増幅検出信号 S_3 を構成する参照信号 S_s に対する逆相信号成分を基準信号 S_r (本例では参照信号 S_s)で確実に相殺(キャンセル)することができ、交流電圧 V_1 の信号成分を増幅検出信号 S_3 から確実に抽出して出力信号 S_o として出力することができると共に、同期検波回路43が、参照信号 S_s で出力信号 S_o を確実に同期検波することができる。

20

【0085】

また、図7に示す参照信号出力部31Bのように、擬似ノイズ生成回路31cを備えて構成して、参照信号 S_s として擬似ノイズ信号を出力する構成を採用することもできる。この場合、参照信号出力部31Bは、擬似ノイズ生成回路31cによって生成された擬似ノイズ信号を参照信号 S_s として検出部14(14A)および信号抽出部32の同期検波回路43に出力すると共に、この方形波信号を基準信号 S_r として信号抽出部32の加算回路42に出力する。また、擬似ノイズ生成回路31cは、一例としてM系列などの線形帰還シフトレジスタなどの公知の種々のシフトレジスタを用いて構成したり、ソフトウェア処理によって擬似ノイズ信号を生成するマイコンを用いて構成することができる。このように構成された参照信号出力部31Bを使用することにより、外乱(ノイズ)の影響を受けにくい電圧検出装置1(1A)を実現することができる。

30

【0086】

次に、上記した電圧検出装置1を複数利用した線間電圧検出装置51について説明する。

【0087】

最初に、線間電圧検出装置51の構成について、図面を参照して説明する。なお、以下では、三相(R相、S相およびT相)三線式の交流電路(以下、「電路」ともいう)R、S、Tの線間電圧を検出する例について説明する。

40

【0088】

線間電圧検出装置51は、一例として、図8に示すように、電路R、S、Tの数と同数(3つ)の電圧検出装置1(以下、各電路R、S、Tに対応させて電圧検出装置1r、1s、1t(以下、特に区別しないときには「電圧検出装置1」ともいう)、算出部52、および表示部53を備え、電路R、S間の線間電圧 V_{rs} 、電路S、T間の線間電圧 V_{st} 、および電路R、T間の線間電圧 V_{rt} を非接触で検出可能に構成されている。

【0089】

各電圧検出装置1は、図8に示すように、上記したフローティング回路部2および本体

50

回路部 3 をそれぞれ備えて同一に構成されて、各電路 R, S, T を検出対象体としてこれらの交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} (各々が検出対象交流電圧) の実効値を検出して、実効値を示すデータを検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} として出力する。以下、検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} については、特に区別しないときには「検出データ D_v 」ともいう。本例では、各電圧検出装置 1 の出力部 35 は、データの送信が可能な送信装置で構成されて、処理部 33 から入力した検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} を算出部 52 に送信する機能を備えている。なお、電圧検出装置 1 における出力部 35 を除く他の構成要素については、前述した構成と同一であるため、詳細な説明を省略する。

【0090】

算出部 52 は、CPU およびメモリ (いずれも図示せず) を備えて構成されて、各電圧検出装置 1 から出力された検出データ D_v に基づいて、線間電圧を算出 (検出) する線間電圧算出処理を実行する。また、算出部 52 は、線間電圧算出処理の結果を表示部 53 に表示させる。表示部 53 は、本例では、液晶ディスプレイなどのモニタ装置で構成されている。なお、プリンタなどの印字装置で構成することもできる。また、各本体回路部 3 は、後述するように互いのグランド電位 V_g となる部位 (例えば、本体回路部 3 の筐体) G_1 同士が接続される。また、一例として、算出部 52 および表示部 53 は、3 つの本体回路部 3 のうちのいずれか 1 つの本体回路部 3 に含まれている電源回路 (不図示) から電圧の供給を受けて作動する。

10

【0091】

次いで、線間電圧検出装置 51 の検出動作について説明する。

20

【0092】

まず、検出に際して、図 8 に示すように、電圧検出装置 1r で電路 R の交流電圧 V_{rp} を検出するため、そのフローティング回路部 2 を電路 R に近づけると共に、その検出電極 12 を対応する電路 R に対向させる。同様にして、他の電圧検出装置 1s, 1t についても、電路 S, T の交流電圧 V_{sp} , V_{tp} を検出するため、各フローティング回路部 2 の検出電極 12 を対応する電路 S, T にそれぞれ対向させる。これにより、各検出電極 12 と各電路 R, S, T との間に静電容量 C_0 (図 1 参照) がそれぞれ形成された状態となり、各電圧検出装置 1r, 1s, 1t において、対応する電路 R, S, T の交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} の検出が開始される。この場合、上記したように、各電圧検出装置 1r, 1s, 1t では、静電容量 C_0 の容量値の如何に拘わらず、処理部 33 によって交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} が正確に検出される。

30

【0093】

また、各電圧検出装置 1r, 1s, 1t では、出力部 35 が、処理部 33 によって算出された各電路 R, S, T の交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} についての実効値を、それぞれ検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} として出力する。

【0094】

算出部 52 は、各電圧検出装置 1 から出力された各検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} を入力してメモリに記憶する。次いで、算出部 52 は、線間電圧算出処理を実行する。具体的には、算出部 52 は、各検出データ D_{va} , D_{vb} で示される交流電圧 V_{rp} , V_{sp} の各実効値の差分電圧を算出することにより、各電路 R, S 間の線間電圧 V_{rs} を求める (検出する)。また、算出部 52 は、同様にして、各検出データ D_{vb} , D_{vc} で示される交流電圧 V_{sp} , V_{tp} の各実効値の差分電圧を算出することにより、各電路 S, T 間の線間電圧 V_{st} を求め (検出し)、各検出データ D_{va} , D_{vc} で示される交流電圧 V_{rp} , V_{tp} の各実効値の差分電圧を算出することにより、各電路 R, T 間の線間電圧 V_{rt} を求める (検出する)。また、算出部 52 は、算出した線間電圧 V_{rs} , V_{st} , V_{rt} を表示部 53 に表示させる。

40

【0095】

このように、この線間電圧検出装置 51 によれば、電圧検出装置 1 を使用したことにより、各電圧検出装置 1 における検出電極 12 と、各電圧検出装置 1 の検出対象体としての各電路 R, S, T との間の結合容量 (静電容量 C_0) が未知の状態であっても、これらの

50

結合容量を算出することなく、線間電圧 V_{rs} , V_{st} , V_{rt} を非接触で正確に検出することができる。

【0096】

続いて、上記した電圧検出装置 1 A を複数利用した線間電圧検出装置 5 1 A について説明する。

【0097】

最初に、線間電圧検出装置 5 1 A の構成について、図面を参照して説明する。なお、線間電圧検出装置 5 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。また、以下では、三相三線式の電路 R , S , T の線間電圧を検出する例について説明する。

【0098】

線間電圧検出装置 5 1 A は、一例として、図 9 に示すように、電路 R , S , T の数と同数 (3 つ) の電圧検出装置 1 A (以下、各電路 R , S , T に対応させて電圧検出装置 1 A_r , 1 A_s , 1 A_t (以下、特に区別しないときには「電圧検出装置 1 A 」ともいう) 、算出部 5 2 、および表示部 5 3 を備え、電路 R , S 間の線間電圧 V_{rs} 、電路 S , T 間の線間電圧 V_{st} 、および電路 R , T 間の線間電圧 V_{rt} を非接触で検出可能に構成されている。

【0099】

各電圧検出装置 1 A は、図 9 に示すように、上記した検出電極 1 2 、検出部 1 4 A および本体回路部 3 をそれぞれ備えて同一に構成されて、各電路 R , S , T を検出対象体としてこれらの交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} (各々が検出対象交流電圧) の実効値を検出して、実効値を示すデータを検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} として出力する。本例では、各電圧検出装置 1 の出力部 3 5 は、データの送信が可能な送信装置で構成されて、処理部 3 3 から入力した検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} を算出部 5 2 に送信する機能を備えている。なお、電圧検出装置 1 A における出力部 3 5 を除く他の構成要素については、前述した構成と同一であるため、詳細な説明を省略する。また、算出部 5 2 および表示部 5 3 についても、前述した線間電圧検出装置 5 1 と同一であるため、詳細な説明を省略する。

【0100】

次いで、線間電圧検出装置 5 1 A の検出動作について説明する。

【0101】

まず、検出に際して、図 9 に示すように、電圧検出装置 1 A_r で電路 R の交流電圧 V_{rp} を検出するため、その検出電極 1 2 を電路 R に近づけて対向させる。同様にして、他の電圧検出装置 1 A_s , 1 A_t についても、電路 S , T の交流電圧 V_{sp} , V_{tp} を検出するため、各検出電極 1 2 を対応する電路 S , T にそれぞれ対向させる。これにより、各検出電極 1 2 と各電路 R , S , T との間に静電容量 C_0 (図 4 参照) がそれぞれ形成された状態となり、各電圧検出装置 1 A_r , 1 A_s , 1 A_t において、対応する電路 R , S , T の交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} の検出が開始される。この場合、上記したように、各電圧検出装置 1 A_r , 1 A_s , 1 A_t では、静電容量 C_0 の容量値の如何に拘わらず、処理部 3 3 によって交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} が正確に検出される。

【0102】

また、各電圧検出装置 1 A_r , 1 A_s , 1 A_t では、出力部 3 5 が、処理部 3 3 によって算出された各電路 R , S , T の交流電圧 V_{rp} , V_{sp} , V_{tp} についての実効値を、それぞれ検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} として出力する。

【0103】

算出部 5 2 は、各電圧検出装置 1 から出力された各検出データ D_{va} , D_{vb} , D_{vc} を入力してメモリに記憶する。次いで、算出部 5 2 は、線間電圧算出処理を実行して、各検出データ D_{va} , D_{vb} で示される交流電圧 V_{rp} , V_{sp} の各実効値の差分電圧を算出することにより、各電路 R , S 間の線間電圧 V_{rs} を求め、また各検出データ D_{vb} , D_{vc} で示される交流電圧 V_{sp} , V_{tp} の各実効値の差分電圧を算出することにより、

10

20

30

40

50

各電路 S , T 間の線間電圧 V_{st} を求め、また各検出データ D_{va} , D_{vc} で示される交流電圧 V_{rp} , V_{tp} の各実効値の差分電圧を算出することにより、各電路 R , T 間の線間電圧 V_{rt} を求める。また、算出部 52 は、算出した線間電圧 V_{rs} , V_{st} , V_{rt} を表示部 53 に表示させる。

【0104】

このように、この線間電圧検出装置 51A によれば、電圧検出装置 1A を使用したことにより、各電圧検出装置 1A における検出電極 12 と、各電圧検出装置 1A の検出対象体としての各電路 R , S , T との間の結合容量（静電容量 C_0 ）が未知の状態であっても、これらの結合容量を算出することなく、線間電圧 V_{rs} , V_{st} , V_{rt} を非接触で正確に検出することができる。

10

【0105】

なお、電圧検出装置 1 において使用されるフローティング電圧 V_{f+} , V_{f-} を生成する電源部 13 として、バッテリーと DC / DC コンバータ（いずれも図示せず）とを備えた構成と、バッテリーに代えて、ガード電極 11 の外部からトランスを介して電氣的に絶縁された状態でガード電極 11 内に交流電圧を供給し、この交流電圧をガード電極 11 内に設けた整流平滑部で直流電圧に変換して DC / DC コンバータに供給する構成とについて上記したが、図 10 に示すように、本体回路部 3 を構成する各構成要素（参照信号出力部 31、信号抽出部 32 および処理部 33 など）に対して不図示の電源から供給される作動用電圧（グランド電位 V_g を基準として生成される正電圧 V_{cc+} および負電圧 V_{cc-} ）に基づいて、ガード電極 11 の電圧 V_r 、つまり参照信号 S_s の電圧 V_s を基準（ゼロボルト）とした上記のフローティング電圧 V_{f+} , V_{f-} を生成する電源部 13A を使用する構成を採用することもできる。

20

【0106】

この電源部 13A は、図 11 に示すように、ガード電極 11 の電圧 V_r をゼロボルトとしたときに、正電圧 V_{cc+} に基づいてガード電極 11 の電圧 V_r に対して一定の正電圧であるフローティング電圧 V_{f+} を生成する第 1 シリーズ電源回路 61 と、負電圧 V_{cc-} に基づいてガード電極 11 の電圧 V_r に対してフローティング電圧 V_{f+} と絶対値が等しい負電圧であるフローティング電圧 V_{f-} （電圧 V_r との差分の絶対値が、フローティング電圧 V_{f+} と電圧 V_r との差分の絶対値と等しくなる電圧）を生成する第 2 シリーズ電源回路 62 とを備えている。具体的には、第 1 シリーズ電源回路 61 は、NPN 型バイポーラトランジスタ 61a（以下、「第 1 トランジスタ 61a」ともいう）、第 1 抵抗 61b、第 1 ツェナーダイオード 61c（ツェナー電圧 V_z ）および第 1 コンデンサ 61d を備えている。この場合、第 1 トランジスタ 61a は、コレクタ端子が正電圧 V_{cc+} の供給ラインに接続され、エミッタ端子がフローティング電圧 V_{f+} の出力ラインに接続され、ベース端子がツェナーダイオード 61c のカソード端子に接続されている。また、第 1 ツェナーダイオード 61c は、アノード端子が電圧 V_r の供給ラインに接続されている。第 1 抵抗 61b は、一端が第 1 トランジスタ 61a のコレクタ端子に接続されると共に、他端がベース端子に接続されている。第 1 コンデンサ 61d は、一端が第 1 トランジスタ 61a のエミッタ端子に接続されると共に、他端が電圧 V_r の供給ラインに接続されている。

30

40

【0107】

第 2 シリーズ電源回路 62 は、PNP 型バイポーラトランジスタ 62a（以下、「第 2 トランジスタ 62a」ともいう）、第 2 抵抗 62b、第 2 ツェナーダイオード 62c（第 1 ツェナーダイオード 61c と同一のツェナー電圧 V_z ）および第 2 コンデンサ 62d を備えている。この場合、第 2 トランジスタ 62a は、ベース・エミッタ端子間電圧 V_{be} が第 1 トランジスタ 61a と同一に規定されると共に、コレクタ端子が負電圧 V_{cc-} の供給ラインに接続され、エミッタ端子がフローティング電圧 V_{f-} の出力ラインに接続され、ベース端子が第 2 ツェナーダイオード 62c のアノード端子に接続されている。また、第 2 ツェナーダイオード 62c は、カソード端子が電圧 V_r の供給ラインに接続されている。第 2 抵抗 62b は、一端が第 2 トランジスタ 62a のコレクタ端子に接続されると

50

共に、他端がベース端子に接続されている。第2コンデンサ62dは、一端が第2トランジスタ62aのエミッタ端子に接続されると共に、他端が電圧 V_r の供給ラインに接続されている。

【0108】

以上の構成により、電源部13Aでは、第1シリーズ電源回路61が、正電圧 V_{cc+} からフローティング電圧 V_{f+} ($= V_r + V_z - V_{be}$) を生成して出力すると共に、第2シリーズ電源回路62が、負電圧 V_{cc-} からフローティング電圧 V_{f-} ($= V_r - V_z + V_{be}$) を生成して出力する。具体的には、第1シリーズ電源回路61では、第1ツェナーダイオード61cが第1抵抗61bから電流の供給を受けてカソード端子にツェナー電圧 V_z を発生させ、ベース端子がツェナー電圧 V_z に規定された第1トランジスタ61aが、エミッタ端子に第1ツェナーダイオード61cのアノード端子を基準として、電圧($V_z - V_{be}$)を生成する。したがって、第1シリーズ電源回路61は、グランド電位 V_g を基準としたときの電圧が($V_r + V_z - V_{be}$)となるフローティング電圧 V_{f+} を生成して出力する。また、第2シリーズ電源回路62では、第2ツェナーダイオード62cが第2抵抗62bから電流の供給を受けてアノード端子にツェナー電圧 V_z を発生させ、ベース端子がツェナー電圧 V_z に規定された第2トランジスタ62aが、エミッタ端子に第2ツェナーダイオード62cのアノード端子を基準として、電圧($-V_z + V_{be}$)を生成する。したがって、第2シリーズ電源回路62は、グランド電位 V_g を基準としたときの電圧が($V_r - V_z + V_{be}$)となるフローティング電圧 V_{f-} を生成して出力する。

10

20

【0109】

つまり、電源部13Aは、電圧($V_r + V_z - V_{be}$)が正電圧 V_{cc+} に達せず、かつ電圧($V_r - V_z + V_{be}$)が負電圧 V_{cc-} に達しない状態で電圧 V_r が変動している限りにおいて、この電圧 V_r の変動に追従しつつ、電圧 V_r に対して絶対値 $|V_z - V_{be}|$ の等しい正電圧であるフローティング電圧 V_{f+} と、負電圧であるフローティング電圧 V_{f-} とを生成して出力する。このため、フローティング回路部2内の各回路はこの各フローティング電圧 V_{f+} 、 V_{f-} の供給を受けて正常に作動する結果、フローティング回路部2から絶縁検出信号 S_2 が正常に出力される。したがって、この電源部13Aを使用することにより、バッテリーやトランスなどの高価な部品の使用を回避できる結果、電圧検出装置1の製品コストを大幅に低減することができる。なお、図示はしないが、各シリーズ電源回路61、62に公知の過電流保護回路や公知の過電圧保護回路を付加することもできる。

30

【0110】

また、フローティング回路部2に絶縁部15を配置して、検出部14で検出した検出信号 S_1 を、この検出信号 S_1 と電氣的に絶縁された絶縁検出信号 S_2 に変換して出力する構成について上記したが、図12に示すように、フローティング回路部2に絶縁部15を配置しない構成を採用することもできる。この構成では、フローティング回路部2から検出信号 S_1 と電圧 V_r を示す信号とを対にして本体回路部3へ出力し、この検出信号 S_1 および電圧 V_r を本体回路部3に配置した差動増幅回路63が入力すると共に、検出信号 S_1 および電圧 V_r の差分を示す検出信号 S_2a を絶縁検出信号 S_2 に代えて増幅回路41に出力する構成を採用することもできる。

40

【0111】

この差動増幅回路63は、一例として図12に示すように、演算増幅器63a、演算増幅器63aの反転入力端子とフローティング回路部2の増幅回路22との間に配設された入力抵抗63b、演算増幅器63aの非反転入力端子とフローティング回路部2のガード電極11との間に配設された入力抵抗63c、演算増幅器63a用の帰還抵抗63d、および演算増幅器63aの非反転入力端子とグランド電位 V_g との間に配設された抵抗63eを用いて構成することができる。また、この図12に示す構成においてフローティング回路部2の各構成要素に各フローティング電圧 V_{f+} 、 V_{f-} を供給する電源としては、上記した電源部13、13Aのいずれかを使用することができる。

50

【 0 1 1 2 】

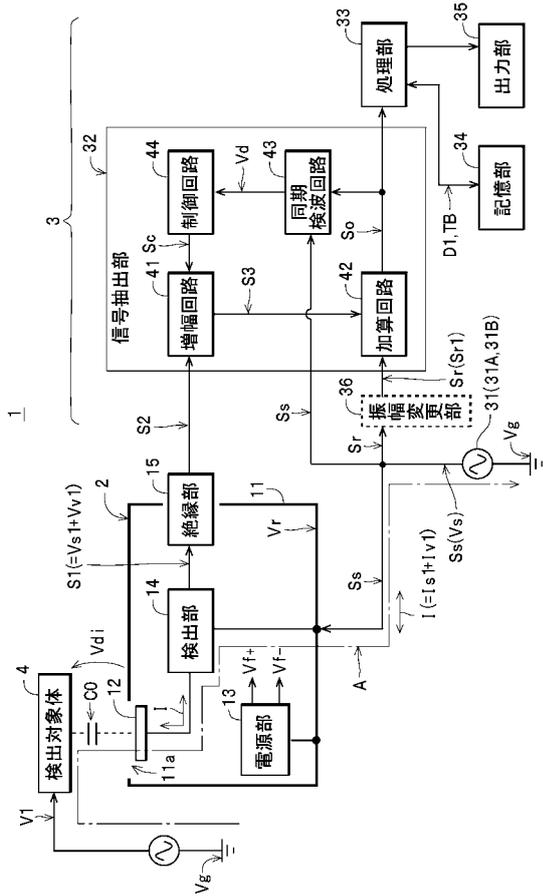
また、参照信号出力部 3 1 については、図 1 1 に示すように、参照信号出力部 1 3 にボルテージフォロア回路に構成された演算増幅器 A P 4 を追加して、全体として新たな参照信号出力部として機能させることにより、参照信号出力部 1 3 で生成された参照信号 S s をより低インピーダンスで出力する構成を採用することもできる。

【 符号の説明 】

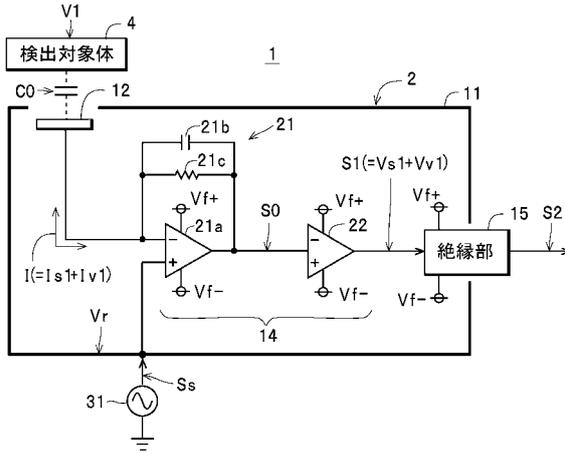
【 0 1 1 3 】

1 , 1 A , 1 r , 1 s , 1 t , 1 A r , 1 A s , 1 A t	電圧検出装置	
2	フローティング回路部	
3	本体回路部	10
4	検出対象体	
1 1	ガード電極	
1 1 a	開口部	
1 2	検出電極	
1 3 , 1 3 A	電源部	
1 4 , 1 4 A	検出部	
1 5	絶縁部	
3 1 , 3 1 A , 3 1 B	参照信号出力部	
3 2	信号抽出部	
3 3	処理部	20
3 6	振幅変更部	
4 1	増幅回路	
4 2	加算回路	
4 3	同期検波回路	
4 4	制御回路	
5 1 , 5 1 A	線間電圧検出装置	
5 2	算出部	
I	電流信号	
R , S , T	電路	
S 1	検出信号	30
S 2	絶縁検出信号	
S 3	増幅検出信号	
S o	出力信号	
S s	参照信号	
V 1 , V r p , V s p , V t p	交流電圧	
V d i	電位差	
V r s , V r t , V s t	線間電圧	

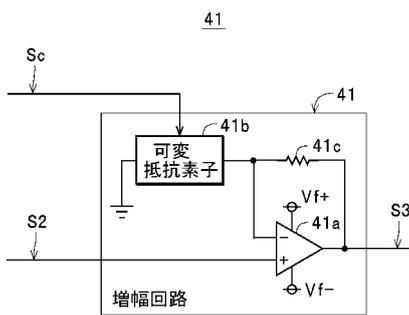
【 図 1 】



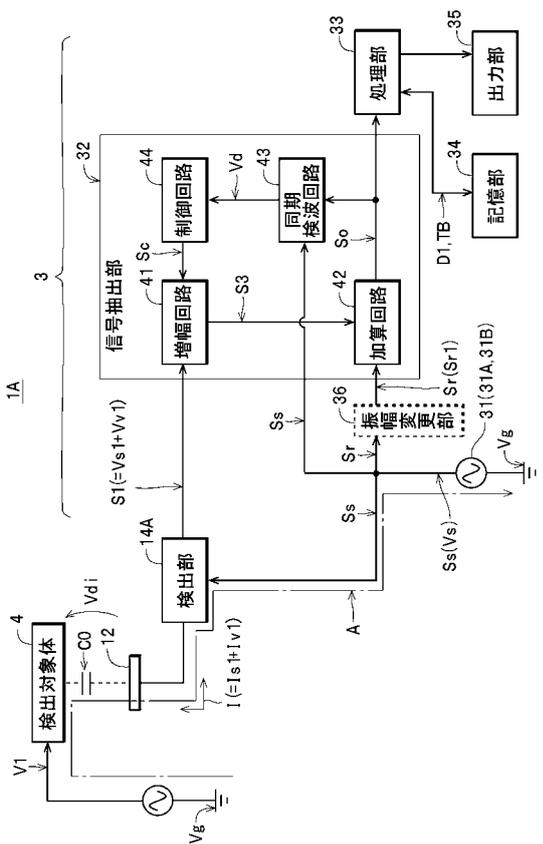
【 図 2 】



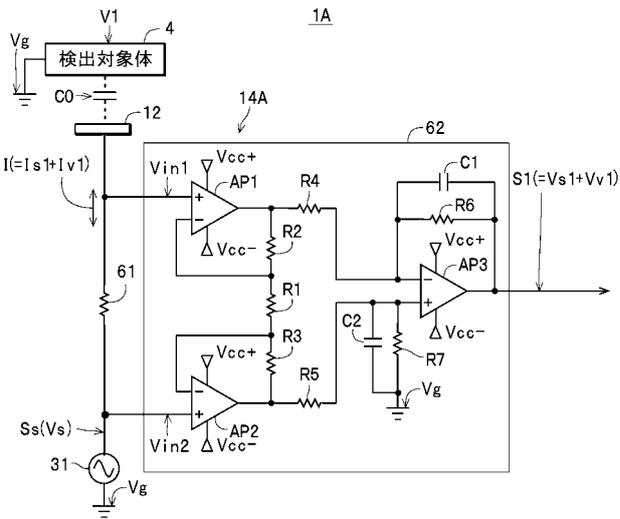
【 図 3 】



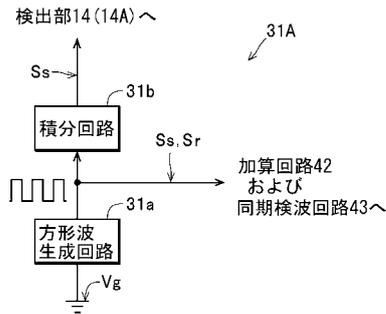
【 図 4 】



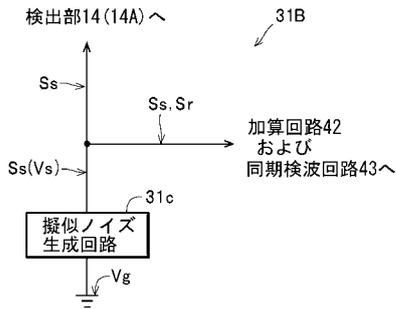
【 図 5 】



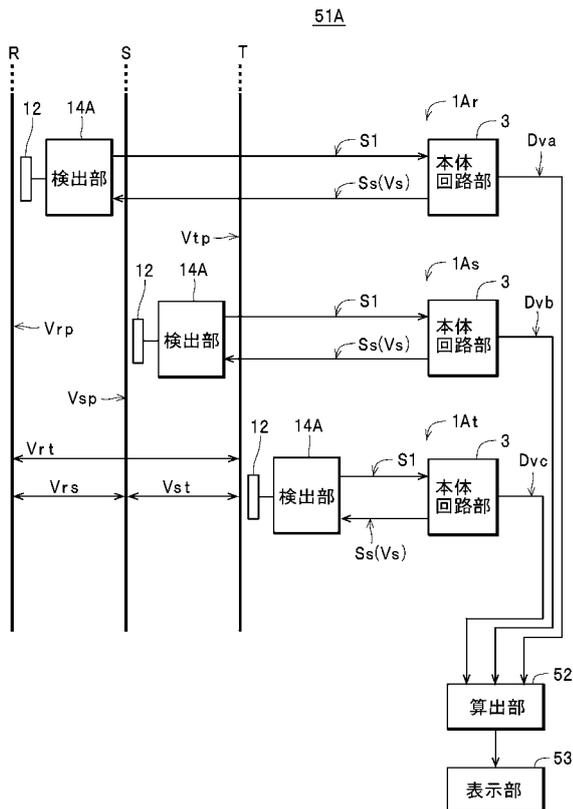
【 図 6 】



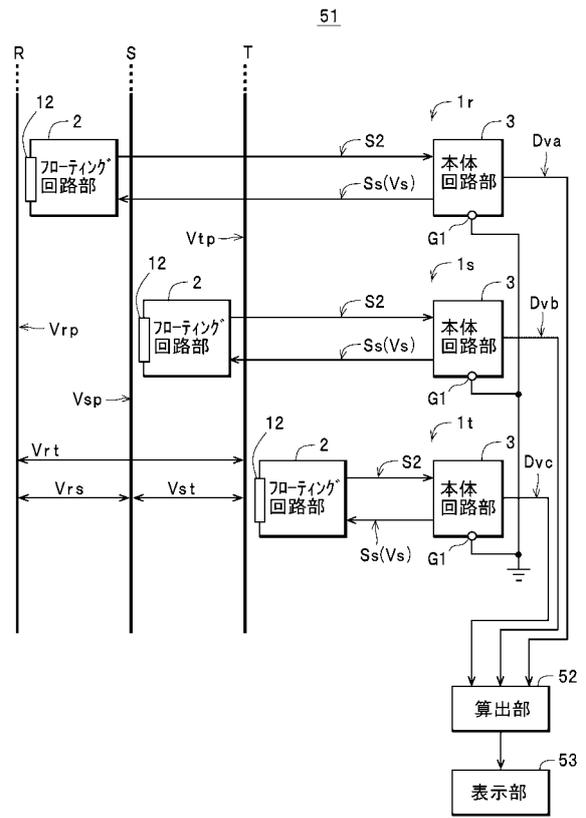
【 図 7 】



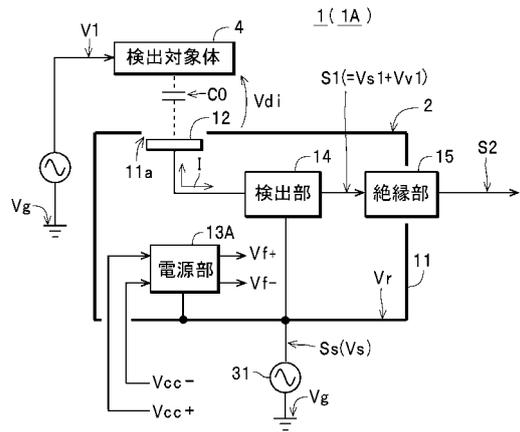
【 図 9 】



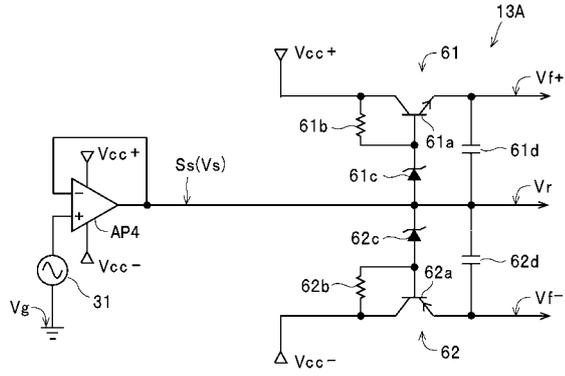
【 図 8 】



【 図 10 】



【図 1 1】



【図 1 2】

