

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7608887号
(P7608887)

(45)発行日 令和7年1月7日(2025.1.7)

(24)登録日 令和6年12月23日(2024.12.23)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 R 15/16 (2006.01)

G 0 1 R 15/16

G 0 1 R 19/00 (2006.01)

G 0 1 R 19/00

A

請求項の数 8 (全17頁)

(21)出願番号	特願2021-39429(P2021-39429)	(73)特許権者	000002945
(22)出願日	令和3年3月11日(2021.3.11)		オムロン株式会社
(65)公開番号	特開2022-139167(P2022-139167 A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地
(43)公開日	令和4年9月26日(2022.9.26)	(74)代理人	100101454
審査請求日	令和6年1月16日(2024.1.16)		弁理士 山田 卓二
		(74)代理人	100189555
			弁理士 徳山 英浩
		(74)代理人	100091524
			弁理士 和田 充夫
		(72)発明者	中村 昂洋
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町801番地 オムロン株式会社内
		(72)発明者	池本 将道
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 非接触電圧測定装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

互いに離隔して設けられる第1電極及び第2電極と、
前記第1電極と接続される第1コンデンサと、
前記第1コンデンサと互いに直列に接続される第1増幅回路と、
前記第2電極と接続される第2コンデンサと、
前記第2コンデンサと互いに直列に接続される第2増幅回路と、
演算部と、を備え、
前記第1電極及び前記第2電極の各々は、電線の導体と非接触で且つ前記電線の導体と
対向し、
前記第1コンデンサは、前記第1増幅回路の入力端子である第1入力端子に接続され、
前記第2コンデンサは、前記第2増幅回路の入力端子である第2入力端子に接続され、
前記第1増幅回路は、前記第1増幅回路の出力端子である第1出力端子と前記第1入力
端子との間に接続される第3コンデンサを備え、
前記第2増幅回路は、前記第2増幅回路の出力端子である第2出力端子と前記第2入力
端子との間に接続される第4コンデンサを備え、
前記演算部は、
前記第1コンデンサの容量、前記第2コンデンサの容量、前記第3コンデンサの容量、
前記第4コンデンサの容量、前記第1出力端子の電圧、及び前記第2出力端子の電圧に基
づいて、前記電線の導体の電圧を算出する非接触電圧測定装置。

【請求項 2】

前記演算部はさらに、前記第 1 電極と前記電線の導体との間の第 1 結合容量、前記第 2 電極と前記電線の導体との間の第 2 結合容量を算出する請求項 1 に記載の非接触電圧測定装置。

【請求項 3】

前記演算部は、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量とが等しいとして、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量とを算出する請求項 2 に記載の非接触電圧測定装置。

【請求項 4】

前記演算部は、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量との差が一定であるとして、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量とを算出する請求項 2 に記載の非接触電圧測定装置。

10

【請求項 5】

前記演算部は、以下の式 (1) から式 (6) を用いて、

$$Z_1 = (C_{L1} + C_1) / j \omega C_{L1} C_1 \cdots (1)$$

$$Z_2 = (C_{L2} + C_2) / j \omega C_{L2} C_2 \cdots (2)$$

$$Z_3 = 1 / j \omega C_3 \cdots (3)$$

$$Z_4 = 1 / j \omega C_4 \cdots (4)$$

$$V_1 = - (Z_3 / Z_1) V_L \cdots (5)$$

$$V_2 = - (Z_4 / Z_2) V_L \cdots (6)$$

ここで、

C_{L1} は、前記第 1 電極と前記電線の導体との間の第 1 結合容量であり、

20

C_{L2} は、前記第 2 電極と前記電線の導体との間の第 2 結合容量であり、

C_1 は、前記第 1 コンデンサの容量であり、

C_2 は、前記第 2 コンデンサの容量であり、

C_3 は、前記第 3 コンデンサの容量であり、

C_4 は、前記第 4 コンデンサの容量であり、

Z_1 は、前記第 1 結合容量を蓄えるコンデンサと前記第 1 コンデンサとの合成インピーダンスであり、

Z_2 は、前記第 2 結合容量を蓄えるコンデンサと前記第 2 コンデンサとの合成インピーダンスであり、

Z_3 は、前記第 3 コンデンサのインピーダンスであり、

30

Z_4 は、前記第 4 コンデンサのインピーダンスであり、

V_1 は、前記第 1 出力端子の電圧であり、

V_2 は、前記第 2 出力端子の電圧であり、

V_L は、前記電線の導体の電圧であり、

前記電線の導体の電圧を算出する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の非接触電圧測定装置。

【請求項 6】

前記非接触電圧測定装置はさらに、前記電線を把持する把持部材を備え、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記把持部材に設けられ、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極の各々は、前記把持部材が前記電線を把持するときに、前記電線の導体と対向する請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の非接触電圧測定装置。

40

【請求項 7】

前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記把持部材が前記電線を把持するときの前記電線の長手方向に沿って離隔して並置される請求項 6 に記載の非接触電圧測定装置。

【請求項 8】

前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記把持部材が前記電線を把持するときに、前記電線の中心軸を挟んで互いに対向するように配置される請求項 6 に記載の非接触電圧測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、電線の導体と非接触で当該導体の電圧を測定する非接触電圧測定装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

2つの電極を備え、2つの電極の各々に誘起される電圧から電線の導体の電圧を算出する非接触電圧測定装置が知られている。

【 0 0 0 3 】

しかし、このような非接触電圧測定装置では、インバータ電圧駆動を行う回転機に供給される駆動電圧を正確に算出できない。インバータ電圧駆動を行う回転機の駆動電圧を測定するためには、複数の周波数成分を含む電圧の測定を行う必要があるためである。

10

【 0 0 0 4 】

そこで、特許文献1に開示された非接触電圧測定装置は、第1電極に接続された第1電圧計測部と、第2電極に接続された第2電圧計測部と、各電圧計測部で計測されたデータを時間領域から周波数領域に変換する時間領域・周波数領域変換部と、周波数領域に変換されたデータから、周波数ごとの電圧値を演算する周波数ごと電圧値演算部と、周波数ごとの電圧値のデータを、周波数領域から時間領域に変換する周波数領域・時間領域変換部と、時間領域に変換されたデータから、導体の電圧を演算する導体電圧演算部とを備える。つまり、特許文献1に開示された非接触電圧測定装置では、時間領域・周波数領域変換部と、周波数ごと電圧値演算部と、周波数領域・時間領域変換部とを備えることによって、複数の周波数成分を含む電圧の測定を行うことができる。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 文献 】特開 2 0 2 0 - 9 1 2 0 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 6 】

しかし、特許文献1に開示された非接触電圧測定装置では、各電圧計測部で計測されたデータを時間領域から周波数領域に変換して、周波数ごとに電圧値を演算し、周波数ごとのデータを周波数領域から時間領域に変換する必要がある。この場合、演算過程において、フーリエ変換等を用いる必要があり、演算が複雑化してしまう。

30

【 0 0 0 7 】

従って、本発明の目的は、前記課題を解決することによって、従来技術より簡単な演算で、しかも環境変化に対応してリアルタイムで電線の導体の電圧を測定することができる非接触電圧測定装置を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

前記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

本発明の一態様に係る非接触電圧測定装置は、

40

互いに離隔して設けられる第1電極及び第2電極と、

前記第1電極と接続される第1コンデンサと、

前記第1コンデンサと互いに直列に接続される第1増幅回路と、

前記第2電極と接続される第2コンデンサと、

前記第2コンデンサと互いに直列に接続される第2増幅回路と、

演算部と、を備え、

前記第1電極及び前記第2電極の各々は、電線の導体と非接触で且つ前記電線の導体と対向し、

前記第1コンデンサは、前記第1増幅回路の入力端子に接続され、

前記第2コンデンサは、前記第2増幅回路の入力端子に接続され、

50

前記第 1 増幅回路は、出力端子と入力端子との間に接続される第 3 コンデンサを備え、
前記第 2 増幅回路は、出力端子と入力端子との間に接続される第 4 コンデンサを備え、
前記演算部は、

前記第 1 コンデンサの容量、前記第 2 コンデンサの容量、前記第 3 コンデンサの容量、
前記第 4 コンデンサの容量、前記第 1 増幅回路の出力端子の電圧、及び前記第 2 増幅回路
の出力端子の電圧に基づいて、前記電線の導体の電圧を算出する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、従来技術より簡単な演算で、しかも環境変化に対応してリアルタイム
で電線の導体の電圧を測定することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材の側面図。

【図 2】図 1 の把持部材のアームの斜視図。

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置のブロック図。

【図 4】本発明の第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置の等価回路図。

【図 5】電線の導体の電圧を測定する過程を示すフローチャート。

【図 6】本発明の第 2 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材の正面図。

【図 7】本発明の第 3 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材の斜視図。

【発明を実施するための形態】

20

【0011】

本発明の一態様に係る非接触電圧測定装置は、

互いに離隔して設けられる第 1 電極及び第 2 電極と、

前記第 1 電極と接続される第 1 コンデンサと、

前記第 1 コンデンサと互いに直列に接続される第 1 増幅回路と、

前記第 2 電極と接続される第 2 コンデンサと、

前記第 2 コンデンサと互いに直列に接続される第 2 増幅回路と、

演算部と、を備え、

前記第 1 電極及び前記第 2 電極の各々は、電線の導体と非接触で且つ前記電線の導体と
対向し、

30

前記第 1 コンデンサは、前記第 1 増幅回路の入力端子に接続され、

前記第 2 コンデンサは、前記第 2 増幅回路の入力端子に接続され、

前記第 1 増幅回路は、出力端子と入力端子との間に接続される第 3 コンデンサを備え、

前記第 2 増幅回路は、出力端子と入力端子との間に接続される第 4 コンデンサを備え、

前記演算部は、

前記第 1 コンデンサの容量、前記第 2 コンデンサの容量、前記第 3 コンデンサの容量、
前記第 4 コンデンサの容量、前記第 1 増幅回路の出力端子の電圧、及び前記第 2 増幅回路
の出力端子の電圧に基づいて、前記電線の導体の電圧を算出する。

【0012】

この構成によれば、演算部による電線の導体の電圧の算出過程において、周波数の項を
消すことができる。これにより、フーリエ変換等を用いた複雑な演算を行うことなく、電
線の導体の電圧を算出することができる。つまり、従来技術より簡単な演算で、複数の周
波数成分を含む電圧の測定を行うことができる。

40

【0013】

この構成によれば、第 1 電極と電線の導体との間の結合容量と、第 2 電極と電線の導体
との間の結合容量とを常時求めることができる。そのため、温度及び湿度の変化、電線の
経年劣化等の環境変化による結合容量の変化にリアルタイムで対応することができる。

【0014】

前記非接触電圧測定装置において、前記演算部はさらに、前記第 1 電極と前記電線の導
体との間の第 1 結合容量、前記第 2 電極と前記電線の導体との間の第 2 結合容量を算出し

50

てもよい。

【 0 0 1 5 】

この構成によれば、演算部は、電線の導体の電圧と同様にして、第 1 コンデンサ～第 4 コンデンサの容量、前記第 1 増幅回路の出力端子の電圧、及び前記第 2 増幅回路の出力端子の電圧に基づいて、第 1 結合容量及び第 2 結合容量を算出することができる。

【 0 0 1 6 】

前記非接触電圧測定装置において、前記演算部は、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量とが等しいとして、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量とを算出してもよい。

【 0 0 1 7 】

この構成によれば、第 1 結合容量と第 2 結合容量とを簡単な演算で算出することができる。

10

【 0 0 1 8 】

前記非接触電圧測定装置において、前記演算部は、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量との差が一定であるとして、前記第 1 結合容量と前記第 2 結合容量とを算出してもよい。

【 0 0 1 9 】

この構成によれば、第 1 結合容量と第 2 結合容量とが等しくない場合であっても、第 1 結合容量と第 2 結合容量とを算出することができる。

【 0 0 2 0 】

前記非接触電圧測定装置において、前記演算部は、以下の式 (1) から式 (6) を用いて、

20

$$Z_1 = (C_{L1} + C_1) / j \omega C_{L1} C_1 \cdots (1)$$

$$Z_2 = (C_{L2} + C_2) / j \omega C_{L2} C_2 \cdots (2)$$

$$Z_3 = 1 / j \omega C_3 \cdots (3)$$

$$Z_4 = 1 / j \omega C_4 \cdots (4)$$

$$V_1 = - (Z_3 / Z_1) V_L \cdots (5)$$

$$V_2 = - (Z_4 / Z_2) V_L \cdots (6)$$

ここで、

C_{L1} は、前記第 1 電極と前記電線の導体との間の第 1 結合容量であり、

C_{L2} は、前記第 2 電極と前記電線の導体との間の第 2 結合容量であり、

C_1 は、前記第 1 コンデンサの容量であり、

30

C_2 は、前記第 2 コンデンサの容量であり、

C_3 は、前記第 3 コンデンサの容量であり、

C_4 は、前記第 4 コンデンサの容量であり、

Z_1 は、前記第 1 結合容量を蓄えるコンデンサと前記第 1 コンデンサとの合成インピーダンスであり、

Z_2 は、前記第 2 結合容量を蓄えるコンデンサと前記第 2 コンデンサとの合成インピーダンスであり、

Z_3 は、前記第 3 コンデンサのインピーダンスであり、

Z_4 は、前記第 4 コンデンサのインピーダンスであり、

V_1 は、前記第 1 増幅回路の出力端子の電圧であり、

40

V_2 は、前記第 2 増幅回路の出力端子の電圧であり、

V_L は、前記電線の導体の電圧であり、

前記電線の導体の電圧を算出してもよい。

【 0 0 2 1 】

この構成によれば、 C_{L1} と C_{L2} との関係が規定されることにより、例えば $C_{L1} = C_{L2}$ と規定されることにより、式 (1) 及び式 (3) が代入された式 (5) と、式 (2) 及び式 (4) が代入された式 (6) との連立方程式が導出される。この連立方程式を解くことによって、第 1 結合容量 C_{L1} 、第 2 結合容量 C_{L2} 、及び電線の導体の電圧 V_L を算出することができる。前記の連立方程式を解く過程において、 ω の項 (周波数の項) が消える。これにより、フーリエ変換等を用いた複雑な演算を行うことなく、当該連立方程式

50

を解くことができる。つまり、従来技術より簡単な演算で、複数の周波数成分を含む電圧の測定を行うことができる。

【 0 0 2 2 】

前記非接触電圧測定装置はさらに、前記電線を把持する把持部材を備えてもよく、前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記把持部材に設けられてもよく、前記第 1 電極及び前記第 2 電極の各々は、前記把持部材が前記電線を把持するときに、前記電線の導体と対向してもよい。

【 0 0 2 3 】

この構成によれば、把持部材が電線を把持することによって、電線の導体の電圧を算出することができる。

10

【 0 0 2 4 】

前記非接触電圧測定装置において、前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記把持部材が前記電線を把持するときの前記電線の長手方向に沿って離隔して並置されてもよい。

【 0 0 2 5 】

この構成によれば、第 1 電極と電線の導体との間の結合容量と、第 2 電極と電線の導体との間の結合容量とを同一または略同一とすることができる。

【 0 0 2 6 】

前記非接触電圧測定装置において、前記第 1 電極及び前記第 2 電極は、前記把持部材が前記電線を把持するときに、前記電線の中心軸を挟んで互いに対向するように配置されてもよい。

20

【 0 0 2 7 】

この構成によれば、第 1 電極と電線の導体との間の結合容量と、第 2 電極と電線の導体との間の結合容量とを同一または略同一とすることができる。

【 0 0 2 8 】

< 第 1 実施形態 >

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材の側面図である。図 2 は、図 1 の把持部材のアームの斜視図である。図 3 は、本発明の第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置のブロック図である。

【 0 0 2 9 】

非接触電圧測定装置 1 は、電線の導体の電圧を、当該導体とは非接触で測定する。第 1 実施形態において、非接触電圧測定装置 1 は、モータ 4 に接続された 3 相の電線 2 A , 2 B , 2 C の導体 2 A a , 2 B a , 2 C a (図 3 参照) の電圧を測定する。非接触電圧測定装置 1 の把持部材 1 0 が、3 相の電線 2 A , 2 B , 2 C のいずれかを把持する。非接触電圧測定装置 1 は、把持部材 1 0 が把持した電線の導体の電圧を測定する。図 1 では、把持部材 1 0 は、電線 2 A を把持している。図 3 では、非接触電圧測定装置 1 は、電線 2 A の導体 2 A a の電圧を測定している。非接触電圧測定装置 1 によって測定された電圧は、表示部 3 に表示される。

30

【 0 0 3 0 】

第 1 実施形態では、図 3 に示すように、電線 2 A は、導体 2 A a と、導体 2 A a を覆う被覆部 2 A b とを備える。同様に、電線 2 B は、導体 2 B a と、導体 2 B a を覆う被覆部 2 B b とを備え、電線 2 C は、導体 2 C a と、導体 2 C a を覆う被覆部 2 C b とを備える。

40

【 0 0 3 1 】

以下では、非接触電圧測定装置 1 が、3 相の電線 2 A , 2 B , 2 C のうちの電線 2 A を把持して、電線 2 A の導体 2 A a の電圧を測定するものとして、説明が行われる。

【 0 0 3 2 】

図 1 ~ 図 3 に示すように、非接触電圧測定装置 1 は、把持部材 1 0 と、装置本体 2 0 とを備える。図 1 に示すように、把持部材 1 0 は、電線 2 A を把持する。図 3 に示すように、装置本体 2 0 は、把持部材 1 0 に接続される。

【 0 0 3 3 】

図 1 及び図 2 に示すように、把持部材 1 0 は、アーム 1 0 A , 1 0 B を備える。アーム

50

10 A, 10 Bは、電線 2 Aを挟むことによって、電線 2 Aを把持する。

【0034】

アーム 10 Aは、面 10 A aを有する。アーム 10 Bは、面 10 B aを有する。面 10 A a, 10 B aは、互いに対向する。

【0035】

図 1 に示すように、把持部材 10 を幅方向（以下、幅方向と記す。）から見て、面 10 A aは、電線 2 Aを長手方向と直交に切断したときの断面を構成する円の円弧の形状である。幅方向は、把持部材 10 が電線 2 Aを把持するときの電線 2 Aの長手方向と平行である。幅方向（電線 2 Aの長手方向）は、図 1 の紙面奥行き方向と一致し、図 3 の紙面上下方向と一致する。

10

【0036】

図 1 に示すように、幅方向から見て、面 10 B aは、面 10 A aと同様に、電線 2 Aを長手方向と直交に切断したときの断面を構成する円の円弧の形状である。

【0037】

これにより、アーム 10 A, 10 Bが電線 2 Aを把持したとき、面 10 A a, 10 B aは、電線 2 Aの被覆部 2 A bの外周面に面接触する。なお、アーム 10 A, 10 Bは、電線 2 Aとは異なる直径の電線を把持することも可能である。この場合、面 10 A a, 10 B aは、当該電線の被覆部の外周面に線接触する。

【0038】

図 2 に示すように、アーム 10 Aは、一对の軸支持部 10 A bを有する。一对の軸支持部 10 A bは幅方向に対向する。軸支持部 10 A bの各々は、軸支持部 10 A bを幅方向に貫通する貫通孔 10 A cを有する。

20

【0039】

図 1 に示すように、アーム 10 Bは、一对の軸支持部 10 B bを有する。一对の軸支持部 10 B bは、幅方向に対向する。図 1 では、一对の軸支持部 10 B bのうち的一方のみが示される。一对の軸支持部 10 B bは、幅方向の外側から一对の軸支持部 10 A bを挟む。一对の軸支持部 10 B bの各々は、凹部（不図示）を有する。凹部は、軸支持部 10 B bにおける軸支持部 10 A bを向く面に形成される。凹部は、幅方向に凹んでいる。アーム 10 Aの各貫通孔 10 A cと、アーム 10 Bの各凹部とは、幅方向に沿って一直線に並んでいる。

30

【0040】

シャフト（不図示）が、アーム 10 Aの各貫通孔 10 A cと、アーム 10 Bの各凹部とに挿通される。これにより、アーム 10 A, 10 Bは、互いに回動可能に支持される。つまり、アーム 10 Aはアーム 10 Bによって回転可能に支持され、アーム 10 Bはアーム 10 Aによって回転可能に支持される。

【0041】

ねじりコイルばね（不図示）が、一对の軸支持部 10 A bの間に配置される。ねじりコイルばねは、シャフトの周りに配置される。アーム 10 A, 10 Bは、ねじりコイルばねによって、把持部材 10 が閉じる方向に付勢される。これにより、電線 2 Aが、把持部材 10 によって把持された状態に保持される。

40

【0042】

第 1 実施形態において、アーム 10 A, 10 Bは、互いに対向する。そのため、アーム 10 A, 10 Bの先端部が互いに接触すると、把持部材 10 はそれ以上閉じない。

【0043】

図 1 及び図 2 に示すように、把持部材 10 のアーム 10 Aの内部に、2 個の電極 11, 12 が設けられる。電極 11 は、第 1 電極の一例である。電極 12 は、第 2 電極の一例である。図 2 に示すように、電極 11, 12 は、幅方向に互いに離隔して並置される。電極 11, 12 は、アーム 10 Aの面 10 A aの裏側に配置される。

【0044】

図 3 に示すように、把持部材 10 は、2 個のコンデンサ C1, C2 を備える。コンデン

50

サC₁は、第1コンデンサの一例である。コンデンサC₂は、第2コンデンサの一例である。第1実施形態において、コンデンサC₁、C₂は、アーム10Aの内部に設けられる。コンデンサC₁は、電極11に接続される。コンデンサC₂は、電極12に接続される。第1実施形態において、コンデンサC₁の容量は、数pF～数十pFに設定される。コンデンサC₂の容量は、コンデンサC₁の容量の10倍～100倍に設定される。

【0045】

前述したように、電極11、12はアーム10Aの内部に配置される。そのため、図1に示すように、把持部材10が電線2Aを把持するとき、電極11、12と電線2Aとの間に、アーム10Aがある。また、前述したように、電線2Aの導体2Aaは、被覆部2Abによって覆われる。そのため、把持部材10が電線2Aを把持するとき、電極11、12と電線2Aの導体2Aaとの間に、電線2Aの被覆部2Abがある。つまり、把持部材10が電線2Aを把持するとき、電極11、12と電線2Aの導体2Aaとの間に、アーム10Aと電線2Aの被覆部2Abとがある。すなわち、把持部材10が電線2Aを把持するとき、電極11、12は、電線2Aの導体2Aaと非接触である。

10

【0046】

また、前述したように、電極11、12は、アーム10Aの面10Aaの裏側に配置される。そのため、把持部材10が電線2Aを把持するとき、電極11、12は、電線2Aの導体2Aaと電線2Aの径方向に対向する。

【0047】

同様に、把持部材10が電線2Bを把持するとき、電極11、12は、電線2Bの導体2Baと非接触であり、電線2Bの導体2Baと電線2Bの径方向に対向する。また、把持部材10が電線2Cを把持するとき、電極11、12は、電線2Cの導体2Caと非接触であり、電線2Cの導体2Caと電線2Cの径方向に対向する。

20

【0048】

装置本体20は、直方体形状の筐体（不図示）と、増幅回路21、22と、演算部23とを備える。増幅回路21、22と演算部23とは、筐体の内部に配置される。なお、筐体の形状は、直方体に限らない。増幅回路21は、第1増幅回路の一例である。増幅回路22は、第2増幅回路の一例である。

【0049】

増幅回路21は、コンデンサC₁に接続される。増幅回路21は、コンデンサC₁と互いに直列に接続される。増幅回路22は、コンデンサC₂に接続される。増幅回路22は、コンデンサC₂と互いに直列に接続される。増幅回路21、22の構成は、後述される。

30

【0050】

演算部23は、後述する演算を行う。演算部23は、様々な態様で実現可能である。例えば、演算部23は、メモリとCPU(Central Processing Unit)とを備えていてもよい。この場合、CPUが、メモリに記憶されたプログラムを実行することによって、後述する演算が実行される。また、例えば、演算部23は、後述する演算が実行可能な回路によって構成されてもよい。このような回路は、例えば、ASIC(Application Specific Integrated Circuit)、FPGA(Field Programmable Gate Array)等である。演算部23は、前述した構成が組み合わされて実現されてもよい。例えば、演算部23は、メモリと、CPUと、ASICとを備えていてもよい。

40

【0051】

演算部23は、表示部3に接続される。表示部3は、LEDや液晶等複数を備えた公知のディスプレイである。表示部3は、電線2の導体の電圧を示す情報を演算部23から受け取り、電線2の導体の電圧値を、ユーザが認識可能な形式（例えば数字）で表示する。

【0052】

図4は、本発明の第1実施形態に係る非接触電圧測定装置の等価回路図である。以下に、増幅回路21、22の構成と、演算部23が実行する演算とが説明される。

【0053】

増幅回路21は、演算増幅器211と、コンデンサC₃とを備える。コンデンサC₃は

50

、第3コンデンサの一例である。演算増幅器211の反転入力端子211Bに、コンデンサ C_1 が接続される。演算増幅器211の非反転入力端子211Aは、グランドに接続される。コンデンサ C_3 は、演算増幅器211の反転入力端子211Bと出力端子211Cとに接続される。言い換えると、コンデンサ C_3 は、演算増幅器211の反転入力端子211Bと出力端子211Cとの間に接続される。増幅回路21の出力端子211Cは、演算部23と接続される。増幅回路21の出力端子211Cと演算部23との間は、検出電圧出力点212である。検出電圧出力点212の電圧は、言い換えると、増幅回路21の出力端子211Cの電圧である。

【0054】

増幅回路22は、演算増幅器221と、コンデンサ C_4 とを備える。コンデンサ C_4 は、第4コンデンサの一例である。演算増幅器221の反転入力端子221Bに、コンデンサ C_2 が接続される。演算増幅器221の非反転入力端子221Aは、グランドに接続される。コンデンサ C_4 は、演算増幅器221の反転入力端子221Bと出力端子221Cとに接続される。言い換えると、コンデンサ C_4 は、演算増幅器221の反転入力端子221Bと出力端子221Cとの間に接続される。増幅回路22の出力端子221Cは、演算部23と接続される。増幅回路22の出力端子221Cと演算部23との間は、検出電圧出力点222である。検出電圧出力点222の電圧は、言い換えると、増幅回路22の出力端子221Cの電圧である。

【0055】

第1実施形態において、コンデンサ C_3 の容量は、例えば、コンデンサ C_1 の容量と同様に、数pF～数十pFに設定される。コンデンサ C_4 の容量は、例えば、コンデンサ C_2 の容量と同様に、コンデンサ C_3 の容量の10倍～100倍に設定される。

【0056】

演算部23は、検出電圧出力点212、222から得た電圧と、予め設定されるコンデンサ $C_1 \sim C_4$ の各々の容量とに基づいて、結合容量と、電線2Aの導体2Aaの電圧とを算出する。

【0057】

結合容量は、容量結合している非接触電圧測定装置1と電線2Aとの間のうち、電極11と電線2Aの導体2Aaとの間、及び、電極12と電線2Aの導体2Aaとの間に存在する。つまり、図4に示すように、電極11と電線2Aの導体2Aaとの間に、コンデンサ C_{L1} が等価的に接続され、電極12と電線2Aの導体2Aaとの間に、コンデンサ C_{L2} が等価的に接続される。つまり、演算部23が算出する結合容量は、コンデンサ C_{L1} に蓄えられる容量と、コンデンサ C_{L2} に蓄えられる容量とを指す。コンデンサ C_{L1} に蓄えられる容量は、第1結合容量の一例である。コンデンサ C_{L2} に蓄えられる容量は、第2結合容量の一例である。

【0058】

演算部23は、以下の式(1)～式(6)を用いて、電極11と電線2Aの導体2Aaとの間の結合容量、電極12と電線2Aの導体2Aaとの間の結合容量、及び電線2Aの導体2Aaの電圧を算出する。なお、演算部23は、前記の結合容量を算出しなくてもよい。つまり、演算部23は、少なくとも電線2Aの導体2Aaの電圧を算出すればよい。

【0059】

$$Z_1 = (C_{L1} + C_1) / j\omega C_{L1} C_1 \quad \cdots (1)$$

$$Z_2 = (C_{L2} + C_2) / j\omega C_{L2} C_2 \quad \cdots (2)$$

$$Z_3 = 1 / j\omega C_3 \quad \cdots (3)$$

$$Z_4 = 1 / j\omega C_4 \quad \cdots (4)$$

$$V_1 = - (Z_3 / Z_1) V_L \quad \cdots (5)$$

$$V_2 = - (Z_4 / Z_2) V_L \quad \cdots (6)$$

【0060】

前述の式(1)～式(4)において、「C」を含む各記号の意味は、以下の通りである。C $_{L1}$ は、電極11と電線2Aの導体2Aaとの間の結合容量(コンデンサ C_{L1} に蓄え

10

20

30

40

50

られる容量)である。 C_{L2} は、電極12と電線2Aの導体2Aaとの間の結合容量(コンデンサ C_{L2} に蓄えられる容量)である。 C_1 は、コンデンサ C_1 の容量である。 C_2 は、コンデンサ C_2 の容量である。 C_3 は、コンデンサ C_3 の容量である。 C_4 は、コンデンサ C_4 の容量である。

【0061】

前述の式(1)～式(6)において、「Z」を含む各記号の意味は、以下の通りである。 Z_1 は、コンデンサ C_{L1} とコンデンサ C_1 との合成インピーダンスである。 Z_2 は、コンデンサ C_{L2} とコンデンサ C_2 との合成インピーダンスである。 Z_3 は、コンデンサ C_3 のインピーダンスである。 Z_4 は、コンデンサ C_4 のインピーダンスである。

【0062】

前述の式(5)及び式(6)において、「V」を含む各記号の意味は、以下の通りである。 V_1 は、検出電圧出力点212の電圧、つまり増幅回路21の出力端子211Cの電圧である。 V_2 は、検出電圧出力点222の電圧、つまり増幅回路22の出力端子221Cの電圧である。 V_L は、電線2Aの導体2Aaの電圧である。なお、式(5)、(6)は、反転増幅回路である増幅回路21, 22における入力電圧と出力電圧との関係式である。

【0063】

式(1)及び式(2)が式(5)に代入され、式(3)及び式(4)が式(6)に代入される。また、第1実施形態では、 $C_{L1} = C_{L2} = C_L$ とされる。 C_L は、非接触電圧測定装置1と電線2Aとの間に存在する結合容量である。これにより、未知の値が C_L と V_L である二次元連立方程式が導出される。この二次元連立方程式を解くことによって、以下の式(7)及び式(8)が導出される。

【0064】

$$C_L = - (C_1 C_2 C_4 V_2 - C_1 C_2 C_3 V_1) / (C_1 C_4 V_2 - C_2 C_3 V_1) \quad \dots (7)$$

$$V_L = - ((C_2 - C_1) C_3 C_4 V_1 V_2) / (C_1 C_2 C_4 V_2 - C_1 C_2 C_3 V_1) \quad \dots (8)$$

【0065】

式(7)及び式(8)の右辺は、全て既知の値である。そのため、式(7)より結合容量 C_L が算出され、式(8)より電線2Aの導体2Aaの電圧 V_L が算出される。

【0066】

図5は、電線の導体の電圧を測定する過程を示すフローチャートである。以下、図5を参照しつつ、演算部23が、電線2Aの導体2Aaの電圧 V_L と、非接触電圧測定装置1と電線2Aとの間に存在する結合容量 C_L とを算出する手順が説明される。

【0067】

最初に、演算部23は、以下のようにして、各増幅回路21, 22の電圧 V_1 , V_2 を計測する(S10)。モータ4に電力を供給するために、3相の電線2A, 2B, 2Cに電圧が印加されると、コンデンサ C_{L1} 、コンデンサ C_1 、増幅回路21を介して検出電圧出力点212に電圧 V_1 が印加される。また、コンデンサ C_{L2} 、コンデンサ C_2 、増幅回路22を介して検出電圧出力点222に電圧 V_2 が印加される。演算部23は、これらの電圧 V_1 , V_2 を取得する。

【0068】

次に、演算部23は、式(7)によって結合容量 C_L を算出する(S20)。次に、演算部23は、式(8)によって電線2Aの導体2Aaの電圧 V_L を算出する(S30)。なお、ステップS20, S30の実行順序は逆でもよいし、ステップS20, S30が並行して実行されてもよい。

【0069】

第1実施形態によれば、演算部23による電線2Aの導体2Aaの電圧の算出過程において、周波数の項を消すことができる。これにより、フーリエ変換等を用いた複雑な演算を行うことなく、電線2Aの導体2Aaの電圧を算出することができる。つまり、従来技

10

20

30

40

50

術より簡単な演算で、複数の周波数成分を含む電圧の測定を行うことができる。

【 0 0 7 0 】

第 1 実施形態によれば、電極 1 1 と電線 2 A の導体 2 A a との間の結合容量と、電極 1 2 と電線 2 A の導体 2 A a との間の結合容量とを常時求めることができる。そのため、温度及び湿度の変化、電線の経年劣化等の環境変化による結合容量の変化にリアルタイムで対応することができる。

【 0 0 7 1 】

第 1 実施形態によれば、演算部 2 3 は、電線 2 A の導体 2 A a の電圧と同様にして、コンデンサ C_1 , C_2 , C_3 , C_4 の容量、増幅回路 2 1 の出力端子 2 1 1 C の電圧、及び増幅回路 2 2 の出力端子 2 2 1 C の電圧に基づいて、結合容量 C_{L1} , C_{L2} を算出することができる。

10

【 0 0 7 2 】

第 1 実施形態では、 $C_{L1} = C_{L2} = C_L$ とされる。これにより、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とを簡単な演算で算出することができる。

【 0 0 7 3 】

第 1 実施形態によれば、 C_{L1} と C_{L2} との関係が規定されることにより、例えば $C_{L1} = C_{L2}$ と規定されることにより、式 (1) 及び式 (3) が代入された式 (5) と、式 (2) 及び式 (4) が代入された式 (6) との連立方程式が導出される。この連立方程式を解くことによって、結合容量 C_{L1} 、結合容量 C_{L2} 、及び電線の導体の電圧 V_L を算出することができる。前記の連立方程式を解く過程において、 ω の項 (周波数の項) が消える。これにより、フーリエ変換等を用いた複雑な演算を行うことなく、当該連立方程式を解くことができる。つまり、従来技術より簡単な演算で、複数の周波数成分を含む電圧の測定を行うことができる。

20

【 0 0 7 4 】

第 1 実施形態によれば、把持部材 1 0 が電線 2 A を把持することによって、電線 2 A の導体 2 A a の電圧を算出することができる。

【 0 0 7 5 】

第 1 実施形態によれば、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とを同一または略同一とすることができる。

【 0 0 7 6 】

第 1 実施形態では、電極 1 1 , 1 2 及びコンデンサ C_1 , C_2 は、把持部材 1 0 のアーム 1 0 A の内部に設けられる。しかし、電極 1 1 , 1 2 及びコンデンサ C_1 , C_2 は、把持部材 1 0 のアーム 1 0 B の内部に設けられてもよい。この場合、電極 1 1 , 1 2 は、例えば、アーム 1 0 B の面 1 0 B a の裏側に配置される。

30

【 0 0 7 7 】

第 1 実施形態では、電線 2 A は、導体 2 A a と、導体 2 A a を覆う被覆部 2 A b とを備える。しかし、電線 2 A は、被覆部 2 A b を備えていなくてもよい。この場合、電線 2 A の導体 2 A a は、外部に剥き出しである。しかし、第 1 実施形態では、電極 1 1 , 1 2 は、把持部材 1 0 のアーム 1 0 A の内部に設けられる。そのため、把持部材 1 0 が電線 2 A を把持するとき、電極 1 1 , 1 2 と電線 2 A の導体 2 A a との間に、アーム 1 0 A がある。よって、この場合であっても、把持部材 1 0 が電線 2 A を把持するとき、電極 1 1 , 1 2 は、電線 2 A の導体 2 A a と非接触である。なお、電線 2 B , 2 C も、それぞれ被覆部 2 B b , 2 C b を備えていなくてもよい。

40

【 0 0 7 8 】

第 1 実施形態では、電極 1 1 , 1 2 は、把持部材 1 0 のアーム 1 0 A の内部に設けられる。しかし、電極 1 1 , 1 2 は、アーム 1 0 A の外部に設けられてもよい。例えば、電極 1 1 , 1 2 は、アーム 1 0 A の面 1 0 A a に設けられてもよい。この場合、電極 1 1 , 1 2 は外部に剥き出しである。しかし、第 1 実施形態では、電線 2 A , 2 B , 2 C の各々は、被覆部 2 A b , 2 B b , 2 C b を備える。そのため、例えば、把持部材 1 0 が電線 2 A を把持するとき、電極 1 1 , 1 2 と電線 2 A の導体 2 A a との間に、電線 2 A の被覆部 2

50

A bがある。よって、この場合であっても、把持部材 1 0 が電線 2 A を把持するとき、電極 1 1 , 1 2 は、電線 2 A の導体 2 A a と非接触である。

【 0 0 7 9 】

非接触電圧測定装置 1 は、把持部材 1 0 を備えていなくてもよい。この場合、例えば、非接触電圧測定装置 1 によって電線 2 A , 2 B , 2 C の導体 2 A a , 2 B a , 2 C a の電圧が測定されるときに、剥き出しの電極 1 1 , 1 2 が、電線 2 A , 2 B , 2 C の被覆部 2 A b , 2 B b , 2 C b の外周面に貼り付けられる。

【 0 0 8 0 】

第 1 実施形態では、非接触電圧測定装置 1 は把持部材 1 0 と装置本体 2 0 とを備え、把持部材 1 0 の内部にコンデンサ C_1 , C_2 が設けられ、装置本体 2 0 の内部に増幅回路 2 1 , 2 2 及び演算部 2 3 が設けられる。しかし、非接触電圧測定装置 1 は、前述のような構成に限らない。例えば、コンデンサ C_1 , C_2 が把持部材 1 0 の内部ではなく、装置本体 2 0 の内部に設けられてもよい。また、例えば、増幅回路 2 1 , 2 2 が装置本体 2 0 の内部ではなく、把持部材 1 0 の内部に設けられてもよい。また、例えば、把持部材 1 0 と装置本体 2 0 とが一体に構成されていてもよい。

【 0 0 8 1 】

第 1 実施形態では、非接触電圧測定装置 1 のコンデンサ C_1 , C_2 及び演算増幅器 2 1 , 2 2 は、図 4 に示すような回路構成であるが、図 4 に示すような回路構成に限らない。

【 0 0 8 2 】

例えば、コンデンサ C_1 , C_3 が非反転入力端子 2 1 1 A に接続され、コンデンサ C_2 , C_4 が非反転入力端子 2 2 1 A に接続され、反転入力端子 2 1 1 B , 2 2 1 B がグランドに接続されていてもよい。また、例えば、コンデンサ C_1 , C_3 が反転入力端子 2 1 1 B に接続され、コンデンサ C_2 , C_4 が非反転入力端子 2 2 1 A に接続され、非反転入力端子 2 1 1 A 及び反転入力端子 2 2 1 B がグランドに接続されていてもよい。また、例えば、コンデンサ C_1 , C_3 が非反転入力端子 2 1 1 A に接続され、コンデンサ C_2 , C_4 が反転入力端子 2 2 1 B に接続され、反転入力端子 2 1 1 B 及び非反転入力端子 2 2 1 A がグランドに接続されていてもよい。

【 0 0 8 3 】

第 1 実施形態では、 $C_{L1} = C_{L2} = C_L$ と規定されることによって、式 (7) 及び式 (8) よりなる連立方程式が導出される。しかし、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とは、等しくないと規定されてもよい。例えば、 $C_{L1} + \Delta C_{L1} = C_{L2}$ とされてもよい。つまり、演算部 2 3 は、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} との差が一定であるとして、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とを算出してもよい。この場合であっても、前述した式によって結合容量 C_{L1} , C_{L2} を算出することができる。

【 0 0 8 4 】

この場合、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とが等しくない場合であっても、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とを算出することができる。

【 0 0 8 5 】

< 第 2 実施形態 >

図 6 は、本発明の第 2 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材の正面図である。第 2 実施形態に係る非接触電圧測定装置が第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置と異なることは、把持部材 1 0 1 における電極 1 1 , 1 2 の配置である。以下、第 1 実施形態と相違する構成が説明される。第 1 実施形態の非接触電圧測定装置と共通する構成については、同一の符号が付された上で、その説明は原則省略され、必要に応じて説明される。これは、後述する第 3 実施形態においても同様である。

【 0 0 8 6 】

把持部材 1 0 1 は、第 1 実施形態の把持部材 1 0 と同様に、内部に電極 1 1 , 1 2 を有する。第 2 実施形態では、図 6 に示すように、電極 1 1 はアーム 1 0 A の内部に設けられ、電極 1 2 はアーム 1 0 B の内部に設けられる。電極 1 1 , 1 2 は、把持部材 1 0 1 が電

10

20

30

40

50

線 2 A を把持するときに、電線 2 A の中心軸 A X を挟んで互いに対向する位置に配置される。

【 0 0 8 7 】

第 2 実施形態によれば、結合容量 C_{L1} と結合容量 C_{L2} とを同一または略同一とすることができる。

【 0 0 8 8 】

< 第 3 実施形態 >

図 7 は、本発明の第 3 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材の斜視図である。第 3 実施形態に係る非接触電圧測定装置が第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置と異なることは、把持部材 1 0 2 において、アーム 1 0 A , 1 0 B が互いに対向していないことである。以下、第 1 実施形態と相違する構成が説明される。

【 0 0 8 9 】

図 7 に示すように、把持部材 1 0 2 は、図 1 に示すアーム 1 0 B の代わりにアーム 1 0 C を備える。

【 0 0 9 0 】

アーム 1 0 C は、一对の突出部 1 0 C A を備える。一对の突出部 1 0 C A は、互いに幅方向に対向する。一对の突出部 1 0 C A は、アーム 1 0 A を幅方向に挟む位置に形成される。アーム 1 0 A と一对の突出部 1 0 C A とは、電線 2 A を挟むことによって、電線 2 A を把持する。一对の突出部 1 0 C A は、アーム 1 0 A と対向していない。一对の突出部 1 0 C A の各々は、面 1 0 C a を有する。面 1 0 C a は、アーム 1 0 A の面 1 0 A a と対向していない。

【 0 0 9 1 】

アーム 1 0 C は、一对の軸支持部 1 0 C b を有する。図 7 では、一对の軸支持部 1 0 C b のうちの一方のみが示される。一对の軸支持部 1 0 C b は、幅方向に対向する。一对の軸支持部 1 0 C b は、幅方向の外側から一对の軸支持部 1 0 A b を挟む。一对の軸支持部 1 0 C b の各々は、貫通孔 1 0 C c を有する。アーム 1 0 A の各貫通孔 1 0 A c と、アーム 1 0 C の各貫通孔 1 0 C c とは、幅方向に沿って一直線に並んでいる。これにより、第 1 実施形態と同様に、アーム 1 0 A , 1 0 C は、互いに回動可能に支持される。

【 0 0 9 2 】

第 1 実施形態では、アーム 1 0 A , 1 0 B は、互いに対向する。そのため、アーム 1 0 A , 1 0 B の先端部が互いに接触すると、把持部材 1 0 はそれ以上閉じない。これに対して、第 3 実施形態では、一对の突出部 1 0 C A は、アーム 1 0 A と対向していない。そのため、把持部材 1 0 2 の一对の突出部 1 0 C A は、第 1 実施形態の把持部材 1 0 のアーム 1 0 B より、アーム 1 0 A に近づくまで閉じることができる。その結果、第 3 実施形態に係る非接触電圧測定装置の把持部材 1 0 2 は、第 1 実施形態に係る非接触電圧測定装置 1 の把持部材 1 0 より細い電線 2 を把持することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 3 】

- 1 非接触電圧測定装置
- 2 A 電線
- 2 B 電線
- 2 C 電線
- 1 0 把持部材
- 1 1 電極 (第 1 電極)
- 1 2 電極 (第 2 電極)
- 2 1 増幅回路 (第 1 増幅回路)
- 2 1 1 B 反転入力端子
- 2 1 1 C 出力端子
- 2 2 増幅回路 (第 2 増幅回路)
- 2 2 1 B 反転入力端子

10

20

30

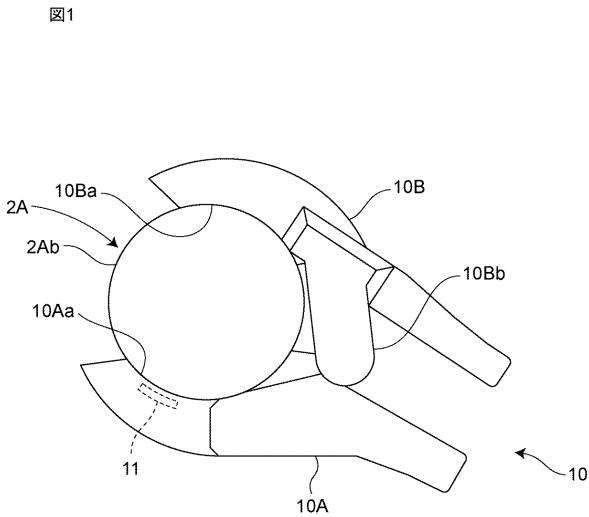
40

50

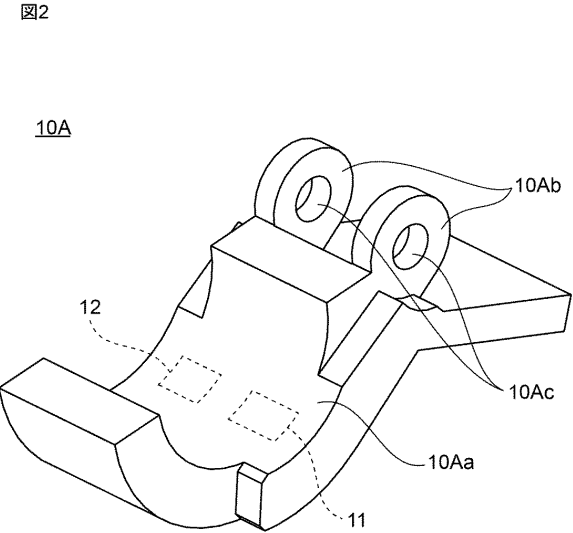
- 2 2 1 C 出力端子
- 2 3 演算部
- C 1 コンデンサ (第 1 コンデンサ)
- C 2 コンデンサ (第 2 コンデンサ)
- C 3 コンデンサ (第 3 コンデンサ)
- C 4 コンデンサ (第 4 コンデンサ)

【 図 面 】

【 図 1 】



【 図 2 】



10

20

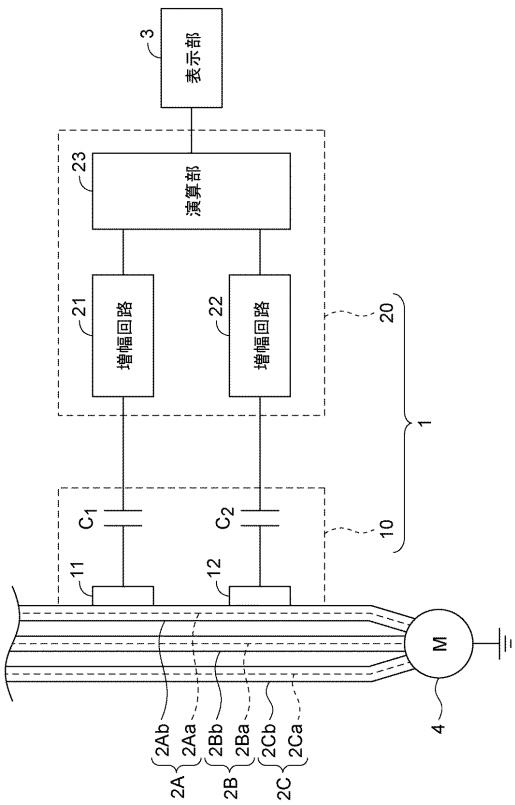
30

40

50

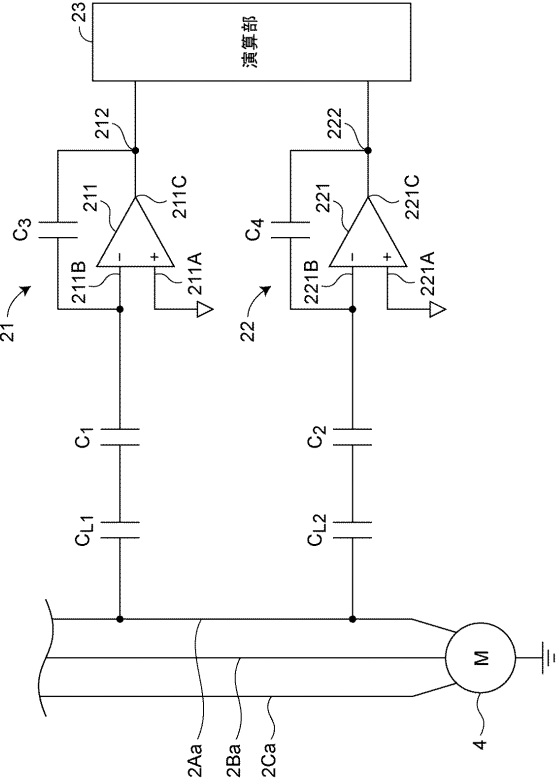
【図 3】

図3



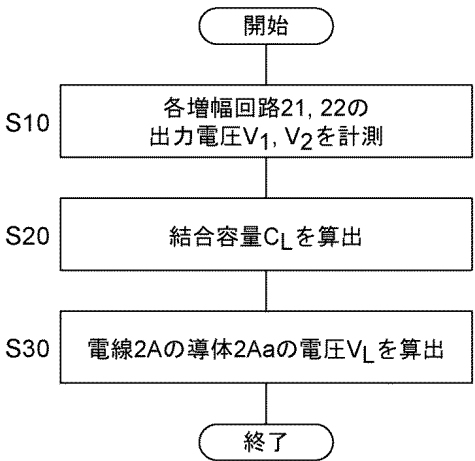
【図 4】

図4



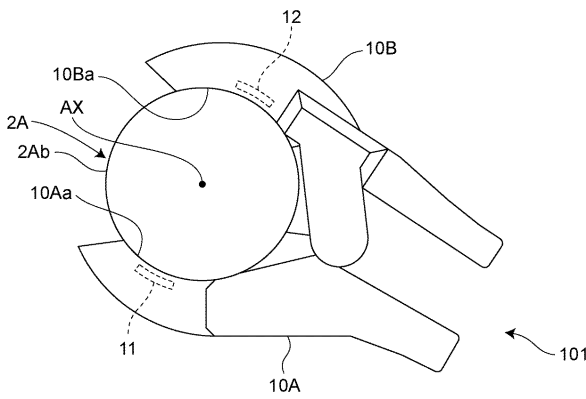
【図 5】

図5



【図 6】

図6



10

20

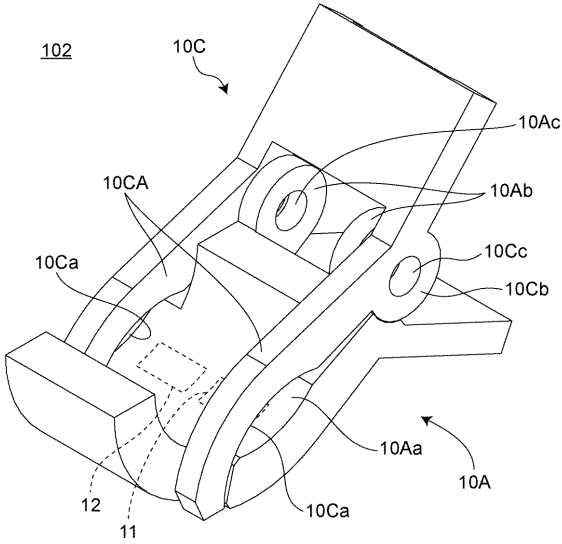
30

40

50

【 図 7 】

図7



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 佐藤 高洋
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 山田 智浩
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- (72)発明者 横田 晃司
京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町 8 0 1 番地 オムロン株式会社内
- 審査官 田口 孝明
- (56)参考文献 国際公開第 2 0 1 6 / 1 7 5 1 2 3 (W O , A 1)
特開 2 0 2 0 - 1 4 4 0 2 6 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 1 1 4 9 0 1 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 7 8 6 7 7 (J P , A)
特開 2 0 1 9 - 0 3 2 1 7 5 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 7 5 6 5 5 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 2 1 5 5 5 8 (J P , A)
中国特許出願公開第 1 1 2 3 9 4 8 4 6 (C N , A)
中国実用新案第 2 1 1 9 0 5 5 1 6 (C N , U)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
I P C G 0 1 R 1 5 / 0 0 - 1 7 / 2 2 、
1 9 / 0 0 - 1 9 / 3 2