

(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2018-105850

(P2018-105850A)

(43) 公開日 平成30年7月5日(2018.7.5)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 R 15/06 (2006.01)	GO 1 R 15/06	2 GO 25
GO 1 R 15/20 (2006.01)	GO 1 R 15/20	C 2 GO 35
GO 1 R 19/00 (2006.01)	GO 1 R 19/00	A
GO 1 R 1/22 (2006.01)	GO 1 R 1/22	A

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L 外国語出願 (全 64 頁)

(21) 出願番号	特願2017-218392 (P2017-218392)	(71) 出願人	509233459 フルークコーポレイション Fluke Corporation アメリカ合衆国、ワシントン州 9820 3、エバレット、シーウェイブルバード 6920 6920 Seaway Boulevard, Everett, Washington 98203 U. S. A.
(22) 出願日	平成29年11月13日 (2017.11.13)	(72) 発明者	ロナルド・ステウェアー アメリカ合衆国 ワシントン州 9820 3 エバレット シーウェイブルバード 6920 フルークコーポレイション内 最終頁に続く
(31) 優先権主張番号	62/421,124	(74) 代理人	110001209 特許業務法人山口国際特許事務所
(32) 優先日	平成28年11月11日 (2016.11.11)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	15/625,745		
(32) 優先日	平成29年6月16日 (2017.6.16)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

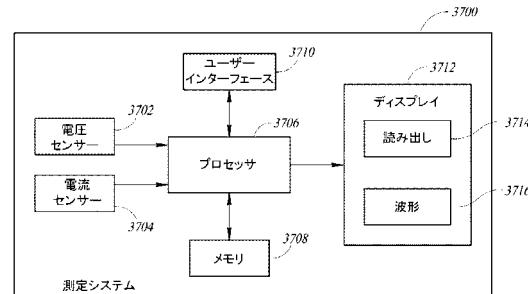
(54) 【発明の名称】非接触電気的パラメータ測定システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】絶縁電線内の交流(A C)電気的パラメータの測定を、絶縁電線とテストプローブとのガルバニック接続を必要とすることなく提供する。

【解決手段】測定システム3700は、非接触電圧センサー3702と非接触電流センサー3704との両方を含むハウジングを含む。測定システムは、測定値を、測定時間間隔中に電圧センサー及び電流センサーから取得し、測定値を処理して絶縁電線のA C電気的パラメータを判定する。A C電気的パラメータは、視覚インジケータ装置3712を介して、オペレータに示すことができる。A C電気的パラメータは、付加的又は代替的に、有線及び/又は無線通信インターフェースを介して外部デバイスに通信することができる。測定システムは、電圧センサー及び電流センサーに対する絶縁電線の機械的位置合わせに関するフィードバックをユーザーに提供する、位置合わせ用フィードバックセンサーを含むことができる。

【選択図】図28



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

非接触測定システムであって、  
前端を含むハウジングと、  
動作時に、絶縁電線内の電圧を、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、前記ハウジングの前記前端に近接して位置決めされた電圧センサーと、  
動作時に、前記絶縁電線内の電流を、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、前記ハウジングの前記前端に近接して位置決めされた電流センサーと、  
前記ハウジング内に位置決めされた少なくとも 1 つのプロセッサであって、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記電圧センサー及び前記電流センサーに動作可能に結合される、少なくとも 1 つのプロセッサと、を備え、動作時に、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、

測定時間間隔中に前記電圧センサーによって取得された電圧センサー信号であって、前記絶縁電線内の前記電圧を示す前記電圧センサー信号を、前記電圧センサーから受信し、

前記測定時間間隔中に前記電流センサーによって取得された電流センサー信号であって、前記絶縁電線内の前記電流を示す前記電流センサー信号を、前記電流センサーから受信し、

少なくとも 1 つの交流 (A C) 電気的パラメータを、前記受信された電圧センサー信号及び電流センサー信号に少なくとも部分的に基づいて判定する、非接触測定システム。

## 【請求項 2】

前記電流センサーは、磁場センサーを含む、請求項 1 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 3】

前記電圧センサーは、容量分圧器型電圧センサー、基準信号型電圧センサー又はマルチコンデンサ型電圧センサーのうちの 1 つを含む、請求項 1 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 4】

前記電圧センサーは、動作時に、前記絶縁電線内の基準信号を、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する基準信号型電圧センサーを含み、

前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記基準信号を受信し、前記絶縁電線を通って流れる前記電流の少なくとも 1 つの特性を、前記受信された基準信号に少なくとも部分的に基づいて判定する、請求項 1 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 5】

前記少なくとも 1 つの A C 電気的パラメータは、電力、位相、周波数、高調波又はエネルギーのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 1 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 6】

動作時に、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、複数の A C 電気的パラメータを、前記受信された電圧センサー信号及び電流センサー信号に少なくとも部分的に基づいて判定する、請求項 1 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 7】

前記少なくとも 1 つのプロセッサに動作可能に結合されたディスプレイを更に備え、動作時に、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記ディスプレイに前記少なくとも 1 つの A C 電気的パラメータを示させる、請求項 1 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 8】

動作時に、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記ディスプレイに前記少なくとも 1 つの A C 電気的パラメータに関連した波形又はグラフのうちの少なくとも一方を示させる、請求項 7 に記載の非接触測定システム。

## 【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのプロセッサに動作可能に結合された通信インターフェースを更に備え、動作時に、前記少なくとも 1 つのプロセッサは、前記通信インターフェースを介して、データを少なくとも 1 つの外部デバイスに送り、前記データは、前記電圧センサー信

号、前記電流センサー信号、又は、前記判定された少なくとも1つのAC電気的パラメータのうちの少なくとも1つに関連している、請求項1に記載の非接触測定システム。

【請求項10】

前記通信インターフェースは、前記データを、前記少なくとも1つの外部デバイスに無線で送るように動作可能な無線通信インターフェースを含む、請求項9に記載の非接触測定システム。

【請求項11】

少なくとも1つの外部デバイスであって、

ディスプレイと、

動作時に、前記非接触測定システムの前記通信インターフェースによって送られた前記データを受信する通信インターフェースと、

前記ディスプレイ及び前記通信インターフェースに動作可能に結合された少なくとも1つのプロセッサと、を含む、少なくとも1つの外部デバイスを更に備え、動作時に、前記少なくとも1つのプロセッサは、

前記通信インターフェースを介して、前記データを前記非接触測定システムから受信し、

前記ディスプレイに前記少なくとも1つのAC電気的パラメータを示せる、請求項9に記載の非接触測定システム。

【請求項12】

前記少なくとも1つのプロセッサに動作可能に結合され、前記非接触測定システムのハウジングの前端に近接して位置決めされた位置合わせ用フィードバックセンサーであって、動作時に、前記位置合わせ用フィードバックセンサーは、前記電圧センサー及び前記電流センサーに対する前記絶縁電線の現在の位置合わせを示す位置合わせフィードバックセンサー信号を生成する、位置合わせ用フィードバックセンサーと、

前記少なくとも1つのプロセッサに動作可能に結合されたインジケータ装置と、を更に備え、動作時に、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記位置合わせフィードバックセンサー信号を前記位置合わせ用フィードバックセンサーから受信し、前記インジケータ装置に、位置合わせ表示を、前記受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて前記非接触測定システムのユーザーに提供せる、請求項1に記載の非接触測定システム。

【請求項13】

前記インジケータ装置は、視覚インジケータ装置又は可聴インジケータ装置のうちの少なくとも一方を含む、請求項12に記載の非接触測定システム。

【請求項14】

前記インジケータ装置は、ディスプレイ又は複数の照明部のうちの少なくとも一方を含み、動作時に、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記インジケータ装置に複数の色を含む位置合わせ表示を前記ユーザーに提供させ、前記複数の色のうちのそれぞれは、前記電圧センサー及び前記電流センサーに対する前記絶縁電線の位置合わせの異なるレベルに対応する、請求項12に記載の非接触電圧測定システム。

【請求項15】

動作時に、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記インジケータ装置に、測定値精度の表示を、前記受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて提供せる、請求項12に記載の非接触測定システム。

【請求項16】

動作時に、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記インジケータ装置に、試験中の前記絶縁電線に近接して通電された回路の表示を、前記受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて提供せる、請求項12に記載の非接触測定システム。

【請求項17】

絶縁電線内の少なくとも1つの交流(AC)電気的パラメータを判定するために非接触

10

20

30

40

50

測定システムを操作する方法であって、

前記非接触測定システムのハウジング内に位置決めされた電圧センサーを介して、前記絶縁電線内の電圧を、測定時間間隔中に、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知することと、

前記非接触測定システムの前記ハウジング内に位置決めされた電流センサーを介して、前記絶縁電線内の電流を、前記測定時間間隔中に、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知することと、

前記非接触測定システムの前記ハウジング内に位置決めされた少なくとも1つのプロセッサを介して、少なくとも1つの交流(AC)電気的パラメータを、前記感知された電圧及び前記感知された電流に少なくとも部分的に基づいて判定することと、

を含む、方法。

【請求項18】

前記電圧を感知することは、容量分圧器型電圧センサー、基準信号型電圧センサー又はマルチコンデンサ型電圧センサーのうちの1つを利用して前記電圧を感知することを含み、前記電流を感知することは、磁場センサーを利用して前記電流を感知することを含む、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

少なくとも1つのAC電気的パラメータを判定することは、電力、位相、周波数、高調波、又はエネルギーのうちの少なくとも1つを前記感知された電圧及び前記感知された電流に少なくとも部分的に基づいて判定することを含む、請求項17に記載の方法。

【請求項20】

前記少なくとも1つのAC電気的パラメータの表示を前記非接触測定システムのユーザーに示すことを更に含む、請求項17に記載の方法。

【請求項21】

非接触測定システムであって、

前端を含むハウジングと、

動作時に、絶縁電線内の電圧を、測定時間間隔中に、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、前記前端に近接して位置決めされた電圧センサーと、

動作時に、前記絶縁電線内の電流を、測定時間間隔中に、前記絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、前記前端に近接して位置決めされた電流センサーと、

前記前端に近接して位置決めされた位置合わせ用フィードバックセンサーと、

前記ハウジングの表面上に位置決めされたインジケータ装置と、

前記ハウジング内に位置決めされた少なくとも1つのプロセッサであって、前記少なくとも1つのプロセッサは、前記電圧センサー、前記電流センサー、前記位置合わせ用フィードバックセンサー及び前記インジケータ装置に通信可能に結合されている、少なくとも1つのプロセッサと、を備え、動作時に、前記少なくとも1つのプロセッサは、

少なくとも1つの交流(AC)電気的パラメータを前記感知された電圧及び前記感知された電流に少なくとも部分的に基づいて判定し、

前記電圧センサー及び前記電流センサーに対する前記絶縁電線の現在の位置合わせを示す位置合わせフィードバックセンサー信号を前記位置合わせ用フィードバックセンサーから受信し、

前記インジケータ装置に、位置合わせ表示を前記受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて前記非接触測定システムのユーザーに提供させる、非接触測定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、電気的特性の測定に関し、より詳しくは、電気回路内の電気的パラメータの非接触測定に関する。

【背景技術】

10

20

30

40

50

## 【0002】

電圧計が、電気回路内の電圧を測定するのに使用される器具である。1つを超える電気的特性を測定する器具は、マルチメータつまりデジタルマルチメータ (digital multimeter、DMM) と呼ばれ、サービス用途、トラブルシューティング用途及びメンテナンス用途に一般に必要とされるいくつかのパラメータを測定するように動作する。そのようなパラメータとしては、典型的には交流 (alternating current、AC) 電圧及び電流、直流 (direct current、DC) 電圧及び電流、並びに抵抗又は継続性が挙げられる。電力特性、周波数、容量及び温度など、他のパラメータも特定の用途の要件を満たすために測定することができる。

## 【0003】

10

AC電圧及び/又は電流を測定する従来の電圧計又はマルチメータに関しては、少なくとも1つの測定電極又はプローブを導体とガルバニック接触させることが必要であり、これには、前もって、絶縁電線の絶縁の一部の切断、回路の断路、及び/又は、測定のための端子の設置が必要であることが多い。プローブを露出した電線又は端子に接触させるステップは、ガルバニック接触のために剥き出しにした電線又は端子が必要であるばかりでなく、ショック又は感電死のリスクのために相対的に危険である可能性がある。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

20

【特許文献1】特開2014-106220

## 【発明の概要】

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

非接触測定システムは、前端を備えるハウジングと、動作時に、絶縁電線内の電圧を、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、ハウジングの前端に近接して位置決めされた電圧センサーと、動作時に、絶縁電線内の電圧を、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、ハウジングの前端に近接して位置決めされた電流センサーと、ハウジング内に位置決めされた少なくとも1つのプロセッサであって、少なくとも1つのプロセッサは、電圧センサー及び電流センサーに動作可能に結合される、少なくとも1つのプロセッサと、を備えると要約することができ、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、絶縁電線内の電圧を示す、電圧センサーによって取得された電圧センサー信号を、測定時間間隔中に電圧センサーから受信し、絶縁電線内の電流を示す、電流センサーによって取得された電流センサー信号を、測定時間間隔中に電流センサーから受信し、少なくとも1つの交流 (AC) 電気的パラメータを受信された電圧センサー信号及び電流センサー信号に少なくとも部分的に基づいて判定する。

30

## 【0006】

電流センサーは、磁場センサーを含むことができる。電圧センサーは、容量分圧器型電圧センサー、基準信号型電圧センサー又はマルチコンデンサ型電圧センサーのうちの1つを含むことができる。電圧センサーは、動作時に、絶縁電線内の基準信号を、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する基準信号型電圧センサーを含むことができ、少なくとも1つのプロセッサは、基準信号を受信し、絶縁電線を通って流れる電流の少なくとも1つの特性を受信された基準信号に少なくとも部分的に基づいて判定する。少なくとも1つのAC電気的パラメータは、電力、位相、周波数、高調波又はエネルギーのうちの少なくとも1つを含むことができる。動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、複数のAC電気的パラメータを受信された電圧センサー信号及び電流センサー信号に少なくとも部分的に基づいて判定することができる。

40

## 【0007】

非接触測定システムは、少なくとも1つのプロセッサに動作可能に結合されたディスプレイを更に含むことができ、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、ディスプレイにうちの少なくとも1つのAC電気的パラメータを示させることができる。

50

## 【0008】

動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、ディスプレイに少なくとも1つのAC電気的パラメータに関連した波形又はグラフのうちの少なくとも一方を示させることができる。

## 【0009】

非接触測定システムは、少なくとも1つのプロセッサに動作可能に結合された通信インターフェースを更に含むことができ、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、通信インターフェースを介して、データを少なくとも1つの外部デバイスに送ることができ、データは、電圧センサー信号、電流センサー信号、又は、判定された少なくとも1つのAC電気的パラメータのうちの少なくとも1つに関連している。

10

## 【0010】

通信インターフェースは、データを、少なくとも1つの外部デバイスに無線で送るように動作可能な無線通信インターフェースを含むことができる。

## 【0011】

非接触測定システムは、少なくとも1つの外部デバイスを更に含むことができ、少なくとも1つの外部デバイスは、ディスプレイと、動作時に、非接触測定システムの通信インターフェースによって送られたデータを受信する通信インターフェースと、ディスプレイ及び通信インターフェースに動作可能に結合された少なくとも1つのプロセッサと、を含み、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、通信インターフェースを介してデータを非接触測定システムから受信し、ディスプレイに少なくとも1つのAC電気的パラメータを示させる。

20

## 【0012】

非接触測定システムは、少なくとも1つのプロセッサに動作可能に結合され、非接触測定システムのハウジングの前端に近接して位置決めされた位置合わせ用フィードバックセンサーであって、動作時に、位置合わせ用フィードバックセンサーは、電圧センサー及び電流センサーに対する絶縁電線の現在の位置合わせを示す位置合わせフィードバックセンサー信号を生成する、位置合わせ用フィードバックセンサーと、少なくとも1つのプロセッサに動作可能に結合されたインジケータ装置とを更に含むことができ、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、位置合わせフィードバックセンサー信号を位置合わせ用フィードバックセンサーから受信し、インジケータ装置に、位置合わせ表示を受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて非接触測定システムのユーザーに提供させる。

30

## 【0013】

インジケータ装置は、視覚インジケータ装置又は可聴インジケータ装置のうちの少なくとも一方を含むことができる。インジケータ装置は、ディスプレイ又は複数の照明部のうちの少なくとも一方を含むことができ、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、インジケータ装置に、複数の色を含む位置合わせ表示をユーザーに提供させることができ、複数の色のうちのそれぞれは、電圧センサー及び電流センサーに対する絶縁電線の位置合わせの異なるレベルに対応する。動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、インジケータ装置に、測定値精度の表示を受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて提供させることができる。動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、インジケータ装置に、試験中の絶縁電線に近接して通電された回路の表示を受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて提供させることができる。

40

## 【0014】

絶縁電線内の少なくとも1つの交流(AC)電気的パラメータを判定するために非接触測定システムを操作する方法は、非接触測定システムのハウジング内に位置決めされた電圧センサーを介して、絶縁電線内の電圧を、測定時間間隔中に、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知することと、非接触測定システムの記ハウジング内に位置決めされた電流センサーを介して、絶縁電線内の電流を、測定時間間隔中に、絶縁電線にガルバニ

50

ック接触することなく感知することと、非接触測定システムのハウジング内に位置決めされた少なくとも1つのプロセッサを介して、少なくとも1つの交流(A C)電気的パラメータを感知された電圧及び感知された電流に少なくとも部分的に基づいて判定することと、を含むと要約することができる。

【0015】

電圧を感知することは、容量分圧器型電圧センサー、基準信号型電圧センサー又はマルチコンデンサ型電圧センサーのうちの1つを利用して電圧を感知することを含むことができ、電流を感知することは、磁場センサーを利用して電流を感知することを含むことができる。少なくとも1つのA C電気的パラメータを判定することは、電力、位相、周波数、高調波又はエネルギーのうちの少なくとも1つを感知された電圧及び感知された電流に少なくとも部分的に基づいて判定することを含むことができる。

10

【0016】

絶縁電線内のうちの少なくとも1つの交流(A C)電気的パラメータを判定するためには非接触測定システムを操作する方法は、少なくとも1つのA C電気的パラメータの表示を非接触測定システムのユーザーに示すことを更に含むことができる。

【0017】

非接触測定システムは、前端を備えるハウジングと、動作時に、絶縁電線内の電圧を、測定時間間隔中に、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、前端に近接して位置決めされた電圧センサーと、動作時に、絶縁電線内の電流を、測定時間間隔中に、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する前端に近接して位置決めされた電流センサーと、前端に近接して位置決めされた位置合わせ用フィードバックセンサーと、動作時に、絶縁電線内の電圧を、測定時間間隔中に、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する、前端に近接して位置決めされた電圧センサーと、動作時に、絶縁電線内の電流を、測定時間間隔中に、絶縁電線にガルバニック接触することなく感知する前端に近接して位置決めされた電流センサーと、前端に近接して位置決めされた位置合わせ用フィードバックセンサーと、ハウジングの表面上に位置決めされたインジケータ装置と、ハウジング内に位置決めされた少なくとも1つのプロセッサであって、少なくとも1つのプロセッサは、電圧センサー、電流センサー、位置合わせ用フィードバックセンサー及びインジケータ装置に通信可能に結合されている、少なくとも1つのプロセッサとを含むと要約することができ、動作時に、少なくとも1つのプロセッサは、少なくとも1つの交流(A C)電気的パラメータを感知された電圧及び感知された電流に少なくとも部分的に基づいて判定し、電圧センサーに対する絶縁電線の現在の位置合わせを示す位置合わせフィードバックセンサー信号を位置合わせ用フィードバックセンサー、位置合わせ用フィードバックセンサー及び電流センサーから受信し、インジケータ装置に、位置合わせ表示を受信された位置合わせフィードバックセンサー信号に少なくとも部分的に基づいて非接触測定システムのユーザーに提供させる。

20

【図面の簡単な説明】

【0018】

図面中、全く同じ参照番号によって同様の要素又は行為が識別される。図面における構成要素のサイズ及び相対位置は、必ずしも尺度どおりに描かれていない。例えば、様々な要素及び角度の形状は、必ずしも縮尺通りに描かれているわけではなく、これらの要素の一部は、図面が読みやすくなるように任意に拡大して位置決めされている場合がある。更に、描かれている要素の特定の形状は、必ずしも特定の要素の実際の形状に関する任意の情報を伝えることが意図されているわけではなく、単に図面中で認識しやすいように選択された場合がある。

30

【図1A】図1Aは、1つの図示した実行例による、基準信号型電圧センサーを含む非接触電圧測定システムをオペレータが使用して、絶縁電線内に存在するA C電圧を、電線とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる環境の絵図である。

40

【図1B】図1Bは、1つの図示した実行例による、絶縁電線と非接触電圧測定システムの導電センサーとの間に形成された結合容量、絶縁導体流成分、及び、非接触電圧測定シ

50

システムとオペレータとの間の人体容量を示す、図 1 A の非接触電圧測定システムの上面図である。

【図 2】図 2 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの様々な内部構成要素の概略図である。

【図 3】図 3 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの様々な信号処理構成要素を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、1 つの図示した実行例による、高速フーリエ変換 (fast Fourier transform) (FFT) を実行する非接触電圧測定システムの概略図である。

【図 5】図 5 は、信号及び基準信号分離の別の実施例による、アナログ電子フィルターを実行する非接触電圧測定システムのブロック図である。

【図 6】図 6 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの概略回路図である。

【図 7 A】図 7 A は、1 つの図示した実行例による、様々なリード及び浮遊容量を示す非接触電圧測定システムの概略図である。

【図 7 B】図 7 B は、1 つの図示した実行例による、様々なリード及び浮遊容量を示し、基準電圧信号の補正を含む非接触電圧測定システムの概略図である。

【図 7 C】図 7 C は、1 つの図示した実行例による、図 7 B のシステムの例示的なセンサー配置を示す。

【図 8】図 8 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムのセンサーと外部接地との間の容量を示す非接触電圧測定システムの概略回路図である。

【図 9 A】図 9 A は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの内部接地ガードと外部接地との間の容量を示す非接触電圧測定システムの概略回路図である。

【図 9 B】図 9 B は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの内部接地ガードと外部接地との間の容量を示す非接触電圧測定システムの概略回路図である。

【図 10】図 10 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムのセンサー及び内部接地ガードアセンブリの斜視図である。

【図 11】図 11 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの「U」字形又は「V」字形センサー前端の断面図である。

【図 12】図 12 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの弓形形状センサー前端の立面図である。

【図 13】図 13 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの円筒形センサー前端の斜視図である。

【図 14 A】図 14 A は、1 つの図示した実行例による、内部接地ガードのガードリングクランプが閉位置にあるときの非接触電圧測定システムのセンサー前端の上面図である。

【図 14 B】図 14 B は、1 つの図示した実行例による、内部接地ガードのガードリングクランプが開位置にあるときの図 14 A に示す非接触電圧測定システムの前端の上面図である。

【図 15】図 15 は、1 つの図示した実行例による、内部接地ガードのガードリングクランプが取り外された、図 14 A のセンサー前端の一部の斜視図である。

【図 16】図 16 は、1 つの図示した実行例による、容量分圧器型電圧センサーを含む非接触電圧測定システムをオペレータが使用して、絶縁電線内に存在する AC 電圧を、電線とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる環境の絵図である。

【図 17】図 17 は、1 つの図示した実行例による、図 16 の非接触電圧測定システムの上面図である。

【図 18】図 18 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの高レベルブロック図である。

【図 19】図 19 は、1 つの実行例による、2 つのコンデンサを利用する可変図示した容量サブシステムを含む非接触電圧測定システムの概略図である。

【図 20】図 20 は、1 つの図示した実行例による、図 19 の非接触電圧測定システムの概略回路図である。

【図 2 1】図 2 1 は、1 つの実行例による、3 つのコンデンサを利用する可変図示した容量サブシステムを含む非接触電圧測定システムの概略図である。

【図 2 2】図 2 2 は、1 つの図示した実行例による、電線とのガルバニック接触なしに絶縁電線内の A C 電圧を測定するために非接触電圧測定システムを操作する方法のフロー図である。

【図 2 3 A】図 2 3 A は、1 つの図示した実行例による、マルチコンデンサ型電圧センサーを含む非接触電圧測定システムをオペレータが使用して、絶縁電線内に存在する A C 電圧を、電線とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる環境の絵図である。

【図 2 3 B】図 2 3 B は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの絶縁電線と導電センサーとの間に形成された結合容量を示す、図 2 3 A の非接触電圧測定システムの上面図である。

【図 2 4】図 2 4 は、1 つの図示した実行による、非接触電圧測定システムの様々な内部構成要素の概略図である。

【図 2 5】図 2 5 は、1 つの図示した実行例による、試験中の絶縁電線に近接して位置決めされた非接触電圧測定システムの導電センサーを示す概略図である。

【図 2 6 A】図 2 6 A は、1 つの図示した実行例による、第 1 及び第 2 の導電センサーの実施例形状を示す、非接触電圧測定システムの第 1 及び第 2 の導電センサー及び内部接地ガードの平面図である。

【図 2 6 B】図 2 6 B は、1 つの図示した実行例による、第 3 の導電センサーの例示的な形状を示す、非接触電圧測定システムの第 3 の導電センサー及び内部接地ガードの平面図である。

【図 2 7】図 2 7 は、1 つの図示した実行例による、非接触電圧測定システムの前端つまりプローブ端部の断面図である。

【図 2 8】図 2 8 は、1 つの図示した実行例による、測定システムの概略プロック図である。

【図 2 9】図 2 9 は、1 つの図示した実行例による、遠隔センサーとして動作する測定システムの概略プロック図である。

【図 3 0】図 3 0 は、位置合わせフィードバックを提供する測定システムの前端の図である。

【図 3 1】図 3 1 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 2】図 3 2 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 3】図 3 3 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 4】図 3 4 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 5】図 3 5 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 6】図 3 6 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 7】図 3 7 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 8】図 3 8 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 3 9】図 3 9 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図 4 0】図 4 0 は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

10

20

30

40

50

【図41】図41は、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図42A】図42Aは、本開示の機能性の少なくとも一部を組み込むことができる例示的な測定システムの正面立面図である。

【図42B】図42Bは、図42Aの測定システムの左側面図である。

【図43】図43は、1つの図示した実行例による、非接触電流測定システムをオペレータが使用して、絶縁電線内に存在するAC電流を、絶縁電線とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる環境の絵図である。

【図44A】図44Aは、調節可能なクランプアセンブリのクランプ部材が絶縁電線から離間された状態で示された、調節可能なクランプアセンブリを含む非接触電流測定システムの正面立面図である。

【図44B】図44Bは、絶縁電線が調節可能なクランプアセンブリによってクランプされた状態示された、図44Aの非接触電流測定システムの正面立面図である。

【図45】図45は、1つの図示した実行例による、非接触電流測定システムの別の実行例の正面立面図である。

【図46】図46は、1つの図示した実行例による、非接触電流測定システムの別の実行例の正面立面図である。

【図47】図47は、1つの図示した実行例による、非接触電流測定システムの別の実行例の正面立面図である。

【図48】図48は、1つの図示した実行例による、非接触電流測定システムの概略プロック図である。

【発明を実施するための形態】

#### 【0019】

本開示のシステム及び方法は、有利なことには、絶縁電線内の1つ又は2つ以上の交流(AC)電気的パラメータの、絶縁電線と試験電極又はプローブとのガルバニック接続を必要としない測定を提供する。全体的に、非接触電流センサーと非接触電圧センサーとを含むハウジングの両方を含む「非接触測定システム」を本明細書で開示する。非接触電流センサーの形式の非限定的な実施例としては、異方性磁気抵抗(anisotropic magnetoresistive、AMR)センサー、巨大磁気抵抗(giant magnetoresistive、GMR)センサー、フラックスゲートセンサー、SQUIDセンサー、光ファイバーセンサー、光励起型センサー、ニュークリアプロセッション(nuclear procession)センサー、サーチコイルセンサー、磁気トランジスタセンサー、磁気ダイオードセンサー、光磁気センサー、ホール効果センサー、ロゴウスキーコイル、変流器又は他の形式の磁場センサーなどの、磁場センサーが挙げられる。非接触電圧センサーの形式の非限定的な実施例としては、容量分圧器型電圧センサー、基準信号型電圧センサー、マルチコンデンサ型電圧センサーなどが挙げられる。電圧センサー及び電流センサーの例示的な実行例を以下で更に詳細に論じる。

#### 【0020】

本明細書で論じる非接触測定システムは、それぞれ、電圧センサー信号及び電流センサー信号を電圧センサー及び電流センサーから受信する少なくとも1つのプロセッサを含むことができる。電圧センサー信号は、絶縁電線内の電圧を示し、電流センサー信号は、絶縁電線内の電流を示す。電圧センサー信号及び電流センサー信号は、共通のつまり重なり合う測定時間間隔中にそれぞれの電圧センサー及び電流センサーによって取得することができ、この測定時間間隔は、持続時間が比較的短くてもよい(例えば、10ミリ秒(ms)、100ms、1秒、10秒)。例えば、電圧センサー及び電流センサーは、少なくとも部分的に互いに並行して測定値を取得することができる。別の実施例として、電圧センサー及び電流センサーの一方は、電圧センサー及び電流センサーの他方が測定値を取得した実質的に直後に測定値を取得することができ、測定値は、ほぼ同時に、かつ、共通の測定時間間隔内に取得されるようになっている。一部の実行例において、電圧センサー及び電流センサーは、測定値を指定の間隔にて(例えば、10ms毎に、100ms毎に、1秒毎に、10秒毎に)繰り返し取得するように動作することができる。一般的に、電圧セ

10

20

30

40

50

ンサー及び電流センサーは、いずれも測定時間間隔内にそれぞれの測定値を取得し、測定時間間隔は、電圧測定値及び電流測定値の対が互いに対応するように十分に短く、これによって、取得された電流測定値及び電圧測定値を使用した1つ又は2つ以上のAC電気的パラメータ（例えば、電力、段階）の導出又は判定が可能である。

【0021】

少なくとも一部の実行例において、判定されたAC電気的パラメータを、視覚インジケータ装置（例えば、ディスプレイ、照明部）を介して、オペレータに示すことができる。判定された1つ又は2つ以上のAC電気的パラメータを、付加的又は代替的に、有線及び/又は無線通信インターフェースを介して外部デバイスに通信することができる。AC電気的パラメータとしては、電力、位相、周波数、高調波、エネルギー、などを挙げることができる。更に、図30を参照して以下で論じるように、本開示の非接触測定値システムは、電圧センサー及び電流センサーに対する絶縁電線の機械的位置合わせに関するフィードバックを提供する位置合わせ用フィードバックセンサーを含むことができる。位置合わせフィードバックは、インジケータ装置（例えば、ディスプレイ、照明部、スピーカー、ブザー）を介して非接触測定値システムのユーザーに提供することができる。少なくとも一部の実行例において、位置合わせ用フィードバックセンサーは、また、ユーザーが回避したいと思う可能性がある近くの通電された回路の存在に関係するフィードバックを提供することもできる。

10

【0022】

初めに、基準信号型非接触電圧センサー又はシステムの実施例を図1～図15を参照して論じる。その後、容量分圧器型電圧センサー又はシステムの実施例を図16～図22を参照して論じる。その後、マルチコンデンサ型電圧センサー又はシステムの実施例を図23A～図27を参照して論じる。その後、本明細書で開示する機能性の少なくとも一部を含むことができる様々な非接触測定値システムの実施例を、図28～図42Bを参照して論じる。最後に、非接触電流測定値システムの実施例を図43～図48を参照して論じる。本明細書で論じる実行例の様々な機能は、所望の機能性を提供するために数多くの方法で並べ替えられ及び/又は組み合わされ得ることが認識される。

20

【0023】

以下の詳細な説明において、本発明の様々な実施形態を完全な理解が得られるように或る特定の詳細部について述べる。しかしながら、関連技術分野の当業者は、実行例がこれらの特定の詳細の1つ又は2つ以上なしで、又は、他の方法、構成要素、材料などで実施され得ることを認識するであろう。他の実例において、コンピュータシステム、サーバーコンピュータ、及び/又は通信ネットワークに関連したよく知られた構造は、実行例の説明を必要に不明瞭にしないように詳細には図示及び/又は説明されていない。

30

【0024】

コンテクスト上別段に必要とされない限り、以下の明細書及び特許請求項の範囲を通して、「備える（comprising）」という語は、「含む（including）」という語と同義であり、包括的、つまり、制限がない（即ち、更なる、記載されていない要素又は方法の行為を除外しない）。

40

【0025】

本明細書全体の「一実行例」又は「実行例」を参照することは、実行例に関して記述された特定の特徴部、構造体又は特性が少なくとも1つの実行例に含まれることを意味する。このため、本明細書全体の様々な位置での語句「一実行例では」又は「実施形態では」は、必ずしも同じ実行例に全てを援用するものではない。更に、特定の特徴部、構造体又は特性は、1つ又は2つ以上の実行例において任意の好適な方法で組み合わせてもよい。

【0026】

本明細書及び添付の特許請求の範囲において使用するときに、単数形「a」、「a n」、及び「t h e」は、その内容について別段の明確な指示がない限り、複数の指示対象を含む。用語「又は」は、一般的に、コンテクスト上別段の明確な指示がない限り、その意味において「及び/又は」を含んで採用されることもまた注意されたい。更に、本明細書

50

で提示する見出し及び要約書は、便宜上のものであるにすぎず、実行例の範囲又は意味を解釈するものではない。

【0027】

基準信号型非接触電圧測定システム

以下で論じる内容では、絶縁又はプランク非絶縁導体（例えば、絶縁電線）の交流（AC）電圧を、導体と試験電極又はプローブとのガルバニック接続を必要とすることなく測定するシステム及び方法を提示する。本セクションで開示する実行例を本明細書では「基準信号型電圧センサー」又はシステムという場合がある。全体的に、非ガルバニック接触（つまり「非接触」）電圧測定システムを提示し、該システムは、接地に対する絶縁導体内のAC電圧信号を、容量センサーを使用して測定する。ガルバニック接続を必要としないそのようなシステムを本明細書では「非接触」という。本明細書で使用するとき、「電気的に結合された」は、特記のない限り、直接及び間接の両方の電気的結合を含む。

10

【0028】

以下で更に論じるように、以下で論じる「基準信号」システム及び方法を使用して、絶縁電線の少なくとも1つの物理的寸法（例えば、絶縁厚さ）を、絶縁電線の導体とセンサー又は電極（「基準信号センサー」）とのガルバニック接続を必要とすることなく測定することもできる。少なくとも一部の実行例において、非接触電流測定システムが、機械的位置フィードバックの有無を問わず、基準信号による方法を利用して、絶縁電線の1つ又は2つ以上の物理的寸法（例えば、導体の直径）を判定又は推定することができる。そのような機能は、物理的寸法情報がなくても達成することができるよりも大きな精度での絶縁電線を流れる電流の判定を可能にすることを含め、いくつかの理由で有利であり得る。

20

【0029】

図1Aは、基準信号型電圧センサーを含む非接触電圧測定システム102を、オペレータ104が使用して、絶縁導体106内に存在するAC電圧を、非接触電圧測定システムと電線106とのガルバニック接觸を必要とすることなく測定することができる環境100の絵図である。図1Bは、図1Aの非接触電圧測定システム102の上面図であり、動作中の非接触電圧測定システムの様々な電気的特性を示す。非接触電圧測定システム102は、ハウジングつまり本体108を含み、ハウジングつまり本体108は、握持部分つまり端部110と、握持部分の反対側の、本明細書では前端ともいうプローブ部分つまり端部112とを含む。ハウジング108はまた、非接触電圧測定システム102とのユーザーインターフェイクションを促進するユーザーインターフェース114を含むことができる。ユーザーインターフェース114は、任意の数の入力部（例えば、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチセンサー）と、任意の数の出力部（例えば、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー）とを含むことができる。非接触電圧測定システム102はまた、1つ又は2つ以上の有線及び/又は無線通信インターフェース（例えば、USB、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標））を含むこともできる。

30

【0030】

少なくとも一部の実行例において、図1Bに最も良好に示すように、プローブ部分112は、第1及び第2の拡張部分118及び120によって画成された凹部分116を含むことができる。凹部分116は、絶縁導体106（図1Aを参照）を受容する。絶縁導体106は、導体122と、導体122を取り囲む絶縁体124とを含む。凹部分116は、センサー又は電極126を含むことができ、センサー又は電極126は、絶縁電線が非接触電圧測定システム102の凹部分116内に位置決めされたときに絶縁電線106の絶縁体124に近接して載置される。明瞭さのために図示していないが、センサー126は、センサーと他の物体と物理的及び電気的接觸を防止するためにハウジング108の内側に配設することができる。

40

【0031】

図1Aに示すように、使用時に、オペレータ104は、ハウジング108の握持部分110を把持し、プローブ部分112を絶縁導体106に近接して配置することができ、非接触電圧測定システム102は、電線内に存在するAC電圧を接地（又は、別の基準ノ

50

ド)に対して正確に測定することができるようになっている。プローブ端部 112 は凹部分 116 を有すると示されているが、他の実行例において、プローブ部分 112 は、異なる方法で構成することができる。例えば、少なくとも一部の実行例において、プローブ部分 112 は、移動可能なクランプ、フック、センサーを含む選択的に平坦な又は円弧の面、又は、非接触電圧測定システム 102 のセンサーを絶縁導体 106 に近接して位置決めすることを可能にする他の形式のインターフェースを含むことができる。様々なプローブ部分及びセンサーの実施例を図 10 ~ 図 15 を参照して以下で論じる。

#### 【0032】

アース / 接地の基準の役目を務めるオペレータの体は、一部の実行例にあるにすぎない。本明細書で論じる非接触測定値の機能性は、接地に対して測定する用途のみに限定されない。外部基準は、任意の他の電位に容量結合することができる。例えば、外部基準が三相システムの別の位相に容量結合された場合、相間電圧が測定される。一般的に、本明細書で論じる概念は、基準電圧及び任意の他の基準電位に容量結合接続された人体を使用するアースに対する基準のみに限定されない。

10

#### 【0033】

以下で更に論じるように、少なくとも一部の実行例において、非接触電圧測定システム 102 は、オペレータ 104 と接地 128 との間の人体容量 ( $C_B$ ) を AC 電圧測定中に利用することができる。接地という用語がノード 128 に使用されているが、ノードは、必ずしもアース / 接地であるというわけではなく、容量結合によって任意の他の基準電位にガルバニック絶縁された方法で接続することができる。

20

#### 【0034】

AC 電圧を測定するために非接触電圧測定システム 102 によって使用される特定のシステム及び方法を図 2 ~ 図 15 を参照して以下で論じる。

#### 【0035】

図 2 は、図 1A 及び図 1B にも示す非接触電圧測定システム 102 の様々な内部構成要素の概略図を示す。この実施例において、非接触電圧測定システム 102 の導電センサー 126 は、実質的に「V 字形」であり、試験中の絶縁導体 106 に近接して位置決めされ、絶縁導体 106 の導体 122 と容量結合して、センサー結合コンデンサ ( $C_O$ ) を形成する。非接触電圧測定システム 102 を取り扱うオペレータ 104 は、人体容量 ( $C_B$ ) を接地に対して有する。したがって、図 1B 及び図 2 に示すように、電線 122 内の AC 電圧信号 ( $V_O$ ) は、絶縁導体電流成分又は「信号電流」 ( $I_O$ ) を、直列に接続されている結合コンデンサ ( $C_O$ ) 及び人体容量 ( $C_B$ ) にわたって生成する。一部の実行例において、人体容量 ( $C_B$ ) はまた、容量を接地又は任意の他の基準電位に生成するガルバニック絶縁されたテスト用リード線を含むこともできる。

30

#### 【0036】

測定される電線 122 内の AC 電圧 ( $V_O$ ) は、外部接地 128 (例えば、中立) との接続を有する。非接触電圧測定システム 102 自体もまた、接地 128 に対する容量を有し、この容量は、主として、オペレータ 104 (図 1) が非接触電圧測定システムを手に保持したときの人体容量 ( $C_B$ ) からなる。容量  $C_O$  及び  $C_B$  の両方によって、導電ループが生成され、ループ内側の電圧は、信号電流 ( $I_O$ ) を生成する。信号電流 ( $I_O$ ) は、導電センサー 126 に容量結合された AC 電圧信号 ( $V_O$ ) によって生成され、非接触電圧測定システムのハウジング 108 及び接地 128 に対する人体コンデンサ ( $C_B$ ) を介して外部接地 128 に戻る。電流信号 ( $I_O$ ) は、非接触電圧測定システム 102 の導電センサー 126 と試験中の絶縁導体 106 との間の距離、導電センサー 126 の特定の形状、及び導体 122 内のサイズ及び電圧レベル ( $V_O$ ) に左右される。

40

#### 【0037】

信号電流 ( $I_O$ ) に直接的な影響を与える距離変動及びそれに伴う結合コンデンサ ( $C_O$ ) 变動を補正するために、非接触電圧測定システム 102 は、共通モード基準電圧源 130 を含み、共通モード基準電圧源 130 は、信号電圧周波数 ( $f_O$ ) と異なる基準周波数 ( $f_R$ ) を有する AC 基準電圧 ( $V_R$ ) を生成する。

50

## 【0038】

迷走電流を低減又は回避するために、非接触電圧測定システム102の少なくとも一部は、導電内部接地ガードつまりスクリーン132によって取り囲むことができ、スクリーン132は、電流の大部分に導電センサー126を通させ、導電センサー126は、結合コンデンサ( $C_o$ )を絶縁導体106の導体122で形成する。内部接地ガード132は、任意の好適な導電材料(例えば、銅製)から形成することができ、中実(例えば、箔)とすることができますか、又は、1つ又は2つ以上の開口部(例えば、メッシュ)を有することができます。

## 【0039】

更に、内部接地ガード132と外部接地128との間の電流を回避するために、非接触電圧測定システム102は、導電基準遮蔽体134を含む。基準遮蔽体134は、任意の好適な導電材料(例えば、銅製)から形成することができ、中実(例えば、箔)とすることができますか、又は、1つ又は2つ以上の開口部(例えば、メッシュ)を有することができます。共通モード基準電圧源130は、基準遮蔽体134と内部接地ガード132との間に電気的に結合され、これによって、非接触電圧測定システム102の基準電圧( $V_R$ )と基準周波数( $f_R$ )とを有する共通モード電圧が生成される。そのようなAC基準電圧( $V_R$ )によって、付加的な基準電流( $I_R$ )が、結合コンデンサ( $C_o$ )及び人体コンデンサ( $C_B$ )を介して駆動される。

10

## 【0040】

導電センサー126の少なくとも一部を取り囲む内部接地ガード132は、導電センサーを、導電センサー126と基準遮蔽体134との間の基準電流( $I_R$ )の望ましくない偏位を引き起こすAC基準電圧( $V_R$ )の直接的な影響に対して保護する。上述したように、内部接地ガード132は、非接触電圧測定システム102の内部電子接地138である。少なくとも一部の実行例において、内部接地ガード132はまた、電子品に結合するAC基準電圧( $V_R$ )を回避するために非接触電圧測定システム102の電子品のうちの一部又は全部を取り囲む。

20

## 【0041】

上述したように、基準遮蔽体134は、基準信号を入力AC電圧信号( $V_o$ )上へ投入するために利用され、第2の機能としてガード132を接地128容量に最小限に抑える。少なくとも一部の実行例において、基準遮蔽体134は、非接触電圧測定システム102のハウジング108のうちの一部又は全部を取り囲む。そのような実行例において、電子品の一部又は全てには、基準共通モード信号があり、基準共通モード信号はまた、基準電流( $I_R$ )を絶縁導体106内の導電センサー126と導体122との間に生成する。少なくとも一部の実行例において、基準遮蔽体134の唯一の間隙は、導電センサー126用の開口部とすることができます、この開口部によって、導電センサーを非接触電圧測定システム102の作動中に絶縁導体106に近接して位置決めすることができます。

30

## 【0042】

内部接地ガード132及び基準遮蔽体134は、二重層スクリーンを非接触電圧測定システム102のハウジング108(図1A及び図1Bを参照)の周りにもたらすことができる。基準遮蔽体134は、ハウジング108の外面上に配設することができ、内部接地ガード132は、内部遮蔽体又はガードとして機能することができる。導電センサー126は、基準遮蔽体134に対してガード132によって遮蔽され、任意の基準電流流量が、導電センサー126と試験中の導体122との間に結合コンデンサ( $C_o$ )によって生成されるようになっている。

40

## 【0043】

センサー126の周りのガード132もまた、センサーに近い隣接する電線の漂遊影響を低減する。

## 【0044】

図2に示すように、非接触電圧測定システム102は、反転電流電圧変換器として動作する入力増幅器136を含むことができる。入力増幅器136は、非接触電圧測定システ

50

ム 102 の内部接地 138 として機能する内部接地ガード 132 に電気的に結合された非反転端子を有する。入力増幅器 136 の反転端子を導電センサー 126 に電気的に結合することができる。フィードバック回路 137 ( 例えば、フィードバック抵抗 ) はまた、入力増幅器 136 の反転端子と出力端子との間に結合して、フィードバック及び適切なゲインを入力信号の調整のために供給することもできる。

【 0045 】

入力増幅器 136 は、信号電流 (  $I_o$  ) 及び基準電流 (  $I_R$  ) を導電センサー 126 から受け取り、受け取った電流を、入力増幅器の出力端子にて導電センサー電流を示すセンサー電流電圧信号に変換する。例えば、センサー電流電圧信号は、アナログ電圧とすることができます。アナログ電圧は、信号処理モジュール 140 に供給することができ、信号処理モジュール 140 は、以下で更に論じるように、センサー電流電圧信号を処理し、絶縁導体 106 の導体 122 内の AC 電圧 (  $V_o$  ) を判定する。信号処理モジュール 140 は、デジタル及び / 又はアナログ回路の任意の組み合わせを含むことができる。

10

【 0046 】

非接触電圧測定システム 102 はまた、判定された AC 電圧 (  $V_o$  ) を示すか、又は、非接触電圧測定システムのオペレータ 104 にインターフェースによって通信するために信号処理モジュール 140 に通信可能に結合されたユーザーインターフェース 142 ( 例えば、ディスプレイ ) を含むこともできる。

20

【 0047 】

図 3 は、非接触電圧測定システムの様々な信号処理構成要素を示す非接触電圧測定システム 300 のブロック図である。図 4 は、図 3 の非接触電圧測定システム 300 のより詳細な図である。

20

【 0048 】

非接触電圧測定システム 300 は、先に論じた非接触電圧測定システム 102 と類似又は全く同じとすることができます。したがって、類似の又は全く同じ構成要素は、同じ参照番号が記載される。図示するように、入力増幅器 136 は、導電センサー 126 からの入力電流 (  $I_o + I_R$  ) を入力電流を示すセンサー電流電圧信号に変換する。センサー電流電圧信号は、アナログ / デジタル変換器 ( ADC ) 302 を使用してデジタル形式に変換される。

30

【 0049 】

電線 122 内の AC 電圧 (  $V_o$  ) は、式 ( 1 ) によって AC 基準電圧 (  $V_R$  ) に関係する。

$$\frac{V_o}{V_R} = \frac{I_o \times f_R}{I_R \times f_o} \quad (1)$$

式中、 (  $I_o$  ) は、導体 122 内の AC 電圧 (  $V_o$  ) のために導電センサー 126 を通る信号電流であり、 (  $I_R$  ) は、 AC 基準電圧 (  $V_R$  ) のために導電センサー 126 を通る基準電流であり、 (  $f_o$  ) は、測定される AC 電圧 (  $V_o$  ) の周波数であり、 (  $f_R$  ) は、基準 AC 電圧 (  $V_R$  ) の周波数である。

40

【 0050 】

AC 電圧 (  $V_o$  ) に関係する指数「 O 」を有する信号は、共通モード基準電圧源 130 に関係する指数「 R 」を有する信号と異なる、周波数のような特性を有する。図 4 の実行例において、高速フーリエ変換 ( fast Fourier transform、FFT ) アルゴリズム 306 を実行する回路など、デジタル処理を使用して、異なる周波数を有する信号の大きさを分離することができる。以下で論じる図 5 の実行例において、アナログ電子フィルターを使用して、「 O 」信号特性 ( 例えば、大きさ、周波数 ) を「 R 」信号特性から分離することもできる。

【 0051 】

電流 (  $I_o$  ) 及び (  $I_R$  ) は、結合コンデンサ (  $C_o$  ) のために、それぞれ、周波数 (  $f_o$  ) 及び (  $f_R$  ) に左右される。結合コンデンサ (  $C_o$  ) 及び人体容量 (  $C_B$  ) を通って流れ

50

る電流は、周波数に比例し、したがって、試験中の導体 122 内の A C 電圧 ( $V_o$ ) の周波数 ( $f_o$ ) を測定して、信号周波数 ( $f_o$ ) に対する基準周波数 ( $f_R$ ) の比率を判定する必要があり、この比率は、先に記載した式 (1) において利用されるか、又は、基準周波数は、システム自体によって生成されるので既にわかっている。

#### 【0052】

入力電流 ( $I_o + I_R$ ) が入力増幅器 136 によって条件づけられて A D C 302 によってデジタル化された後、FFT 306 を使用して周波数領域の信号を表すことによってデジタルセンサー電流電圧信号の周波数成分を判定することができる。周波数 ( $f_o$ ) 及び ( $f_R$ ) の両方が測定されたとき、電流 ( $I_o$ ) 及び ( $I_R$ ) の基本的な大きさを FFT 306 から計算するために周波数ビンを判定することができる。

10

#### 【0053】

電流 ( $I_R$ ) 及び / 又は電流 ( $I_o$ ) の大きさは、基準信号センサー又は電極 (例えば、電極 126) と絶縁電線体 106 の導体 122 との間の距離の関数として変動する場合がある。したがって、システムは、測定された電流 ( $I_R$ ) 及び / 又は電流 ( $I_o$ ) を予想されたそれぞれの電流と比較して、基準信号センサー又は電極と導体 122 との間の距離を判定することができる。測定中に絶縁電線 106 を (例えば、調整可能なクランプアセンブリを介して) 基準信号センサー又は電極近傍に位置決めすることができることから、基準信号センサーと絶縁電線 106 の導体 122 との間の距離は、絶縁層 124 の厚さにほぼ等しい。以下で論じるように、調整可能なクランプアセンブリに動作可能に結合された位置フィードバックセンサーが、絶縁電線 106 の全体径を供給する。したがって、絶縁電線の判定された全体径及び絶縁層 124 の判定された厚さを使用して、システムは、絶縁電線 106 の内側の導体 122 の直径又はゲージを正確に判定することができる。この情報は、磁場センサーによって測定された磁場と共に、絶縁電線 106 の内側の導体 122 を通って流れる電流の大きさを正確に判定するためにシステムによって使用されてもよい。

20

#### 【0054】

次に、ブロック 308 によって示すように、 $I_{R,1}$  及び  $I_{o,1}$  と指定された電流 ( $I_R$ ) 及び ( $I_o$ ) の基本高調波の比率を、判定された周波数 ( $f_o$ ) 及び ( $f_R$ ) によってそれぞれ補正することができ、この係数を使用して、高調波 ( $V_o$ ) を電線 122 内に追加することによって測定された元の基本的つまり R M S 電圧を計算することができ、これは、二乗高調波合計の平方根を計算することによって行われ、ディスプレイ 312 上でユーザーに示すことができる。

30

#### 【0055】

結合コンデンサ ( $C_o$ ) は、絶縁導体 106 と導電センサー 126 との間の距離、並びに、センサー 126 の特定の形状及び寸法に応じて、例えば、ほぼ 0.02 pF ~ 1 pF の範囲の容量値を一般的に有することができる。人体容量 ( $C_B$ ) は、例えば、ほぼ 20 pF ~ 200 pF の容量値を有することができる。

#### 【0056】

上記の式 (1) から、共通モード基準電圧源 130 によって生成された A C 基準電圧 ( $V_R$ ) は、同様の電流の大きさを信号電流 ( $I_o$ ) 及び基準電流 ( $I_R$ ) について達成するために導体 122 内の A C 電圧 ( $V_o$ ) と同じ範囲内である必要はないことがわかる。A C 基準電圧 ( $V_R$ ) は、相対的に高いように基準周波数 ( $f_R$ ) を選択することによって相対的に低い (例えば、5 V 未満) とすることができます。一例として、基準周波数 ( $f_R$ ) は、3 kHz であるように選択することができ、3 kHz は、60 Hz の信号周波数 ( $f_o$ ) を有する典型的な 120 V R M S A C 電圧 ( $V_o$ ) の 50 倍の高さである。そのような場合、A C 基準電圧 ( $V_R$ ) は、信号電流 ( $I_o$ ) と同じ基準電流 ( $I_R$ ) を生成するためにわずか 2.4 V (即ち、 $120 V \div 50$ ) であるように選択することができる。一般的に、基準周波数 ( $f_R$ ) を信号周波数 ( $f_o$ ) の N 倍であると設定すると、A C 基準電圧 ( $V_R$ ) は、同様の不確実性を  $I_R$  及び  $I_o$  について達成するように互いと同じ範囲にある電流 ( $I_R$ ) 及び ( $I_o$ ) を生成するために電線 122 内の A C 電圧 ( $V_o$ ) の (1/N

40

50

)倍である値を有することができる。

【0057】

任意の好適な信号発生器を使用して、基準周波数( $f_R$ )を有するAC基準電圧( $V_R$ )を生成することができる。図3に図示した実施例において、シグマデルタデジタル/アナログ変換器(-DAC)310が使用されている。-DAC310は、ビットストリームを使用して、定義された基準周波数( $f_R$ )及びAC基準電圧( $V_R$ )を有する波形(例えば、正弦波形)信号を生成する。少なくとも一部の実行例において、

-DAC310は、ジッタを低減するためにFFT306のウィンドウと同相である波形を生成することができる。

【0058】

少なくとも一部の実行例において、ADC302は、14ビットの解像度を有することができる。動作時に、ADC302は、FFT306によって処理に対して準備完了である100msの2^n個サンプル(1024)(FFT306用に10Hzピン)を供給するために入力増幅器136からの出力を名目50Hz入力信号がないか10.24kHzのサンプリング周波数にてサンプリングすることができる。60Hzの入力信号については、サンプリング周波数は、例えば、同じサンプル数/サイクルを得るために12.288kHzとすることができる。ADC302のサンプリング周波数を基準周波数( $f_R$ )の完全なサイクル数に同期させることができる。例えば、入力信号周波数は、40~70Hzの範囲内とすることができます。AC電圧( $V_o$ )の測定された周波数に応じて、集約間隔内で捕捉された不完全な信号周期によって引き起こされた位相推移ジッタを抑制するために、FFT306を使用し、そしてハニング窓機能を更なる計算のために使用する、AC電圧( $V_o$ )のピンを判定することができる。

【0059】

1つの実施例において、共通モード基準電圧源130は、2419Hzの基準周波数( $f_R$ )を有するAC基準電圧( $V_R$ )を生成する。この周波数は、60Hz信号については40番目の高調波と41番目の高調波との間に、50Hz信号については、48番目の高調波と49番目の高調波との間にある。予想されたAC電圧( $V_o$ )の高調波ではない基準周波数( $f_R$ )を有するAC基準電圧( $V_R$ )を供給することによって、AC電圧( $V_o$ )は、基準電流( $I_R$ )の測定値に影響を及ぼす可能性が少なくなっている。

【0060】

少なくとも一部の実行例において、共通モード基準電圧源130の基準周波数( $f_R$ )は、試験中の導体122内のAC電圧( $V_o$ )の高調波の影響を受ける可能性が最も少ない周波数であるように選択される。一例として、共通モード基準電圧源130は、基準電流( $I_R$ )が境界を超えたときに電源を切断することができ、これは、導電センサー126が試験中の導体122に接近していることを示すことができる。共通モード基準電圧源130を電源切断した状態で測定(例えば、100msの測定)を行って、信号高調波をいくつか(例えば、3つ、5つ)の候補基準周波数にて検出することができる。その後、AC電圧( $V_o$ )内の信号高調波の大きさをその数の候補基準周波数にて判定して、どの候補基準周波数がAC電圧( $V_o$ )の信号高調波により受ける影響が最も少ない可能性があるかを識別することができる。その後、基準周波数( $f_R$ )を識別された候補基準周波数に設定することができる。基準周波数のこの切り替えによって、信号スペクトル内の可能性がある基準周波数成分の衝撃を回避又は低減することができるが、これによって、測定された基準信号が増大して精度が低減する恐れがあり、不安定な結果が出る恐れがある。同じ特性を有する2419Hzの他の周波数としては、例えば、2344Hz及び2679Hzが挙げられる。

【0061】

図5は、電子フィルターを実行する非接触電圧測定システムの信号処理部500のブロック図である。信号処理部500は、電流測定値サブシステム(例えば、入力増幅器136)からの導電センサー126電流( $I_o + I_R$ )に比例しているセンサー電流電圧信号を受信することができる。

10

20

30

40

50

## 【0062】

上述したように、信号電流 ( $I_o$ ) は基準電流 ( $I_R$ ) と異なる周波数を有する。信号電流 ( $I_o$ ) を基準電流 ( $I_R$ ) から隔離するために、信号処理部 500 は、信号電流 ( $I_o$ ) を伝えて基準電流 ( $I_R$ ) を拒絶するように動作する第1のフィルター 502 を含むことができる。その後、フィルターリングされた信号を、第1の整流器 504 によって整流し、第1のADC 506 によってデジタル化することができる。デジタル化された信号は、先に論じたように、計算において使用されるように好適なプロセッサ 508 に供給することができる。同様に、基準電流 ( $I_R$ ) を信号電流 ( $I_o$ ) から隔離するために、信号処理部 500 は、基準電流 ( $I_R$ ) を伝えて信号電流 ( $I_o$ ) を拒絶するように動作する第2のフィルター 510 を含むことができる。その後、フィルターリングされた信号を、第2の整流器 512 によって整流し、第2のADC 514 によってデジタル化することができる。デジタル化された信号は、計算において使用されるように好適なプロセッサ 508 に供給することができる。第1及び第2のフィルター 502 及び 510 は、任意の好適なアナログフィルターとすることができる、それぞれ、いくつかの個別構成部品（例えば、コンデンサ、誘導体）を含むことができる。

10

## 【0063】

図6は、共通モード基準電圧源 130、人体容量 ( $C_B$ )、結合コンデンサ ( $C_o$ )、電線 122、外部接地 128、及び内部接地 138 によって形成されたループを示す、先に論じた非接触電圧測定システムのいずれかなど、非接触電圧測定システムの各部の概略回路図である。

20

## 【0064】

図7Aは、様々なリード及び浮遊容量を示す、非接触電圧測定システム 102 の概略図である。一般的に、システム（例えば、センサー 126）にある異なる浮遊容量の影響の除去は、高度な遮蔽材技術でさえも特別なセンサー設計法及びスクーリング法によって完全に達成することができるわけではない。上述したように、本開示の実行例は、共通モード基準電圧源 130 を利用して、測定された信号周波数 ( $f_o$ ) と異なる基準周波数 ( $f_R$ ) を有する基準電圧を生成し、システムにある浮遊容量を補正する。

20

## 【0065】

特に、結合コンデンサ ( $C_o$ ) に加えて、図7Aは、人体容量 ( $C_B$ )、容量 ( $C_x$ )、容量 ( $C_{SENS-REF}$ ) 及び容量 ( $C_G$ ) を示す。人体容量 ( $C_B$ ) は、結合コンデンサ ( $C_o$ ) と直列であり、典型的な用途において、人体容量 ( $C_B$ ) は、結合コンデンサ ( $C_o$ ) よりもはるかに大きい。したがって、人体容量 ( $C_B$ ) は、電流 ( $I_o + I_R$ ) の大きさに影響を与えるだけであり、電流の比率 ( $I_o / I_R$ ) には影響を与えない。

30

## 【0066】

図7A及び図8に示すように、容量 ( $C_x$ ) は、導電センサー 126 と外部接地 128 との間のセンサー容量である。結合コンデンサ ( $C_o$ ) は、電線 122 とセンサー 126 との間の唯一の容量ではない。特にセンサー 126 の領域を実質的に覆わない細線についてはセンサー 126 と外部接地 128 との間の容量 ( $C_x$ ) もある。容量 ( $C_x$ ) は、容量性電圧分圧器効果を信号電流 ( $I_o$ ) について有し、結果的に、AC電圧 ( $V_o$ ) についてはより低い電圧測定値となる場合がある。したがって、容量 ( $C_x$ ) は、電流 ( $I_o + I_R$ ) の大きさを低減する。しかしながら、基準電流 ( $I_R$ ) は、同じ比率で分割され、したがって、浮遊容量 ( $C_x$ ) も補正するので、比率 ( $I_o / I_R$ ) は影響を受けない。また、非接触電圧測定システムの外側への内部の電流の流れを回避するために、少なくとも一部の実行例において上述したように、基準遮蔽体 134 によって感知面積以外の測定システム全体を外部環境から遮蔽し、共通モード基準電圧源 130 の出力部に接続して、基準電流 ( $I_R$ ) を生成することができる。

40

## 【0067】

図7Aに示すように、容量 ( $C_{SENS-REF}$ ) は、基準遮蔽体 134 と導電センサー 126 との間の残り容量である。容量 ( $C_{SENS-REF}$ ) は、センサー電流 ( $I_o + I_R$ ) について、電線 106 内のAC電圧 ( $V_o$ ) が測定されていないときでさえも存在するオフセットを

50

引き起こす。

【0068】

図7A及び図9Aに示すように、容量( $C_G$ )は、内部接地138と外部接地128との間の容量つまり基準電位である。容量( $C_G$ )は、基準電流( $I_R$ )に対する並列経路であり、基準電流を低減する。したがって、容量( $C_G$ )によって、電線106内のAC電圧( $V_o$ )について、計算された結果の増加が生じる。容量( $C_G$ )の影響を示す図9Bを参照されたい。特に、容量( $C_G$ )は、異なる影響を $I_R$ 及び $I_o$ に与え、したがって、比率 $I_o / I_R$ に影響を与える。

$$I_o = V_o \cdot f_o \cdot \frac{[(C_o // C_M) \text{直列}(C_G // C_B)] \cdot C_o}{C_o // C_M} = \quad (2)$$

$$= V_o \cdot f_o \cdot \frac{(C_o + C_M)(C_G + C_B) \cdot C_o}{(C_o + C_M + C_B + C_G) \cdot (C_o + C_M)} \Rightarrow \frac{C_o \cdot (C_B + C_G)}{\sum C} \quad (3)$$

$$I_R = V_R \cdot f_R \cdot \frac{(C_B \text{直列}(C_o // C_M // C_G)) \cdot C_o}{C_o // C_M // C_G} = \quad (4)$$

$$= V_R \cdot f_R \cdot \frac{C_B \cdot (C_o + C_M + C_G) \cdot C_o}{(C_B + C_o + C_M + C_G) \cdot (C_o + C_M + C_G)} \Rightarrow \frac{C_o \cdot C_B}{\sum C} \quad (5)$$

【0069】

上記式(2) - (5)からわかるように、比率 $I_o / I_R$ は、 $C_B / C_G$ に左右される。容量 $C_G$ は、基準スクリーンが非接触電圧測定システム102の筐体全体及びセンサーの周りにあるときの方がはるかに小さい。

【0070】

図7Bは、反転基準信号(- $V_R$ )と、反転基準信号をセンサー126に結合する構成とを使用することによって、基準電圧( $V_R$ )がセンサー126に及ぼす影響の補正を行う実行例を示す。図7Cは、反転基準信号補正を含む例示的なセンサー構成を示す。

【0071】

図7Bにおいて、調整可能反転増幅器141が、基準電圧(+ $V_R$ )がセンサーに及ぼす影響を補正するために反転基準信号(- $V_R$ )をセンサー126に供給するために使用されている。これは、センサー126に近接して位置決めされた容量結合( $C_C$ )によって達成することができる。容量結合( $C_C$ )は、センサーに近接して位置決めされた電線、スクリーン、遮蔽体などの形とすることができます。補正は、そのような実例において、基準遮蔽体134からの基準電圧( $V_R$ )がセンサー126に最も大きい影響を与える恐れがあるので絶縁導体106が相対的に小さな直径を有するときに特に有利であり得る。

【0072】

図7Cは、上述した基準信号補正を行う実行例において使用される例示的なセンサー構成139を示す。センサー構成139は、センサー139aと、絶縁層139b(例えば、Kapton(登録商標)テープ)と、内部接地ガード139cと、反転基準信号層139d(- $V_R$ )と、絶縁層139eと、基準信号層139f(+ $V_R$ )とを含む。

【0073】

図10は、先に論じた非接触電圧測定システムのいずれかなど、非接触電圧測定システム用の例示的なセンサー及びガードアセンブリ1000の斜視図である。この実施例において、センサー及びガードアセンブリ1000は、導電センサー1002、内部接地ガード1004、及び、センサーと内部接地ガードとの間に配設された絶縁層1006を備える。一般的に、センサーアセンブリ1000は、良好な結合容量( $C_o$ )をセンサー1002と試験中の電線との間にもたらす必要があり、他の隣接電線に対する容量と外部接地に対する容量とを抑制する必要がある。センサーアセンブリ1000は、センサー1002と基準遮蔽体(例えば、基準遮蔽体134)との間の容量( $C_{SENS-REF}$ )を最小限に抑

10

20

30

40

50

える必要もある。

【0074】

単純な実施例として、センサー1002、ガード1004及び絶縁層1006は、それぞれ、箔片を備えることができる。ガード1004は担体(図11を参照)に結合することができ、絶縁層1006(例えば、Kapton(登録商標)テープ)はガードに結合することができ、センサー1002は絶縁層に結合することができる。

【0075】

図11は、非接触電圧測定システムのプローブつまり前端1100のセンサー実現の実施例の断面図を示し、プローブつまり前端1100は、センサーアセンブリと任意の物体との直接的なガルバニック接触を回避するためにセンサーアセンブリ1000を覆うハウジング層1102(例えば、プラスチック)を含む。前端1100は、図1A及び図1Bに示す非接触電圧測定システム102の前端112と類似又は全く同じとすることができる。この例示において、センサー1002、ガード1004及び絶縁層1006を含め、センサーアセンブリ1000は、センサーアセンブリ1000が、異径の絶縁電線を取り囲み、結合容量( $C_o$ )を増大させ、ガードによって隣接導電物体に対してより良好に遮蔽することを可能にするために「U」又は「V」の形で成形されている。

【0076】

図11に示す実施例において、センサーアセンブリ1000は、相対的に大きな直径を有する絶縁電線1104又は相対的に小さな直径を有する絶縁電線1106など、様々な直径の絶縁電線を収容するように成形されている。それぞれの場合において、センサーアセンブリ1000は、電線が前端1100の凹部分1108内に位置決めされているときに電線を実質的に取り囲む。凹部分1108を画成し、かつセンサーアセンブリ1000と試験中の電線との間に位置決めされている前端1100の壁部は、ガルバニック絶縁をもたらし、同時にそれでも好適な容量結合を可能にするために相対的に肉薄(例えば、1mm)とすることができる。凹部分1108の「V」形状のために、より肉厚の電線1104は、結合容量の広範囲を低減し、また、電線直径との独立性を低減するために環境容量を低減するためにもより肉薄の電線1106よりも多くの隔たりを有する。

【0077】

図12は、非接触電圧測定システムの弓形形状前端1200の立面図である。前端1200は、第1及び第2の拡張部分1204及び1206によって画成された凹部分1202を含む。凹部分1202は、相対的に大きな直径を有する絶縁電線1210を受け取る相対的に大きな上部弓形形状部分1208を含む。凹部分1202はまた、相対的に小さな直径を有する絶縁電線1214を受け取る相対的に小さなより低い弓形形状部分1212を部分1208より下方に含む。図10に示すセンサーアセンブリ1000と類似のものとすることができる、部分1208及び1212によって覆われているセンサーアセンブリ1216は、弓形形状部分1208及び1212に実質的に適合する形状を有することができ、センサーアセンブリ1216は、相対的に大きな直径(例えば、電線1210)を有する電線及び相対的に小さな直径(例えば、電線1214)を有する電線を実質的に取り囲むようになっている。

【0078】

図13は、非接触電圧測定システムの円筒形前端1300の斜視図である。この実施例において、前端1300は、側壁1304を有する円筒形の内部接地ガード1302と、試験中の電線に近接して位置決めすることができる前面1306とを含む。内部接地ガード1302の前面1306は、中央開口部1308を含む。結合コンデンサ( $C_o$ )を試験中の電線と共に形成する導電センサー1310は、隣接物体との容量結合を回避するために内部接地ガード1302の開口部1308の後ろに凹設されている。センサー1310は、例えば、内部接地ガード1302の前面1306から(例えば、3mm)隔てて凹設することができる。

【0079】

内部接地ガード1302の側壁1304は、円筒形の基準遮蔽体1312によって取り

10

20

30

40

50

囲まれてもよく、円筒形の基準遮蔽体 1312 は、絶縁層 1314 によって内部接地ガードから隔離されている。共通モード基準電圧源（例えば、電圧源 130）を、内部のガード接地 1302 と基準遮蔽体 1312との間に接続して、先に論じた機能性を提供することができる。

【0080】

図 14A 及び図 14B は、非接触電圧測定システムの前端 1400 の上面図を示し、図 15 は、前端の一部の斜視図を示す。この実施例において、前端 1400 は、前面 1404 を含む内部接地ガード 1402 を含み、前面 1404 に当接して、試験中の電線 1406（図 15）を位置決めすることができる。前面 1404 は、この場合では長方形の縁部 1407 を含み、縁部 1407 は、開口部 1408 を前面に画成する。この小さく長い矩形の開口部は、側面から見られる、また、より長いが肉薄形状を有する電線形状を収容する。これは、やはり、隣接電線に対する影響を低減し、またセンサーに関係する環境容量も大きく低減する。これによって、結果的に、線径から独立した高い精度が得られる。結合コンデンサ（C<sub>0</sub>）を試験中の電線と共に形成する導電センサー 1410 が、（例えば、3mm）隔てて内部ガード接地 1402 の前面 1404 の開口部 1408 の後ろに凹設されている。

10

【0081】

内部接地ガード 1402 はまた、前面 1404 の側方縁部から（試験中の電線の方に）前方に延びる側壁 1412 及び 1414 も含む。側壁は、センサー浮遊容量を低減し、基準信号結合を導く。内部接地ガード 1402 はまた、第 1 のクランプアーム 1416A と第 2 のクランプアーム 1416B とを含む導電ガードリングクランプ 1416 も含むことができる。クランプアーム 1416A 及び 1416B は、試験中の電線を内部接地ガード 1402 の前面 1404 近傍に位置決めすることができるよう図 14B に示す閉位置へ選択的に移動させることができる。電線が所定の位置になると、クランプアーム 1416A 及び 1416B を図 14A に示す閉位置へ選択的に移動させて、外部環境との容量（例えば、近接する導体、近接する物体）に対する遮蔽体をセンサー 1410 の周りにもたらすことができる。閉位置であるとき、ガードリングクランプ 1416 は、実質的に、例えば、センサー 1410 より上方及び下方に延びる高さを有するシリンダーの形状とすることができます。クランプアーム 1416A 及び 1416B は、任意の好適な手動又は自動の作動サブシステム 1418 を使用して選択的に移動可能とすることができます。例えば、クランプアーム 1416A 及び 1416B は、作動システム 1418 として機能するばね又は他の付勢機構によって閉位置（図 14A）の方に付勢することができ、この付勢をオペレータが克服して、クランプアームを開位置（図 14B）に移動させることができ、試験中の電線を内部接地ガード 1402 の前面 1404 に近接して位置決めすることができるようになっている。

20

【0082】

容量分圧器型非接触電圧測定システム

以下で論じる内容は、容量分圧器型電圧センサー又はシステムを利用して、絶縁導体（例えば、絶縁電線）の AC 電圧を、導体と試験電極又はプローブとのガルバニック接続を必要とすることなく測定するシステム及び方法に関する。本セクションで開示する実行例を本明細書では「容量分圧器型電圧センサー」又はシステムという場合がある。一般的に、可変容量性電圧を試験中の絶縁導体と接地の間に生成するように動作する可変容量サブシステムを含む非接触電圧測定システムを提供する。測定中、非接触電圧測定システムは、可変容量サブシステムの容量を変え、試験中の絶縁導体と接地との間の容量分圧器回路のインピーダンスを変える。2回（又は3回）の測定を可変容量サブシステム全体にわたって順次に行うことによって、絶縁導体の AC 電圧を、絶縁導体とのガルバニック接続を必要とすることなく判定することができる。ガルバニック接続を必要としないそのようなシステムを本明細書では「非接触」という。本明細書で使用するとき、「電気的に結合された」は、特記のない限り、直接及び間接の両方の電気的結合を含む。

30

【0083】

40

50

図16は、本開示の非接触電圧測定システム2102をオペレータ2104が使用して、絶縁電線内に存在するAC電圧2106を、非接触電圧測定システムと電線2106とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる環境2100の概略図である。図17は、図16の非接触電圧測定システム2102の上面図である。非接触電圧測定システム2102は、握持部分つまり端部2110と、握持部分の反対側のプローブ部分つまり端部2112とを含むハウジング又は本体2108を含む。ハウジング2108はまた、非接触電圧測定システム2102とのユーザーインターラクションを促進するユーザーインターフェース2114を含むこともできる。ユーザーインターフェース2114は、任意の数の入力部（例えば、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチセンサー）と、任意の数の出力部（例えば、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー）とを含むことができる。10

#### 【0084】

少なくとも一部の実行例において、図17に最も良好に示すように、プローブ部分つまり端部2112は、第1及び第2の拡張部分2118及び2120によって画成された凹部分2116を含むことができる。凹部分2116は、絶縁電線2106を受け取る。絶縁電線2106は、導体2122と、導体2122を取り囲む絶縁体2124とを含む。凹部分2116は、センサー又は電極2126を含むことができ、センサー又は電極2126は、絶縁電線が非接触電圧測定システム2102の凹部分2116内に位置決めされたときに絶縁電線2106の絶縁体2124に近接して又は実質的に近接して載置される。20

#### 【0085】

図16に示すように、使用時に、オペレータ2104は、ハウジング2108の握持部分2110を把持し、プローブ部分2112を絶縁電線2106に近接して配置することができ、非接触電圧測定システム2102は、電線内に存在するAC電圧を接地（又は、別の基準ノード）に対して正確に測定することができるようになっている。プローブ端部つまり端部2112は凹部分2116を有すると示されているが、他の実行例において、プローブ部分2112は、異なる方法で構成することができる。例えば、少なくとも一部の実行例において、プローブ部分2112は、センサーを含む選択的に移動可能なクランプ、フック、平坦な又は円弧の面、又は、非接触電圧測定システム2102のセンサーを絶縁電線2106に近接して位置決めすることを可能にする他の形式のインターフェースを含むことができる。30

#### 【0086】

以下で更に論じるように、少なくとも一部の実行例において、非接触電圧測定システム2102は、オペレータ2104と接地2128との間の人体容量( $C_B$ )をAC電圧測定中に利用することができる。AC電圧を測定するために非接触電圧測定システム2102によって使用される特定のシステム及び方法を図18～図22を参照して以下で論じる。40

#### 【0087】

図18は、非接触電圧測定システム2300の高レベルブロック図である。非接触電圧測定システム2300は、先に論じた図16及び図17の非接触電圧測定システム2102と類似又は全く同じとすることができる。40

#### 【0088】

非接触電圧測定システム2300は、導電センサーつまり電極2302を含み、導電センサーつまり電極2302は、オペレータ2104がプローブ部分又は端部2112（図16）を電線に近接して位置決めしたときに絶縁電線2106の近傍であるようにサイズ決定、寸法決定、及び位置決めされている。センサー2302は、例えば、図17のセンサー2126と類似又は全く同じとすることができる。センサー2302が電線の近傍にある状態で非接触電圧測定システム2300が絶縁電線2106に近接して位置決めされたとき、センサーは、絶縁電線と容量結合する。換言すると、センサー2302の導電部は、センサーコンデンサ( $C_s$ )のうちの一方の半分を備え、絶縁電線2106（図17）50

) の導体 2122 は、センサー コンデンサのうちの他方の半分を備える。少なくとも一部の実行例において、センサー 2302 は、絶縁電線 2106 に面するセンサーの側の電磁場に対する感度が絶縁電線に面しないセンサーの他の側の電磁場に対する感度よりも大きいように設計することができる。

【0089】

非接触電圧測定システム 2300 はまた、導電センサー 2302 に電気的に結合されている可変容量サブシステム 2304 も含む。可変容量サブシステム 2304 は、第 2 の容量値 ( $C_2$ ) が第 1 の容量値 ( $C_1$ ) と異なる場合、少なくとも第 1 の容量値 ( $C_1$ ) と第 2 の容量値 ( $C_2$ ) との間で選択的に可変である容量値を有する。少なくとも一部の実行例において、可変容量サブシステム 2304 は、第 1 、第 2 及び第 3 の容量値のそれぞれが互いに異なる場合、少なくとも第 1 の容量値 ( $C_1$ ) と、第 2 の容量値 ( $C_2$ ) と、第 3 の容量値 ( $C_3$ ) との間で可変である容量値を選択的に有するように制御することができる。以下で更に論じるように、可変容量サブシステム 2304 は、絶縁電線 2106 から非接触電圧測定システム 2300 を通って接地 2128 又は他の基準ノードに延びる直列容量性回路の容量を変えるために使用されている。

10

【0090】

少なくとも一部の実行例において、容量値のうちの少なくとも 1 つ ( 例えば、容量値  $C_1$  ) は、入力信号及び入力容量の異なる値に対応するために選択的に可変とすることができる。例えば、システム 2300 は、入力信号が正確な測定には大きすぎるか又は小さすぎと判定することができ、正確な信号測定値を取得することができるよう容量値のうちの 1 つ又は 2 つ以上を選択的に調節することができる。それゆえに、容量値 ( 例えば、  $C_1$  ) のうちの 1 つ又は 2 つ以上は、特定の入力信号及び入力容量について好適な所望の容量値が得られるように選択的に結合することができる複数の物理コンデンサを利用して実行することができる。

20

【0091】

非接触電圧測定システム 2300 はまた、電圧又は電圧を示す信号を可変容量サブシステム 2304 全体にわたって感知するように動作する電圧測定値サブシステム 2306 も含む。少なくとも一部の実行例において、電圧測定サブシステム 2306 は、アナログ電圧信号をデジタル信号に変換するアナログ / デジタル変換器 (analog-to-digital converter、ADC) を含むことができる。例えば、電圧測定サブシステム 2306 は、非常に正確な測定値を促進する、 20 ビット以上 ( 例えば、 22 ビット ) の解像度など、相対的に高い有効解像度を有する ADC を含むことができる。少なくとも一部の実行例において、電圧測定サブシステム 2306 は、 ADC を使用して信号をデジタル形式変換する前に可変容量サブシステム 2304 から検出された電圧をバッファリング、成形、及び / 又は增幅する調整回路 ( 例えば、 1 つ又は 2 つ以上の増幅器及び / 又はフィルター ) を含むことができる。

30

【0092】

非接触電圧測定システム 2300 はまた、電圧測定サブシステム 2306 及び可変容量サブシステム 2304 に通信可能に結合されている制御装置 2308 を含むことができる。制御装置 2308 は、任意の好適なハードウェア、ソフトウェア又はその組み合わせとすることができます。一例として、制御装置 2308 は、 1 つ又は 2 つ以上のプロセッサと、 1 つ又は 2 つ以上のプロセッサに通信可能に結合された 1 つ又は 2 つ以上の非一時的プロセス可読記憶媒体とを含むことができる。非一時的プロセス可読記憶媒体は、 1 つ又は 2 つ以上のプロセッサによって実行されたとき、 1 つ又は 2 つ以上のプロセッサに本明細書で論じる機能性を実行 ( 例えば、絶縁電線 2106 内の AC 電圧を測定 ) させる命令及び / 又はデータを記憶することができる。

40

【0093】

制御装置 2308 は、 1 つ又は 2 つ以上の中央演算処理装置 ( central processing unit、CPU ) 、デジタル信号プロセッサ ( digital signal processor、DSP ) 、特定用途向け集積回路 ( application-specific integrated circuit、ASIC ) 、フィールド

50

プログラマブルゲートアレイ (field programmable gate array、FPGA)、プログラマブル論理制御回路 (programmable logic controller、PLC)、人工ニューラルネットワーク回路又はシステム、又は、任意の他の論理構成要素など、任意の形式の処理ユニットを含むことができる。制御装置 2308 に結合された非一時的プロセス可読記憶媒体は、任意の形式の非一時的揮発性及び / 又は不揮発性メモリを含むことができる。

【0094】

非接触電圧測定システム 2300 はまた、制御装置 2308 に通信可能に結合されたユーザーインターフェース 2310 を含むこともできる。ユーザーインターフェース 2310 は、任意の数の入力部 (例えば、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチセンサー) と、任意の数の出力部 (例えば、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー) とを含むことができる。少なくとも一部の実行例において、制御装置 2308 及び / 又はユーザーインターフェース 2310 は、データ及び / 又は命令を非接触電圧測定システム 2300 と 1 つ又は 2 つ以上の外部デバイスとの間で通信することを可能にする 1 つ又は 2 つ以上の有線及び / 又は無線通信インターフェース (例えば、USB、Bluetooth (登録商標)、Wi-Fi (登録商標)) を含むことができる。

10

【0095】

動作時に、オペレータ 2104 は、センサー・コンデンサ  $C_s$  を形成するためにセンサー 2302 が電線と容量結合するように非接触電圧測定システム 2300 を絶縁電線 2106 に近接して位置決めすることができる。センサー 2302 がそのように位置決めされたとき、制御装置 2308 は、可変容量サブシステム 2304 に異なる容量値を有させることができ、測定値を異なる容量値のそれぞれにて電圧測定サブシステム 2306 から取得することができる。その後、制御装置 2308 は、絶縁電線 2106 内に存在する AC 電圧の大きさを取得された測定値に基づいて判定し、結果をユーザーインターフェース 2310 を介してオペレータ 2104 に示すことができる。非接触電圧測定システム 2300 の特定の実行例に関する更なる詳細を図 19 ~ 図 21 を参照して以下で論じる。

20

【0096】

図 19 は、コンデンサ 2401 及び 2403 と指定された 2 つのコンデンサを利用する可変容量サブシステム 2402 を含む非接触電圧測定システム 2400 の概略図である。コンデンサ 2401 及び 2403 は、互いと同じか又は互いと異なる容量値を有することができる。非限定的な実施例として、コンデンサ 2401 及び 2403 は、それぞれ、1 000 ピコファラド (pF) の容量値を有することができる。別の実施例として、コンデンサ 2401 は、1 000 pF の容量値を有することができ、コンデンサ 2403 は、2 000 pF の容量値を有することができる。

30

【0097】

可変容量サブシステム 2402 は、第 1 の容量サブシステムノード 2404 と第 2 の容量サブシステムノード 2406 とを含む。コンデンサ 2401 は、第 1 の容量サブシステムノード 2404 と第 2 の容量サブシステムノード 2406 との間に電気的に結合されている。第 1 の容量サブシステムノード 2404 は、導電センサー 2408 に更に電気的に結合され、導電センサー 2408 は、それぞれ、先に論じた図 17 及び図 18 の非接触電圧測定システム 2102 及び 2300 の導電センサー 2126 及び 2302 と類似又は全く同じとすることができる。先に論じたように、非接触電圧測定システム 2400 が絶縁電線 2106 近傍に位置決めされたとき、導電センサー 2408 は、センサー・コンデンサ  $C_s$  のうちの一方の半分を形成し、電線 2106 の導体 2122 (図 17) は、センサー・コンデンサ  $C_s$  のうちの他方の半分を形成する。

40

【0098】

可変容量サブシステム 2402 はまた、コンデンサ 2403 をコンデンサ 2401 と並列に選択的に電気的に結合するように動作するスイッチ  $S_1$  も含む。したがって、スイッチ  $S_1$  を選択的に制御することによって、第 1 の容量サブシステムノード 2404 と第 2 の容量サブシステムノード 2406 との間の容量値は、コンデンサ 2401 の容量値と、コンデンサ 2401 及び 2403 の容量値の合計との間で選択的に可変である。コンデン

50

サ 2 4 0 1 及び 2 4 0 3 が同じ容量値（例えば、1 0 0 0 p F）を有する場合、スイッチ S<sub>1</sub>が閉にされたときの可変容量サブシステム 2 4 0 2 の容量は、スイッチ S<sub>1</sub>が開にされたときの可変容量サブシステム 2 4 0 2 の容量の 2 倍（例えば、2 0 0 0 p F 対 1 0 0 0 p F）である。

【 0 0 9 9 】

第 2 の容量サブシステムノード 2 4 0 6 は、人体容量 C<sub>B</sub>を介して接地 2 1 2 8 に電気的に結合することができ、人体容量 C<sub>B</sub>は、非接触電圧測定システム 2 4 0 0 を動作中に保持するオペレータ 2 1 0 4（図 1 6 及び図 1 7）の容量である。一般的に、オペレータの体は、接地 2 1 2 8 に対して薄膜絶縁体によって覆われた導体としてモデル化することができる。典型的には、人体容量 C<sub>B</sub>は、様々な要因に応じて、数十～低くは数百ピコファラード（例えば、5 0 ～ 3 0 0 p F）の範囲にある。少なくとも一部の実行例において、人体容量 C<sub>B</sub>を利用するよりはむしろ、第 2 の容量サブシステムノード 2 4 0 6 を、非接触電圧測定システム 2 4 0 0 と接地との好適な電気的接続を介して接地 2 1 2 8 に任意選択的に電気的に結合することができる。

10

【 0 1 0 0 】

制御装置 2 3 0 8 は、スイッチ S<sub>1</sub>の動作を選択的に制御するために結合され、スイッチ S<sub>1</sub>は、次に、容量値 C<sub>1</sub>又は容量値 C<sub>2</sub>であるように可変容量サブシステム 2 4 0 2 の容量値を選択的に制御する。この実施例において、容量値 C<sub>1</sub>は、コンデンサ 2 4 0 1 の容量に等しく、容量値 C<sub>2</sub>は、コンデンサ 2 4 0 1 及び 2 4 0 3 の容量の合計に等しい。他の実施例において、第 1 の容量サブシステムノード 2 4 0 4 と第 2 の容量サブシステムノード 2 4 0 6 との間のコンデンサ及び 1 つ又は 2 つ以上のスイッチの構成に応じて、可変容量サブシステム 2 4 0 2 内の異なる容量値 C<sub>1</sub>及び C<sub>2</sub>を選択的に達成することができる。

20

【 0 1 0 1 】

非接触電圧測定システム 2 4 0 0 はまた、第 1 の容量サブシステムノード 2 4 0 4 及び第 2 の容量サブシステムノード 2 4 0 6 に電気的に結合されている A D C 2 4 1 0 も含む。A D C 2 4 1 0 は、好適なインターフェース（例えば、同位相のシリアルインターフェース（synchronous serial interface、（S S I）を介して制御装置 2 3 0 8 に通信可能に結合されている。A D C 2 4 1 0 は、第 1 の容量サブシステムノード 2 4 0 4 と第 2 の容量サブシステムノード 2 4 0 6 との間のアナログ電圧をデジタル信号に変換し、デジタル信号を制御装置 2 3 0 8 に提供するように動作する。少なくとも一部の実行例において、A D C 2 4 1 0 は、2 0 以上のビット（例えば、2 2 ビット、2 4 ビット、3 0 ビット）の解像度など、相対的に高い有効解像度を有することができる。明瞭さのために図示していないが、A D C 2 4 1 0 は、信号をデジタル形式に変換する前に、可変容量サブシステム 2 4 0 2 から検出された電圧をバッファリング、成形、及び／又は増幅する調整回路（例えば、1 つ又は 2 つ以上の増幅器及び／又はフィルター）を含むことができるか、又は、該調整回路に結合することができる。更に、制御装置 2 3 0 8 及び A D C

30

2 4 1 0 は別個の構成要素として概略的に示されているが、少なくとも一部の実行例において、機能性のうちの一部又は全部を单一システム又は構成要素（例えば、单一の集積回路）内に結合することができる。

40

【 0 1 0 2 】

センサー及び電線がセンサー・コンデンサ C<sub>S</sub>を形成するようにセンサー 2 4 0 8 が電線近傍に位置決めされているときに電線 2 1 0 6 内の A C 電圧を測定するために、制御装置 2 3 0 8 は、まず、可変容量サブシステム 2 4 0 2 に、第 1 の容量値 C<sub>1</sub>を第 1 の容量サブシステムノード 2 4 0 4 と第 2 の容量サブシステムノード 2 4 0 6 との間に有させることができる。例えば、制御装置 2 3 0 8 は、スイッチ S<sub>1</sub>を開にすることによってそのようなことを達成することができ、これに起因して、可変容量サブシステム 2 4 0 2 は、コンデンサ 2 4 0 1 の容量に等しい容量値を有する。

【 0 1 0 3 】

次に、可変容量サブシステム 2 4 0 2 が第 1 の容量値 C<sub>1</sub>を有する間、制御装置 2 3 0

50

8は、ADC 2410に、第1の容量サブシステムノード2404と第2の容量サブシステムノード2406との間の第1の電圧 $V_{M1}$ を捕捉つまり測定させることができる。そのような電圧 $V_{M1}$ は、その後の使用のために非一時的プロセス可読記憶媒体に制御装置2308によって記憶することができる。

【0104】

次に、第1の電圧 $V_{M1}$ の測定値を取得した後、制御装置2308は、可変容量サブシステム2402に、第2の容量値 $C_2$ を第1の容量サブシステムノード2404と第2の容量サブシステムノード2406との間に有させることができる。例えば、制御装置2308は、コンデンサ2401と並列にコンデンサ2403を配置するためにスイッチ $S_2$ を閉にすることによってそのようなことを達成することができ、これによって、可変容量サブシステム2402は、コンデンサ2401及び2403の容量値の合計に等しい容量値を有する。

10

【0105】

可変容量サブシステム2402は第2の容量値 $C_2$ を有するが、制御装置2308は、ADC 2410に第1の容量サブシステムノード2404と第2の容量サブシステムノード2406との間の第2の電圧 $V_{M2}$ を捕捉つまり測定させることができる。

【0106】

次に、制御装置2308は、絶縁電線2106内のAC電圧を検出された第1の電圧 $V_{M1}$ 、検出された第2の電圧 $V_{M2}$ 、第1の容量値 $C_1$ 及び第2の容量値 $C_2$ に少なくとも部分的に基づいて判定することができる。絶縁電線2106内のAC電圧を判定する例示的なプロセスを図20を参照して以下で論じる。

20

【0107】

図20は、図19の非接触電圧測定システム2400の概略回路図を示す。この実施例において、絶縁電線2106のAC電圧は、交流電源( $V_{AC}$ )によって表されている。直列容量性回路が、交流電源( $V_{AC}$ )と、センサー-コンデンサ $C_s$ と、容量値 $C_1$ 又はスイッチ $S_1$ の状態に応じて容量値 $C_2$ である測定容量 $C_M$ と、オペレータ2104(図16及び図17)の人体容量 $C_B$ との間に形成されている。先に論じたように、ADC 2410は、可変容量サブシステム2402が第1の容量値(即ち、 $C_M = C_1$ )を有するときに第1の電圧測定値 $V_{M1}$ をノード2404及び2406全体にわたって取得し、可変容量サブシステムが第2の容量値(即ち、 $C_M = C_2$ )を有するときに第2の電圧測定値 $V_{M2}$ をノード2404及び2406全体にわたって取得する。測定された電圧 $V_M$ は、ノード2404での電圧( $V_{404}$ )とノード2406での電圧( $V_{406}$ )との間の電位差に等しい(即ち、 $V_M = V_{404} - V_{406}$ )。

30

【0108】

ノード2404での電流は、式によって表すことができる。

$$I_{CS} - I_{CM} = 0 \quad (6)$$

電流( $I_{CS}$ )は、以下の式によって与えられる。

$$I_{CS} = \frac{V_{AC} - V_{404}}{\frac{1}{s \times C_s}} \quad (7)$$

40

式中、( $V_{AC} - V_{404}$ )は、センサー-コンデンサ全体にわたる電圧 $C_s$ であり、 $s$ は、ラプラス変数であり、( $1 / (s \times C_s)$ )は、センサー-コンデンサ $C_s$ のインピーダンスである。電流( $I_{CM}$ )は、以下の式によって与えられる。

$$I_{CM} = \frac{V_{404} - V_{406}}{\frac{1}{s \times C_M}} \quad (8)$$

50

式中、( $V_{404} - V_{406}$ )は、コンデンサ $C_M$ 全体にわたる電圧であり、( $1 / (s \times C_M)$ )は、容量 $C_M$ のインピーダンスである。

## 【0109】

同様に、ノード2406での電流は、式によって表すことができる。

$$I_{CM} - I_{CB} = 0 \quad (9)$$

電流 ( $I_{CB}$ ) は、以下の式によって与えられる。

$$I_{CB} = \frac{V_{406} - 0}{\frac{1}{s \times C_B}} \quad (10)$$

式中、( $V_{406} - 0$ ) は、人体コンデンサ  $C_B$  全体にわたる電圧であり、( $1 / (s \times C_B)$ ) は、人体容量  $C_B$  のインピーダンスである。電流 ( $I_{CM}$ ) は、先に提示されている。 10

## 【0110】

上記式 (6) 及び (9) を使用して、及び、 $V_M = V_{404} \sim V_{406}$ 、 $V_M$  は以下の式によって表すことができる。

$$V_M = V_{AC} \times \frac{C_x}{C_M + C_x} \quad (11)$$

式中、

$$C_x = \frac{C_B \times C_S}{C_B + C_S} \quad (12) \quad 20$$

## 【0111】

先に論じたように、ADC 2410 は、可変容量システム 2402 が容量値  $C_1$  を有するときに第1の電圧測定値  $V_{M1}$  を取得するし、可変容量システム 2402 が容量値  $C_2$  を有するときに第2の電圧測定値  $V_{M2}$  を取得する。したがって、 $V_{M1}$  及び  $V_{M2}$  は、以下の式によって表すことができる。

$$V_{M1} = V_{AC} \times \frac{C_x}{C_1 + C_x} \quad (13) \quad 30$$

$$V_{M2} = V_{AC} \times \frac{C_x}{C_2 + C_x} \quad (14)$$

## 【0112】

式 (13) 及び (14) は、絶縁電線 2106 内の AC 電圧 ( $V_{AC}$ ) について解くことができ、これは、以下の式によって提示される。

$$V_{AC} = \frac{V_{M1} \left( \frac{C_1}{C_2} - 1 \right)}{\frac{C_1 V_{M1}}{C_2 V_{M2}} - 1} \quad (15) \quad 40$$

## 【0113】

式 (15) からわかるように、AC 電圧 ( $V_{AC}$ ) は、既知の容量値  $C_1$  及び  $C_2$  (つまり容量値  $C_1$  と  $C_2$  との比率)、及び、測定された電圧  $V_{M1}$  及び  $V_{M2}$  のみを使用して実行時間中に判定することができる。即ち、絶縁電線 2106 内の AC 電圧 ( $V_{AC}$ ) を取得するためには、センサー コンデンサ  $C_S$  及び人体容量  $C_B$  を判定する必要はない。更に、尚、AC 電圧の周波数は、式から脱落するが、システム 2400 の全体的なインピーダンスは、回路の最小コンデンサの周波数及び容量に左右される。例えば、回路内の最小コンデンサで 50

ある  $1 \text{ pF}$  のセンサー容量  $C_s$  で、回路のインピーダンスは、50 Hz にて  $3.5 \text{ G}$  台である。

【0114】

図21は、3つのコンデンサ、即ち、コンデンサ2602、2604及び2606を利用する可変容量サブシステム2601を含む非接触電圧測定システム2600の概略図である。非接触電圧測定システム2600は、先に論じた非接触電圧測定システムと類似又は全く同じであるので、簡潔さのために実質的な違いのみを以下で論じる。

【0115】

非接触電圧測定システム2600は、センサー2408に電気的に結合された第1の容量サブシステムノード2608と、オペレータ2104(図16及び図17)の人体容量  $C_B$  を介して接地2128に電気的に結合された第2の容量サブシステムノード2610とを含む。少なくとも一部の実行例において、第2の容量型サブシステムノード2610は、好適な電気接続部2612(「基準接続部」)を介して接地2128に任意選択的に直に電気的に結合することができる。

10

【0116】

コンデンサ2602は、制御装置2308によって制御可能であるスイッチ  $S_2$  を介してノード2608とノード2610との間に選択的に直列に結合することができる。コンデンサ2604は、制御装置2308によって制御可能であるスイッチ  $S_3$  を介してノード2608とノード2610との間に選択的に直列に結合することができる。コンデンサ2606は、制御装置2308によって制御可能であるスイッチ  $S_4$  を介してノード2608とノード2610との間に選択的に直列に結合することができる。少なくとも一部の実行例において、制御装置2308は、一度にスイッチ  $S_2$ 、 $S_3$  及び  $S_4$  のうちの1つを閉にし、一度にコンデンサのうちの1つをノード2608とノード2610との間に直列に結合する。そのような実例において、コンデンサ2602、2604及び2606のそれぞれは、互いと異なる容量値を有することができる。例えば、コンデンサ2602は、 $1000 \text{ pF}$  の容量値を有することができ、コンデンサ2604は、 $2000 \text{ pF}$  の容量値を有することができ、コンデンサ2606は、 $24000 \text{ pF}$  の容量値を有することができる。一般的に、容量値は、コンデンサのそれぞれが回路にスイッチングされるときに電圧測定値の相対的に大きな変動をもたらすように選ばれる必要がある。

20

【0117】

センサー及び電線がセンサー・コンデンサ  $C_s$  を形成するようにセンサー2408が電線2106の近傍に位置決めされているときに電線2106内のAC電圧( $V_{AC}$ )を測定するために、制御装置2308は、まず、可変容量サブシステム2402に、第1の容量値  $C_1$  を第1の容量サブシステムノード2608と第2の容量サブシステムノード2610との間に有させることができる。例えば、制御装置2308は、スイッチ  $S_2$  を閉にし、スイッチ  $S_3$  及び  $S_4$  を開にすることによってそのようなことを達成することができ、これに起因して、可変容量サブシステム2601は、コンデンサ2602の容量に等しい容量値を有する。

30

【0118】

次に、可変容量サブシステム2402は、第1の容量値  $C_1$  を有するが、制御装置2308は、ADC 2410に第1の測定された電圧  $V_{M1}$  を第1の容量サブシステムノード2608と第2の容量サブシステムノード2610との間で捕捉することができる。そのような電圧  $V_{M1}$  は、その後の使用のために非一時的プロセス可読記憶媒体に制御装置2308によって記憶することができる。

40

【0119】

次に、第1の電圧  $V_{M1}$  の測定値を取得した後、制御装置2308は、可変容量サブシステム2601に第2の容量値  $C_2$  を第1の容量サブシステムノード2608と第2の容量サブシステムノード2610との間に有させることができる。例えば、制御装置2308は、スイッチ  $S_3$  を閉にし、スイッチ  $S_2$  及び  $S_4$  を開にすることによってそのようなことを達成することができ、これに起因して、可変容量サブシステム2601は、コンデンサ

50

2604の容量値に等しい容量値を有する。

【0120】

可変容量サブシステム2601は、第2の容量値 $C_2$ を有するが、制御装置2308は、ADC 2410に第2の測定された電圧 $V_{M2}$ を第1の容量サブシステムノード2608と第2の容量サブシステムノード2610との間で捕捉させることができる。

【0121】

第2の電圧 $V_{M2}$ の測定値を取得した後、制御装置2308は、可変容量サブシステム2601に第3の容量値 $C_3$ を第1の容量サブシステムノード2608と第2の容量サブシステムノード2610との間に有させることができる。例えば、制御装置2308は、スイッチ $S_4$ を閉にし、スイッチ $S_2$ 及び $S_3$ を開にすることによってそのようなことを達成することができ、これに起因して、可変容量サブシステム2601は、コンデンサ2606の容量値に等しい容量値を有する。

10

【0122】

可変容量サブシステム2601は、第3の容量値 $C_3$ を有するが、制御装置2308は、ADC 2410に第3の測定された電圧 $V_{M3}$ を第1の容量サブシステムノード2608と第2の容量サブシステムノード2610との間で捕捉させることができる。

【0123】

次に、制御装置2308は、絶縁電線2106内のAC電圧( $V_{AC}$ )を検出された第1の電圧 $V_{M1}$ 、検出された第2の電圧 $V_{M2}$ 、検出された第3の電圧 $V_{M3}$ 、第1の容量値 $C_1$ 、第2の容量値 $C_2$ 及び第3の容量値 $C_3$ に少なくとも部分的に基づいて判定することができる。絶縁電線2106内のAC電圧( $V_{AC}$ )を判定する例示的なプロセスを以下で論じる。

20

【0124】

スイッチ $S_2$ が閉にされ、スイッチ $S_3$ 及び $S_4$ が開にされたとき、絶縁電線2106内のAC電圧( $V_{AC}$ )は、以下の式によって表すことができる。

$$V_{AC} = I_1 (Z_s + Z_B + Z_{602}) \quad (16)$$

式中、 $I_1$ は、直巻電流であり、 $Z_s$ は、センサー・コンデンサ $C_s$ の未知のインピーダンスであり、 $Z_B$ は、オペレータ2104(図16及び図17)の人体容量 $C_B$ の未知のインピーダンスであり、 $Z_{602}$ は、コンデンサ2602のインピーダンスである。

30

【0125】

スイッチ $S_3$ が閉にされ、スイッチ $S_2$ 及び $S_4$ が開にされたとき、絶縁電線2106内のAC電圧は、以下の式によって表すことができる。

$$V_{AC} = I_2 (Z_s + Z_B + Z_{604}) \quad (17)$$

式中、 $I_2$ は、直巻電流であり、 $Z_s$ は、センサー・コンデンサ $C_s$ の未知のインピーダンスであり、 $Z_B$ は、オペレータ2104(図16及び図17)の人体容量 $C_B$ の未知のインピーダンスであり、 $Z_{604}$ は、コンデンサ2604のインピーダンスである。

40

【0126】

スイッチ $S_4$ が閉にされ、スイッチ $S_2$ 及び $S_3$ が開にされたとき、絶縁電線2106内のAC電圧( $V_{AC}$ )は、以下の式によって表すことができる。

$$V_{AC} = I_3 (Z_s + Z_B + Z_{606}) \quad (18)$$

式中、 $I_3$ は、直巻電流であり、 $Z_s$ は、センサー・コンデンサ $C_s$ の未知のインピーダンスであり、 $Z_B$ は、オペレータ2104(図16及び図17)の人体容量 $C_B$ の未知のインピーダンスであり、 $Z_{606}$ は、コンデンサ2606のインピーダンスである。

【0127】

互いに等しい式(16)及び(17)を設定し、 $Z_s + Z_B$ について解くと以下の式が得られる。

$$Z_s + Z_B = \frac{V_{M2} - V_{M1}}{I_1 - I_2} \quad (19)$$

【0128】

50

式(19)を式(18)に代入すると、以下の式が得られる。

$$V_{AC} = I_3 \times \left( \frac{V_{M2} - V_{M1}}{I_1 - I_2} + Z_{606} \right) \quad (20)$$

【0129】

$I_x = V_x / Z_x$  及び  $Z_x = 1 / (2 C_x)$  置換し、結果を簡略化すると、絶縁電線 2106 内の AC 電圧 ( $V_{AC}$ ) は以下の式によって表すことができる。

$$V_{AC} = C_{606} V_{606} \left( \frac{V_{M2} - V_{M1}}{C_{602} V_{602} - C_{604} V_{604}} \right) + V_{M3} \quad (21)$$

10

【0130】

その後、絶縁電線 2106 の判定された AC 電圧をオペレータに示すか、又は、好適な通信インターフェースを介して外部デバイスに通信することができる。

【0131】

図 22 は、ガルバニック接触なしに絶縁電線内の AC 電圧を測定するために非接触電圧測定システムを操作する方法 2700 のフロー図である。非接触電圧測定システムは先に論じた非接触電圧測定システムの実行例のいずれかと類似又は全く同じとすることができる、及び / 又は、そのような非接触電圧測定システムの様々な組み合わせを含むことができる。

20

【0132】

方法 2700 は、2702 にて始まることができ、オペレータが、非接触電圧測定システムの導電センサーを測定される絶縁電線近傍に位置決めする。先に論じたように、導電センサーが絶縁電線近傍に位置決めされたとき、絶縁電線内のセンサー及び導体は、センサー・コンデンサ  $C_s$  を形成するために共に容量結合される。

【0133】

2704 にて、非接触電圧測定システムの少なくとも 1 つのプロセッサ (制御装置) は、センサーに電気的に結合された可変容量サブシステムに第 1 の容量値を有させることができる。少なくとも一部の実行例において、可変容量サブシステムは、例えば、少なくとも第 1 のコンデンサと、第 2 のコンデンサと、プロセッサに制御されたスイッチとを含む。

30

【0134】

2706 にて、少なくとも 1 つのプロセッサは、第 1 の電圧を可変容量サブシステム全体にわたって検出つまり測定して、第 1 の測定された電圧を非一時的プロセス可読記憶媒体に記憶することができる。先に論じたように、少なくとも一部の実行例において、少なくとも 1 つのプロセッサは、相対的に高い (例えば、20 ビット、22 ビット) 有効解像度を有する ADC を介して、可変容量サブシステム全体にわたる電圧を検出つまり測定することができる。

40

【0135】

2708 にて、非接触電圧測定システムの少なくとも 1 つのプロセッサは、可変容量サブシステムに第 1 の容量値と異なる第 2 の容量値を有させることができる。少なくとも一部の実行例において、第 1 の容量値及び第 2 の容量値のうちの一方は、第 1 の容量値及び第 2 の容量値のうちの他方の少なくとも 2 倍とすることができます。非限定的な実施例として、第 1 及び第 2 の容量値のうちのそれぞれは、1000 pF ~ 5000 pF とすることができます。

【0136】

2710 にて、少なくとも 1 つのプロセッサは、第 2 の電圧を可変容量サブシステム全体にわたって検出つまり測定して、第 2 の測定された電圧を非一時的プロセス可読記憶媒体に記憶することができる。

50

## 【0137】

2712にて、少なくとも1つのプロセッサは、絶縁導体内のAC電圧を第1及び第2の測定された電圧及び第1及び第2の容量値に少なくとも部分的に基づいて判定することができる。例えば、先に論じたように、少なくとも1つのプロセッサは、絶縁導体内のAC電圧( $V_{AC}$ )を式に従って判定することができる。

$$V_{AC} = V_{M1} \times [(C_1 / C_2) - 1] / [(C_1 V_{M1} / C_2 V_{M2}) - 1] \quad (22)$$

式中、 $C_1$ 及び $C_2$ は、それぞれ、第1及び第2の容量値であり、 $V_{M1}$ 及び $V_{M2}$ は、可変容量サブシステム全体にわたる第1及び第2の測定された電圧である。

## 【0138】

絶縁導体内のAC電圧を判定した後、少なくとも1つのプロセッサは、結果を、少なくとも1つのプロセッサに通信可能に結合されたユーザーインターフェースを介してオペレータに示すことができる。ユーザーインターフェースは、ビジュアルコンポーネント(例えば、ディスプレイ、発光体(例えば、LED)、複数の発光体(例えば、LED))及び/又はオーディオコンポーネント(例えば、スピーカー、ブザー)を含むことができる。付加的又は代替的に、少なくとも1つのプロセッサは、結果を好適な有線及び/又は無線通信インターフェースを介して外部デバイスに通信することができる。

10

## 【0139】

少なくとも一部の実行例において、第2の測定された電圧を取得した後、少なくとも1つのプロセッサは、可変容量サブシステムに第3の容量値を有させることができる。そのような実例において、その後、少なくとも1つのプロセッサは、第3の測定値電圧を可変容量サブシステム全体にわたって検出つまり測定することができる。

20

## 【0140】

その後、少なくとも1つのプロセッサは、絶縁導体内のAC電圧( $V_{AC}$ )を第1の測定された電圧( $V_{M1}$ )、第2の測定された電圧( $V_{M2}$ )、第3の測定された電圧( $V_{M3}$ )、第1の容量値( $C_1$ )、第2の容量値( $C_2$ )及び第3の容量値( $C_3$ )に少なくとも部分的に基づいて判定することができる。例えば、少なくとも1つのプロセッサは、絶縁導体内のAC電圧( $V_{AC}$ )を式に従って判定することができる。

$$V_{AC} = C_3 V_{M3} \times [(V_{M2} - V_{M1}) / (C_1 V_{M1} - C_2 V_{M2})] + V_{M3} \quad (23)$$

## 【0141】

その後、判定されたAC電圧( $V_{AC}$ )を好適なインターフェースを介してオペレータに示し、及び/又は、有線及び/又は無線通信インターフェースを介して外部デバイスに通信することができる。

30

## 【0142】

マルチコンデンサ型非接触電圧測定システム

以下で論じる内容は、マルチコンデンサ型電圧測定値センサー又はシステムを使用して、絶縁又はプランク非絶縁導体(例えば、絶縁電線)のAC電圧を、導体と試験電極又はプローブとのガルバニック接続を必要とすることなく測定するシステム及び方法を対象とする。本セクションで開示する実行例を本明細書では「マルチコンデンサ型電圧センサー」又はシステムという場合がある。全体的に、非ガルバニック接触(つまり「非接触」)電圧測定システムを提示し、該システムは、接地に対する絶縁導体内のAC電圧信号を容量センサーを使用して測定する。

40

## 【0143】

図23Aは、マルチコンデンサ電圧センサー又はシステムを含む非接触電圧測定システム3102を、オペレータ3104が使用して、絶縁導体3106内に存在するAC電圧を、非接触電圧測定システムと電線3106とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる環境3100の絵図である。図23Bは、動作中の非接触電圧測定システムの様々な電気的特性を示す、図23Aの非接触電圧測定システム3102の上面図である。非接触電圧測定システム3102は、握持部分つまり端部3110と、握持部分の反対側の、本明細書では前端ともいうプローブ部分つまり端部3112とを含むハウジングつまり本体3108を含む。ハウジング3108はまた、非接触電圧測定システム

50

3102とのユーザーインターラクションを促進するユーザーインターフェース3114を含むこともできる。ユーザーインターフェース3114は、任意の数の入力部（例えば、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチセンサー）と、任意の数の出力部（例えば、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー）とを含むことができる。非接触電圧測定システム3102はまた、ローカル又は遠隔配置装置と通信を促進する1つ又は2つ以上の有線及び/又は無線通信インターフェース（例えば、USB、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標））を含むこともできる。

【0144】

少なくとも一部の実行例において、図23Bに最も良好に示すように、プローブ部分3112は、第1及び第2の拡張部分3118及び3120によって画成された凹部分3116を含むことができる。凹部分3116は、測定が行われるときに絶縁電線3106（図23Aを参照）を受け取る。絶縁電線3106は、導体3122と、導体3122を取り囲む絶縁体3124とを含む。凹部分3116は、センサー又は電極S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>を含むことができ、センサー又は電極S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>は、絶縁電線が非接触電圧測定システム3102の凹部分3116内に位置決めされたときに絶縁電線3106の絶縁体3124に近接して位置決めされている。図示した実施例において、センサーS<sub>1</sub>及びS<sub>2</sub>は、ハウジング3108の拡張部分3118の内側に配設され、センサーS<sub>3</sub>は、拡張部分3120の内側に配設されている。センサーと他の物体（例えば、絶縁電線3106、金属物体）との物理的及び電気的接触を防止するためにセンサーS<sub>1</sub>及びS<sub>2</sub>を凹部分3116から分離するために拡張部分3119の表面3119を設けることができる。同様に、拡張部分3120の表面3121は、センサーS<sub>3</sub>を凹部分3116から分離することができる。図27を参照して以下で論じるように、少なくとも一部の実行例において、表面3119は、表面3121が凹部分からセンサーS<sub>3</sub>を分離する距離（例えば、図27の厚さT<sub>2</sub>）と異なる距離（例えば、図27の厚さT<sub>1</sub>）だけセンサーS<sub>1</sub>及びS<sub>2</sub>を凹部分3116から分離することができる。

【0145】

図23Aに示すように、使用時に、オペレータ3104は、ハウジング3108の握持部分3110を把持して絶縁電線3106に近接してプローブ部分3112を配置することができ、非接触電圧測定システム3102は、電線内に存在するAC電圧を接地（又は、別の基準ノード）に対して正確に測定することができるようになっている。プローブ端部3112は凹部分3116を有すると示されているが、他の実行例において、プローブ部分3112は、異なる方法で構成することができる。例えば、少なくとも一部の実行例において、プローブ部分3112は、選択的に移動可能なクランプ、フック、センサーを含む平坦な又は円弧の面、又は、非接触電圧測定システム3102のセンサーを絶縁電線3106に近接して位置決めすることを可能にする他の形式のインターフェースを含むことができる。

【0146】

プローブ部分3112が絶縁電線3106に近接して位置決めされたとき、センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>は、それぞれ、容量C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>及びC<sub>3</sub>を生成する電線の導体3122とそれぞれ容量結合する。以下で更に論じるように、センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>のうちのそれぞれは、絶縁電線3106内のAC電圧（V<sub>0</sub>）を正確に判定するためにセンサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>での異なる電圧V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>及びV<sub>3</sub>を検出及び使用することができるよう、絶縁電線3106との容量結合に影響を与える少なくとも1つの特性に関して互いに異なる。

【0147】

少なくとも一部の実行例において、出力電圧V<sub>1</sub>と、V<sub>2</sub>と、V<sub>3</sub>と様々な比率が、絶縁導体の3106の特性を判定するために使用される。判定された特性を使用して、絶縁導体3106内のAC電圧を、較正されたルックアップテーブル及び/又は1つ又は2つ以上の判定された式を介して判定することができる。

【0148】

AC電圧を測定するために非接触電圧測定システム3102によって使用される特定の

10

20

30

40

50

システム及び方法を図24～図27を参照して以下で論じる。

【0149】

図24は、図23A及び図23Bにもまた示す非接触電圧測定システム3102の様々な内部構成要素の概略図を示す。この実施例において、非接触電圧測定システム3102の導電センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>は、試験中の絶縁電線3106に近接して位置決めされている。センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>のうちのそれぞれは、それぞれ、絶縁電線3106の導体3122と容量結合して、センサー結合コンデンサC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>及びC<sub>3</sub>（図23B）を形成する。電線3122内のAC電圧信号（V<sub>o</sub>）は、それぞれ、センサー電圧信号V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>及びV<sub>3</sub>をセンサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>にて生成し、これらの電圧信号は、それぞれのセンサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>の結合容量C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>及びC<sub>3</sub>に左右される。

10

【0150】

測定される電線3122内のAC電圧（V<sub>o</sub>）は、外部接地3128（例えば、中立）との接続を有する。非接触電圧測定システム3102自体もまた、接地3128に対する容量を有し、この容量は、主として、オペレータ3104（図23A）が非接触電圧測定システムを手に保持したときの人体容量（C<sub>B</sub>）からなる。容量C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>及びC<sub>3</sub>のうちのそれぞれは、導電ループをC<sub>B</sub>を介して生成し、ループの内側の電圧は、それぞれの信号電流（I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>及びI<sub>3</sub>）を生成する。電流信号（I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>及びI<sub>3</sub>）は、それぞれ、導電センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>に容量結合されている絶縁電線3106の導体3122内のAC電圧信号（V<sub>o</sub>）によって生成され、非接触電圧測定システム3102のハウジング3108及び接地3128に至る人体コンデンサ（C<sub>B</sub>）を介して外部接地3128に戻る。電流信号（I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>及びI<sub>3</sub>）は、それぞれ、導電センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>と試験中の絶縁電線3106との間の距離、導電センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>の特定の形状及びサイズ、及び、導体3122のサイズ、電圧レベル（V<sub>o</sub>）及び相対位置にそれぞれ左右される。電圧V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>及びV<sub>3</sub>は、それぞれ、電流信号I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>及びI<sub>3</sub>に比例している。内部接地ガード3154（図25、図26A、図26B及び図27を参照）からテスト用リード線などの測定された基準電位までの接続がある場合、接地（人体容量C<sub>B</sub>）に対する任意の他の基準電位を使用することもできる。この接続は、使用された場合、接地／アースに接続された場合には低い人体容量C<sub>B</sub>の影響を無効にすることもできる。一例であれば、内部接地ガード3154を1つの位相に接続し、非接触センサー3112を別の位相に使用する多相環境における相間測定であろう。

20

【0151】

迷走電流を低減又は回避するために、非接触電圧測定システム3102の少なくとも一部（例えば、センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>）は、導電内部接地ガード又はスクリーン3132A～B（図26A～Bにもまた図示）によって少なくとも部分的に取り囲むことができ、これに起因して、電流の大部分は、導電センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>を通り、センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>は、絶縁電線3106の導体3122で、結合コンデンサC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>及びC<sub>3</sub>を、それぞれ、形成する。内部接地ガード3132A～Bは、任意の好適な導電材料（例えば、銅製）から形成することができ、中実（例えば、箔）とすることができるか、又は、1つ又は2つ以上の開口部（例えば、メッシュ）を有することができる。センサーS<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>及びS<sub>3</sub>の周りのガード3132A～Bは、また、センサーに近い隣接電線の迷走による影響を低減することもできる。図25、図26A、図26B及び図27で参照番号3154によっても参照されるガード3132A～Bは、非接触電圧測定システム3102の内部接地接続をもたらす。

30

【0152】

図24に示すように、非接触電圧測定システム3102は、電圧測定構成要素3136A、3136B及び3136Cを含む電圧測定サブシステム3136を含むことができ、電圧測定構成要素3136A、3136B及び3136Cは、それぞれ、電圧信号V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>及びV<sub>3</sub>、及び／又は、電圧信号に比例しているそれぞれの電流信号I<sub>1</sub>、I<sub>2</sub>及びI<sub>3</sub>を検出するように動作する。非限定的な実施例として、電圧測定構成要素3136のそれぞれは、電圧信号V<sub>1</sub>、V<sub>2</sub>及びV<sub>3</sub>を検出するアナログ／デジタル変換器（ADC）

40

50

) 及び関連の回路を備えることができる。別の非限定的な実施例として、電圧測定構成要素 3 1 3 6 A、3 1 3 6 B 及び 3 1 3 6 C のうちのそれぞれは、電圧信号  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  に比例している入力電流  $I_1$ 、 $I_2$  及び  $I_3$  を電圧レベルに変換する反転電流電圧変換器をして動作する入力増幅器及びフィードバック回路を含むことができる。

【0 1 5 3】

電圧信号  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  (又は、その代表的な信号) を信号処理モジュール 3 1 4 0 に供給することができ、信号処理モジュール 3 1 4 0 は、以下で更に論じるように、電圧信号  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  を処理して絶縁導体 3 1 0 6 の導体 3 1 2 2 内の AC 電圧 ( $V_o$ ) を判定する。信号処理モジュール 3 1 4 0 は、デジタル及び / 又はアナログ回路の任意の組み合わせを含むことができる。

10

【0 1 5 4】

非接触電圧測定システム 3 1 0 2 はまた、判定された AC 電圧 ( $V_o$ ) を示すか、又は、インターフェースによって非接触電圧測定システムのオペレータ 3 1 0 4 に通信するために信号処理モジュール 3 1 4 0 に通信可能に結合されたユーザーインターフェース 3 1 4 2 (例えば、ディスプレイ) も含むことができる。

【0 1 5 5】

図 2 5 は、1 つの図示した実行例による、絶縁電線の測定中に絶縁導体 3 1 0 6 に近接して位置決めされた非接触電圧測定システム 3 1 0 2 の導電センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  を示す概略図である。この実施例において、導電センサー  $S_1$  は、第 1 の距離  $D_1$  だけ絶縁導体 3 1 0 6 から分離され、導電センサー  $S_2$  は、第 2 の距離  $D_2$  だけ絶縁導体 3 1 0 6 から分離され、導電センサー  $S_3$  は、第 3 の距離  $D_3$  だけ絶縁導体 3 1 0 6 から分離されている。少なくとも一部の実行例において、距離  $D_1$ 、 $D_2$  及び  $D_3$  のうちの少なくとも 1 つは、距離  $D_1$ 、 $D_2$  及び  $D_3$  のうちの少なくとも 1 つの他の距離と異なってもよい。例えば、少なくとも一部の実行例において、距離  $D_1$  及び  $D_2$  は、互いに等しくてもよく、距離  $D_3$  は、距離  $D_1$  及び  $D_2$  と異なってもよい。図 2 7 に示すように、距離  $D_1$ 、 $D_2$  及び  $D_3$  は、1 つ又は 2 つ以上の絶縁層の物理特性 (例えば、厚さ) によって少なくとも部分的に制御することができる。

20

【0 1 5 6】

図 2 5 にもまた図示したように、導電センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  は、異なる物理的寸法 (例えば、高さ、幅、形状、面積) を有することができる。図示した実施例において、導電センサー  $S_1$  は、導電センサー  $S_2$  の幅 ( $W_2$ ) を下回る幅 ( $W_1$ ) を有し、導電センサー  $S_2$  は、導電センサー  $S_3$  の幅 ( $W_3$ ) を下回る幅 ( $W_2$ ) を有する。センサー  $S_1$ 、 $S_2$  と  $S_3$  のそのような違いが、絶縁電線内の AC 電圧を独自に判定するための電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  の測定を可能にする。

30

【0 1 5 7】

図 2 6 A は、内部接地ガード 3 1 3 2 A によって少なくとも部分的に取り囲まれた第 1 及び第 2 の導電センサー  $S_1$  及び  $S_2$  の平面図である。この実施例において、センサー  $S_1$  は、直角を隅部 3 1 5 1 に形成する第 1 の縁部 3 1 5 0 A 及び第 2 の縁部 3 1 5 0 B と、直角の反対側の斜辺縁部 3 1 5 0 C とを画成する平面直角三角形を有する。同様に、センサー  $S_2$  は、直角を隅部 3 1 5 3 に形成する第 1 の縁部 3 1 5 2 A 及び第 2 の縁部 3 1 5 2 B と、直角の反対側の斜辺縁部 3 1 5 2 C とを画成する平面直角三角形を有する。この実施例において、センサー  $S_1$  及び  $S_2$  は、第 1 及び第 2 の導電センサー  $S_1$  及び  $S_2$  の斜辺縁部 3 1 5 0 C 及び 3 1 5 2 C が、それぞれ、小さい間隙がその間にあって互いの横に (例えば、実質的に隣接して) 位置決めされるように互いに対し逆転されている。

40

【0 1 5 8】

図 2 6 B は、内部接地ガード 3 1 3 2 B によって少なくとも部分的に取り囲まれた第 3 の導電センサー  $S_3$  の平面図である。この実施例において、第 3 の導電センサー  $S_3$  は、形状は長方形である。この実施例において、第 3 の導電センサー  $S_3$  は、形状は長方形である。少なくとも一部の実行例において、第 3 のセンサー  $S_3$  の面積は、第 1 及び第 2 の導電センサー  $S_1$  及び  $S_2$  の組み合わせ面積と同じ (又は実質的に同じ) であるが、そのよう

50

な特徴は、要件ではない。第3のセンサー  $S_3$  は、第1及び第2の導電センサー  $S_1$  及び  $S_2$  の組み合せ面積と同じであり、センサー  $S_1$  及び  $S_2$  は、センサー  $S_3$  が絶縁電線から離間されている距離と異なる距離によって絶縁電線から離間されている実例において、組み合せられたセンサー  $S_1$  及び  $S_2$  は、距離の違いを形が似たコンデンサを使用して説明するために容量  $C_3$  と比較することができる単一の容量 ( $C_1 + C_2$ ) としてみなすことができる。

#### 【0159】

センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  の特定の形状、サイズ、相対位置及び配向は例示的であり、限定的ではないことを認識されたい。実際には、センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  のうちのそれぞれの形状、サイズ、相対位置及び配向は、数多くの組み合わせで変えることができる。

10

#### 【0160】

図27は、センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  を含む非接触電圧測定システム3102の前端3112の断面図である。センサー  $S_1$  及び  $S_2$  を回路基板3156Aによって支えることができ、回路基板3156Aは、内部接地ガード3132Aによって少なくとも部分的に取り囲まれている。同様に、センサー  $S_3$  を回路基板3156Bによって支えることができ、回路基板3156Bは、内部接地ガード3132Bによって少なくとも部分的に取り囲まれている。

#### 【0161】

第1の絶縁層3158Aが、センサー  $S_1$  及び  $S_2$  を前端3112の凹部分3118から分離している。第2の絶縁層3158Bが、センサー  $S_3$  を前端の凹部分3118から分離している。第1及び第2の絶縁層3158A及び3158Bは、それぞれ、平面3119及び3121を有することができ、平面3119及び3121は、「V」字形の凹部分3116を画成するように互いに対し鋭角( )にて配設され、「V」字形の凹部分3116は、絶縁導体をその中で受け取る。非限定的な実施例として、角度( )は、少なくとも一部の実行例において $20^\circ \sim 50^\circ$  (例えば、 $39^\circ$ 、 $42^\circ$ )であってもよい。例示的な絶縁導体3162、3164及び3166は、平面3119及び3121近傍に凹部分3116内に配設されると図示されている。絶縁導体3162は、絶縁3162Aによって取り囲まれた導線3162Bを含み、絶縁導体3164は、絶縁3164Aによって取り囲まれた導線3164Bを含み、絶縁導体3166は、絶縁3166Aによって取り囲まれた導線3166Bを含む。

20

#### 【0162】

図27に示す実施例において、前端つまりプローブ端部3112は、相対的に大きな直径を有する絶縁電線3162又は相対的に小さな直径を有する絶縁電線3166など、様々な直径の絶縁電線を収容するように成形されている。絶縁電線3162、3164及び3166はまた、それぞれ、異なる直径を有する導体3162A、3164A及び3166A、及び/又は、異なる厚さを有するそれぞれの絶縁層3162B、3164B及び3166Bを有することができる。

30

#### 【0163】

第1の絶縁層3158Aは、第1の厚さ  $T_1$  を有することができ、第2の絶縁層3158Bは、第2の厚さ  $T_2$  を有することができる。少なくとも一部の実行例において、第1の厚さ  $T_1$  は、第2の厚さ  $T_2$  と異なってもよい。例えば、少なくとも一部の実行例において、第1の厚さは、ほぼ $0.5$ ミリメートル (mm) であってもよく、第2の厚さ  $T_2$  は、ほぼ $2.5$ mm であってもよい。

40

#### 【0164】

試験中の絶縁電線との容量結合に影響を与える少なくとも1つの特性 (例えば、サイズ、形状、絶縁導体3106からの距離) に関して互いに異なる3つのセンサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  を設置すると、非接触電圧測定システム3102は、センサーと絶縁導体3106との間の容量結合に影響を与える異なる変数を補正することができる。そのような変数としては、絶縁導体3106の直径、絶縁導体3106の絶縁の厚さ、前端3112の凹部分3116内の絶縁導体3106の位置などを挙げることができる。

50

## 【0165】

有利なことに、それぞれ、電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  の電圧測定値をセンサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  にて取得することによって、非接触電圧測定システム 3102 の少なくとも 1 つのプロセッサは、絶縁導体 3106 上の AC 電圧を正確に判定することができる。そのような判定を行うために、既知の AC 電圧を有する既知の絶縁導体 3106 を使用して非接触電圧測定システム 3102 を（例えば、製造又は設計中に）較正することができる。付加的又は代替的に、非接触電圧測定システム 3102 の少なくとも 1 つのプロセッサは、1 つ又は 2 つ以上の判定された式を利用し、と共に、電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  を入力として利用して、絶縁導体 3106 の AC 電圧を出力として供給することができる。動作中、非接触電圧測定システム 3102 の少なくとも 1 つのプロセッサは、電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  を取得し、その後、電圧を入力として受け取り、絶縁電線内の AC 電圧を出力するルックアップテーブル又は 1 つ又は 2 つ以上の式を使用して絶縁電線内の AC 電圧を判定することができる。

10

## 【0166】

図 26A、図 26B 及び図 27 に示す例示的なセンサー構成については、それぞれ、センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  で測定された電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  間の様々な関係を使用して、試験中の絶縁導体の AC 電圧を判定することができる。少なくとも一部の実行例において、非接触電圧測定システム 3102 は、以下の関係のうちの 1 つ又は 2 つ以上を利用することができる。

20

$$\frac{V_1}{V_2} \quad (24)$$

$$V_1 + V_2 \quad (25)$$

$$V_1 + V_2 + V_3 \quad (26)$$

30

$$\frac{V_1 + V_2}{V_3} \quad (27)$$

## 【0167】

上記の関係 (24) ~ (27) を用いて、様々なサイズの絶縁導体内の AC 電圧を測定することができるよう、絶縁導体とセンサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  との間の距離から独立している関数を絶縁導体（例えば、絶縁導体 3106）内の未知の AC 電圧について提供することができる。

## 【0168】

センサー  $S_1$  及び  $S_2$  について、以下の式を使用することができる。

$$V_o = k \times (V_1 + V_2) \quad (28)$$

40

式中、 $V_o$  は、絶縁導体内の AC 電圧であり、 $k$  は、上記の関係 (24) の関数である（即ち、 $k = f(V_1 / V_2)$ ）。

## 【0169】

測定された電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  は、それぞれ、センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  と絶縁導体との間の容量  $C_1$ 、 $C_2$  及び  $C_3$  に左右される。したがって、平面又は壁部（例えば、センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  のうちのそれぞれ）に平行である電線（例えば、絶縁導体）間の容量について既知の式に従って容量  $C_1$ 、 $C_2$  及び  $C_3$  を計算することができる。センサーのうちのそれぞれの容量  $C$  の式は、以下の通りである。

$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\cosh^{-1}\frac{d}{a}} = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln\left(\frac{d}{a} + \sqrt{\frac{d^2}{a^2}-1}\right)} \quad (29)$$

式中、「a」は、導線の半径であり、「d」は、電線とセンサーとの間の距離であり（式中、「d」>「a」）、「l」は、センサーに近接する電線の長さ、又は、同等にセンサーの幅である。

【0170】

先に論じたように、電流をセンサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  のうちのそれぞれを介してそれぞれの電圧に変換する 1 つ又は 2 つ以上の A D C 又は 1 つ又は 2 つ以上の反転演算増幅器など、それぞれ、好適な電圧測定構成要素 3136 A、3136 B 及び 3136 C で電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  を測定することができる。 10

【0171】

上記の関係 (24)、(25) 及び (26) は、独自の値を電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  の所与の測定値について提供する 3 つの式を識別し、電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  の所与の測定値は、試験中の導線の直径並びに導線の絶縁厚さを識別し、上記の式 (29) を使用して容量  $C_1$ 、 $C_2$  及び  $C_3$  を計算するために使用することができる。その後、絶縁電線内の A C 電圧を以下の式に従って計算することができる。

$$I_x \sim V_x = \frac{V_O}{j\omega C_x} = V_O \times j\omega C_x \quad (30)$$

式中、「x」は、それぞれ、センサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  について 1、2 及び 3 に等しい。

【0172】

3 つのセンサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  の 3 つの出力電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  によって、導体の直径及び絶縁の厚さによる試験中の絶縁電線の特徴づけが可能である。上記の関係 (24) は、主として、絶縁電線の外径を定義し、関係 (27) は、主として、絶縁電線の導体の直径を定義する。先に論じたように、電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  は、ルックアップテーブルから較正係数を取得するために、又は、較正係数を 1 つ又は 2 つ以上の式を利用して計算するために入力として使用される。 30

【0173】

一例として、電圧  $V_1$ 、 $V_2$  及び  $V_3$  の所与の測定値について、上記の式 (29) を使用して、関係 (24) は、電線直径及び絶縁厚さの可能な組み合わせを試験中の絶縁電線について制限する。同様に、関係 (25) は、電線直径及び絶縁厚さの可能な組み合わせを試験中の絶縁電線について制限する。したがって、関係 (24) 及び (25) を使用して、指定の電線直径及び指定の絶縁厚さを有する仮想電線を判定することができる。判定された仮想電線の物理特性を使用して、上記の関係 (24) 及び (25) の両方に左右される係数「k」を識別することができる。判定された仮想電線及び測定された電圧  $V_1$  及び  $V_2$  を使用して、試験中の絶縁電線の異なる位置によって生成される較正表によって、位置から独立した最終的な電圧結果が得られる。 40

【0174】

電圧  $V_1$  及び  $V_2$  のみを使用すると、結果は、不正確な値を示す恐れがある。したがって、上述した電圧と同様にセンサー  $S_3$  からの電圧  $V_3$  を使用すると、より良好な位置定義を得ることができる。特に、関係 (27) では、電圧  $V_1$  及び  $V_2$  の合計を利用する。共に結合されたときのセンサー  $S_1$  及び  $S_2$  の形状はセンサー  $S_3$  の形状と類似のものであることから、関係 (27) によって、2 つの異なる距離（即ち、 $T_1$  及び  $T_2$ ）での同様のコンデンサ（即ち、 $C_1 + C_2$  及び  $C_3$ ）の比率が得られる。

【0175】

妥当な容量（例えば、数ピコファラド）をセンサーと試験中の絶縁電線との間で達成し、また、人体容量（C B）（例えば、30 ~ 200 ピコファラド）をはるかに下回るよう

にセンサー  $S_1$ 、 $S_2$  及び  $S_3$  の実際寸法及び形状を選択することができ、人体容量 (C B) は、ハンドヘルド用途の接地に対する可能な基準として使用することができる。

【0176】

非接触 AC 電気的パラメータ測定システム

以下で論じる内容は、本明細書で論じる機能性のうちの一部又は全部を含むことができる非接触測定システムの様々な例示的な実行例を提示する。

【0177】

図 28 は、非接触電圧測定機能性及び非接触電流測定機能性を提供する非接触測定システムつまり器具 3700 の概略ブロック図である。測定システム 3700 はまた、電圧及び / 又は電流測定値から導出された 1 つ又は 2 つ以上の AC 電気的パラメータ ( 例えは、電力、エネルギー、周波数、高調波 ) を判定することもできる。測定システム 3700 は、プロセッサ 3706 にそれぞれ通信可能に結合されている電圧センサー 3702 と電流センサー 3704 とを含む。

10

【0178】

電圧センサー 3702 及び / 又はプロセッサ 3706 は、本明細書で論じる非接触検出器のいずれかと類似又は全く同じとすることができます。プロセッサ 3706 は、1 つ又は 2 つ以上の中央演算処理装置 (CPU) 、マイクロプロセッサ、デジタル信号プロセッサ (DSP) 、特定用途向け集積回路 (ASIC) 、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA) など、1 つ又は 2 つ以上の論理回路処理装置を含むことができる。測定システム 3700 はまた、命令又はデータのうちの少なくとも一方を記憶するプロセッサ 3706 に通信可能に結合されたメモリ 3708 含むこともできる。メモリ 3708 は、例えは、1 つ又は 2 つ以上のソリッドステートメモリフラッシュメモリ又はソリッドステートドライブ (SSD) を含むことができ、1 つ又は 2 つ以上のソリッドステートメモリは、コンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュール及び他のデータの不揮発性記憶を測定システム 3700 について行う。図示していないが、測定システム 3700 は、他の非一時的コンピュータ可読又はプロセッサ可読媒体、例えはハードディスクドライブ、光ディスク駆動装置又はメモリカードメディアドライブを採用することができる。

20

【0179】

測定システム 3700 は、ユーザーインターフェース 3710 を含むことができ、ユーザーインターフェース 3710 は、任意の数の入力部 ( 例えは、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチスクリーン ) と、任意の数の出力部 ( 例えは、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー ) とを含むことができる。測定システム 3700 はまた、読み出し 3714 及び / 又は波形 3716 を示す 1 つ又は 2 つ以上のディスプレイ 3712 を含むこともできる。

30

【0180】

動作時に、プロセッサ 3706 は、信号を電圧センサー 3702 及び電流センサー 3704 から受け取って、それぞれ、電圧測定値及び電流測定値を取得する。プロセッサ 3706 は、そのような電圧測定値及び電流測定値を利用して、付加的な AC 電気的パラメータを測定値の組み合わせに基づいて導出することができる。そのようなパラメータとしては、例えは、電力 ( 真の電力、皮相電力など ) 、位相 ( 例えは、三相 ) 、周波数、高調波、エネルギーなどを挙げることができる。

40

【0181】

電圧センサー信号及び電流センサー信号は、共通測定時間間隔中にそれぞれの電圧センサー 3702 及び電流センサー 3704 によって取得することができ、共通測定時間間隔は、持続時間が比較的短くてもよい ( 例えは、10 ミリ秒 (ms) 、 100 ms 、 1 秒、 10 秒 ) 。例えは、電圧センサー 3702 及び電流センサー 3704 は、少なくとも部分的に互いに並行して測定値を取得することができる。別の実施例として、電圧センサー 3702 及び電流センサー 3704 のうちの一方は、電圧センサー及び電流センサーのうちの他方が測定値を取得した実質的に直後に測定値を取得することができ、測定値は、ほぼ同時に取得されるようになっている。一部の実行例において、電圧センサー 3702 及び

50

電流センサー 3704 は、測定値を指定の間隔にて（例えば、10ms 毎に、100ms 毎に、1秒毎に、10秒毎に）同時に又は連続して繰り返し取得するように動作することができる。一般的に、電圧センサー 3702 及び電流センサー 3704 は、両方とも、それぞれの測定値を測定時間間隔内に取得し、測定時間間隔は、電圧測定値及び電流測定値の対が互いに対応するように十分に短く、これによって、取得された電流測定値及び電圧測定値を使用する1つ又は2つ以上のAC電気的パラメータ（例えば、電力、位相）の正確な導出又は判定が可能である。

#### 【0182】

プロセッサ 3706 は、測定又は導出されたパラメータのうちの1つ又は2つ以上の読み出し 3714 を提供することができ、1つ又は2つ以上の特性のグラフ表示を提供することができる。そのようなグラフ表示は、波形、高調波棒グラフなどを含むことができる。ディスプレイ 3712 を介して示すことができる例示的な信号特性としては、電圧、電流、周波数、電力パラメータ（例えば、ワット、kVA）、位相、エネルギー、高調波、相順検出などが挙げられる。

#### 【0183】

図29は、非接触電圧測定機能性及び/又は非接触電流測定機能性を提供する非接触測定システムつまり器具 3800 の概略ブロック図である。測定システム 3800 は多くの点において図28の測定システム 3700 と類似又は全く同じであるので、関連の違いのみを簡潔さのために本明細書で論じる。

#### 【0184】

この実行例において、測定システム 3800 は、ディスプレイを含むことができず、その代わりに、電気機器を外部のプロセッサベースの装置 3806 を介して遠隔操作にてモニターする「後に残る」センサーとして使用することができる。そのようなプロセッサベースの装置 3806 は、スマートフォン、タブレットコンピュータ、ラップトップコンピュータ、ウェアラブルコンピュータ、サーバー、クラウドコンピュータなどなど、様々な形式の装置を含むことができる。外部のプロセッサベースの装置 3806 は、一定期間にわたって（例えば、分、時間、日、週、年）測定 3800 によって収集されたデータを示すディスプレイを含むことができる。

#### 【0185】

1つ又は2つ以上の外部のプロセッサベースの装置と通信するために、測定システムは1つ又は2つ以上の有線通信インターフェース 3802 及び/又は1つ又は2つ以上の無線通信インターフェース 3804 を含むことができる。

#### 【0186】

無線通信インターフェース 3804 の非限定的な実施例としては、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標）、Bluetooth（登録商標）Low Energy、Zigbee（登録商標）、6LoWPAN（登録商標）、Optical IR、無線HARTなどが挙げられる。有線通信インターフェース 3802 の非限定的な実施例は、USB（登録商標）、イーサネット、PLC、HART、MODBUS、FireWire（登録商標）、Thunderbolt（登録商標）などが挙げられる。

#### 【0187】

外部デバイス 3806 にデータを送ることに加えて、少なくとも一部の実行例において、測定システム 3800 は、データ又は命令（例えば、制御命令）のうちの少なくとも一方を有線通信インターフェース 3802 及び/又は無線通信インターフェース 3802 を介して外部デバイス 3806 から受信することができる。

#### 【0188】

図30は、測定システム 3800 など、測定システムの前端つまりプローブ端部 390 の一部を示す。測定システムは、本明細書で論じる測定システムのうちの1つ又は2つ以上と類似又は全く同じであってもよい。この実行例において、測定システムの前端 390 は、第1及び第2の離間された突起 3902a 及び 3902b を有する固定式爪 3902 を含み、第1及び第2の離間された突起 3902a 及び 3902b は、試験中の絶縁

10

20

30

40

50

導体（明瞭さのために図示せず）を受け取る凹部分 3904 を画成する。窪み 3904 の一番奥の部分 3906 に近接して、試験中の絶縁導体内の電圧及び電流のうちの少なくとも一方を測定するように動作するセンサー 3908 がある。

【0189】

測定システムの前端 3900 はまた、突起 3902a 及び 3902b の周りに配設された 1つ又は 2つ以上の位置合わせ用フィードバックセンサー 3910 も含み、1つ又は 2つ以上の位置合わせ用フィードバックセンサー 3910 は、様々な情報を測定動作中にユーザーに提供するために使用することができる。例えば、少なくとも一部の実行例において、1つ又は 2つ以上の位置合わせ用フィードバックセンサー 3910 を使用して、前端 3900 に対する絶縁導体の位置合わせに関するフィードバックをユーザーに提供することができる。そのようなことは、1つ又は 2つ以上の位置合わせ用フィードバックセンサー 3910 を利用して絶縁導体の場所を判定し、そのような場所の表示をユーザーに提供することによって達成することができる。

10

【0190】

例えば、測定システムのディスプレイ 3912 は、位置合わせフィードバック情報をユーザーに提供することができる。別の実施例として、着色光（例えば、LED）を使用して、位置合わせフィードバックをユーザーに提供することができる。実施例として、赤色光を照射して、絶縁導体が位置合わせされていないことを示すことができ、黄色光を照射して、絶縁導体がほぼ位置合わせされていることを示すことができ、緑色光を照射して、絶縁導体が適切に位置合わせされていることを示すことができる。別の実施例として、前端 3900 に対する絶縁導体の位置をディスプレイ上にグラフ表示にて表示することができる。別の実施例として、音を使用して位置合わせフィードバックを提供することができる。例えば、測定システムは、「ビープ音」又は他の音を、絶縁導体が位置合わせされているか否かに基づいて変動する間隔、強度（音量）又は周波数にて生成することができる（例えば、位置合わせなしには遅いビープ音、ほぼ位置合わせ済みにはより速いビープ音、位置合わせ済みには最速又は安定したビープ音）。

20

【0191】

少なくとも一部の実行例において、1つ又は 2つ以上の位置合わせ用フィードバックセンサー 3910 は、代替的に又は付加的に実際の電圧（例えば、試験中の導体近傍の通電された回路）を近くで検出するために使用することができる。そのような実際の電圧が検出されると、表示（例えば、音、光、警告メッセージ）を示して、実際の電圧が近くにあることをユーザーに通知することができる。

30

【0192】

少なくとも一部の実行例において、1つ又は 2つ以上の位置合わせ用フィードバックセンサー 3910 を使用して、ユーザーによって取得された測定値の精度の表示を行うことができる。例えば、ユーザーが測定値を取得したとき、色分けされた信号（例えば、赤色、黄色、緑色）を提供して、測定値精度が良好（緑色）、ぎりぎり（黄色）、又は不良（赤色）であることを位置合わせ判定に基づいてユーザーに通知することができる。色又はグラフィックによる位置合わせフィードバックの他に、他の形式のフィードバックを提供することができる。例えば、判定された位置合わせ情報を数値として、棒グラフとして、「高温 / 低温」インジケータとして、又は任意の他の好適なインジケータとして示すことができる。

40

【0193】

図 31 ~ 図 41B は、それぞれ、本明細書で論じる機能性の少なくとも一部を組み込むことができる測定器具の様々な実施例を示す。図 31 は、測定器具 4000 を示し、測定器具 4000 は、ハウジング 4002 と、読み出しディスプレイ 4004 と、センサーを備える前端 4006 と、絶縁電線を把持する退避可能なクランプつまり頸部 4008 とを含む。本開示のクランプつまり頸部 4008 並びに他のクランプつまり頸部は、ハウジング 4002 に永久的に装着されていてもよく、又は、選択的に着脱可能であってもよい。図 32 は、測定器具 4100 を示し、測定器具 4100 は、ハウジング 4102 と、読み

50

出しディスプレイ 4104 と、センサーを備える前端 4106 と、絶縁導体を中で受け取る固定式爪 4108 とを含む。図 33 は、測定器具 4200 を示し、測定器具 4200 は、ハウジング 4202 と、読み出しディスプレイ 4204 と、センサーを備える前端 4206 と、試験中の絶縁導体を把持する退避可能なフック 4208 とを含む。図 34 は、測定器具 4300 を示し、測定器具 4300 は、ハウジング 4302 と、読み出し及びグラフィック情報（例えば、波形、高調波グラフ）を示すディスプレイ 4304 と、センサーを備える前端 4306 と、試験中の絶縁導体を把持する退避可能なフック 4308 ）とを含む。図 35 は、測定器具 4400 を示し、測定器具 4400 は、ハウジング 4402 と、ディスプレイ 4404 と、センサーを中に含む弓形形状の前端 4406 とを含む。

## 【0194】

10

図 36 は、測定器具 4500 を示し、測定器具 4500 は、ハウジング 4502 と、読み出しディスプレイ 4504 と、センサーを備える前端 4506 と、退避可能なフック 4508 と、任意選択的な基準リード線 4510 とを含む。測定器具 4500 を使用して、非接触 AC 電圧、AC 電流、DC 電圧、抵抗、周波数、位相、kWh、kW、VA、var、PF、THD、突入電流、相順、及び電圧降下試験を含むがこれらに限定されない様々な電気的特性を測定及び／又は導出することができる。

## 【0195】

20

測定システム 3800 の例示的な形状要素が、図 37 に示されており、図 37 は、測定器具 4600 を例示し、測定器具 4600 は、測定される絶縁導体を把持するハウジング部分 4604 から伸びるクランプ 4602 と、基準ノードに結合することができる任意選択的なクリップ 4606 とを含む。動作時に、ユーザーは、クランプ 4604 を測定される絶縁導体上へ配置することができ、測定器具 4600 は、電流測定値及び／又は電流測定値を一定期間にわたって（例えば、秒、分、時間、日、週、年）取得することができ、1つ又は2つ以上の付加的な AC 電気的パラメータを測定値から導出することができる。測定データ及び／又は導出されたパラメータを1つ又は2つ以上の外部のプロセッサベースの装置にリアルタイムで又は判定された間隔で送ることができ、そのようなデータを処理し、及び／又は、好適なユーザーインターフェース（例えば、ディスプレイ）を介してユーザーに示すことができる。先に論じたように、測定器具 4600 はまた、命令又はデータを有線及び／又は無線の通信を介して1つ又は2つ以上の外部デバイスから受信することもできる。

30

## 【0196】

図 38 は、測定器具 4700 を示し、測定器具 4700 は、ケーブル 4706 によって第2のハウジング 4704 に電気的に結合された第1のハウジング 4702 を含む。第1のハウジング 4702 は、測定情報をユーザーに示すディスプレイ 4708 をその上に含むことができる。第1のハウジング 4702 は、非接触電圧測定値を取得するセンサーを中に有する前端 4710 を含むことができる。同様に、第2のハウジング 4704 は、非接触電圧測定を取得するセンサーを中に有する前端 4712 を含むことができる。動作時に、第1及び第2のハウジング 4702 及び 4704 のうちの一方又は両方を使用して、個々の非接触 AC 電圧測定値及び／又は個々の AC 電圧電流測定値を取得することができる。更に、第1のハウジング 4702 の前端 4710 が第1の絶縁導体に近接して位置決めされ、第2のハウジング 4704 の前端 4712 が第2の絶縁導体に近接して位置決めされたとき、測定システム 4700 は、結合された非接触相間 AC 電圧測定値を2つの絶縁導体間で取得することができる。

40

## 【0197】

図 39 は、測定器具 4800 を示し、測定器具 4800 は、結合された複数のテスト用リード線 4802 を有するハウジング 4804 を含む。測定器具 4800 は、外部のプロセッサベースの装置 4806（例えば、スマートフォン、タブレット）と無線で通信することができ、この外部のプロセッサベースの装置は、測定器具を制御し、表示 4808 に關して測定器具によって取得された測定値を示すユーザーインターフェースとして機能することができる。少なくとも一部の実行例において、測定器具 4800 は、（例えば、外

50

部のプロセッサベースの装置 4806 を介して ) ファン、圧縮機、ポンプなどの運転サイクル、及び / 又は、加熱システム、冷却システム及び / 又は照明システムの動作特性を測定して示すことができる。測定器具 4800 はまた、例えば、非接触 AC 電圧、AC 電圧、AC 電流、DC 電圧、抵抗、周波数、位相、kWh、KW、VA、var、PF 及び THD を測定及び / 又は導出することもできる。

#### 【0198】

図 40 は、測定器具 4900 を示し、測定器具 4900 は、ハウジング 4902 と、ディスプレイ 4904 と、非接触 AC 電圧を測定するセンサーをその中に備える前端 4906 とを含む。測定器具 4900 を使用して、( 例えば、1kV よりも大きい ) 高電圧を測定又は検出することができる。ホットスティック ( 例えば、テレスコープホットスティック ) を、測定器具 4900 に任意選択的に結合して、回路に触れたり、切り離したりすることなく高い AC 電圧を試験することができる。そのようなことは例えば、伝送線路、落下した電力線、ヒューズ及び負荷遮断コネクタなどの高電圧設備で作業するときに用役用途、工業用途、採鉱用途において有用であり得る。

10

#### 【0199】

図 41 は、測定器具 5000 を示し、測定器具 5000 は、ハウジング 5002 と、ディスプレイパネル 5004 ( 例えば、タッチスクリーン ) と、3 本の信号入力リード線 5006 と、基準入力リード線 5008 とを含む。測定器具 5000 は、例えば、非接触 AC 電圧、AC 電流、DC 電圧、抵抗、継続性、周波数、位相、kWh、KW、VA、var、PF、THD、突入電流、相順及び電圧降下試験を測定するように動作することができる。

20

#### 【0200】

図 42A 及び図 42B は、赤外線カメラ 5100 を示し、赤外線カメラ 5100 は、ハウジング 5102 とディスプレイ 5104 とを含む。赤外線カメラ 5100 は、前端部分 5106 を含み、前端部分 5106 は、非接触 AC 電圧及び AC 電流を交互に又は同時に測定するために使用することができるセンサーを含む。赤外線カメラ 5100 は、視覚映像をディスプレイ 5104 上で提供することができ、任意選択的にレーザー案内式とすることができます。少なくとも一部の実行例において、赤外線カメラ 5100 は、有線及び / 又は無線通信インターフェース ( 例えば、スパイラルケーブル、Blueooth ( 登録商標 ) Low Energy ) を介して、外部のプロセッサベースの装置 ( 例えば、スマートフォン、タブレットコンピュータ、別の測定器具 ) に通信可能に結合可能である。

30

#### 【0201】

本開示の測定システム又は器具のうちの 1 つ又は 2 つ以上は、以下の機能、即ち、隙間がない電線への良好なアクセスのためのより小さい顎部幅より大きい導体のためのより広い顎部開口部、懷中電灯、接地測定に即した非接触 AC 電圧、位相測定に即した非接触 AC 電圧位相、非接触 AC 電圧インジケータ、バックライトディスプレイ、ゴースト電圧検出 ( 低 Z ) 、インピーダンス、音、交換可能な試験リード線、任意選択的なフレックスランプ、容量測定、オートホールド、温度測定、真の RMS 、電流 ( 例えば、mA ) 、直流、電力、など、のうちの 1 つ又は 2 つ以上を含むことができる。

40

#### 【0202】

##### 非接触電流測定システム

本明細書で開示するシステム及び方法は、絶縁電線を通って流れる電流を、絶縁電線の導体とのガルバニック接触を必要とすることなく測定する非接触電流測定システムを提供する。本明細書で論じる非接触電流測定システムを独立型電流計として実行するか、又は、本明細書で論じる 1 つ又は 2 つ以上の他の実行例と組み合わせて、様々な AC 電気的パラメータ ( 例えば、電力、位相、周波数、高調波、エネルギー ) の測定など、付加的な機能性を提供することができる。少なくとも一部の実行例において、非接触電流測定システムは、試験中の絶縁電線に近接 ( 例えば、隣接 ) して選択的に位置決め可能である磁場センサーを含む。磁場センサーの非限定的な実施例としては、異方性磁気抵抗 ( ( AMR ) センサー、巨大磁気抵抗 ( GMR ) センサー、フラックスゲートセンサー、SQUID センサー )

50

ンサー、光ファイバーセンサー、光励起型センサー、ニュークリアプロセッションセンサー、サーチコイルセンサー、磁気トランジスタセンサー、磁気ダイオードセンサー、光磁気センサー、ホール効果センサー、ロゴウスキーコイル、変流器又は他の形式の磁場センサーなど、磁場センサーが挙げられる。磁場センサーは、絶縁電線内を流れる電流によって生成された磁場を検出する。絶縁電線の導体を取り囲む磁場の大きさは、絶縁電線の導体を通って流れる電流の大きさに関係がある（例えば、比例する）。

#### 【0203】

導体を取り囲む磁場を検出することに加えて、本開示の実行例のうちの少なくとも一部は、調整可能なクランプアセンブリを利用して絶縁電線の機械的位置決めを磁場センサーに対して制御する。更に、少なくとも一部の実行例において、非接触電流測定システムは、絶縁電線の絶縁の内側の導体の外径又はゲージなど、試験中の絶縁電線の少なくとも1つの物理的寸法に関係する情報を判定する。検出された磁場、制御された機械的位置決め及び判定された物理的寸法情報を使用して、非接触電流測定システムは、絶縁電線の導体を通って流れる電流の大きさを正確に判定する。

10

#### 【0204】

図43は、環境5200の絵図であり、環境5200において、非接触電流測定システム5202を技術員5204が使用して、絶縁電線5206内に存在するAC電流を、非接触電流測定システムと絶縁電線5206とのガルバニック接触を必要とすることなく測定することができる。図44A及び図44Bは、非接触電流測定システム5202の拡大図を示す。

20

#### 【0205】

非接触電流測定システム5202は、握持部分つまり端部5210と、握持部分の反対側のプローブ部分つまり端部5212とを含むハウジング又は本体5208を含む。ハウジング5208はまた、非接触電流測定システム5202とユーザーインターラクションを促進するユーザーインターフェース5214を含むこともできる。ユーザーインターフェース5214は、任意の数の入力部（例えば、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチセンサー）と、任意の数の出力部（例えば、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー）とを含むことができる。非接触電流測定システム5202はまた、1つ又は2つ以上の有線及び/又は無線通信インターフェース（例えば、USB、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標））を含むこともできる。

30

#### 【0206】

図44A及び図44Bに示すように、磁場センサー5216（例えば、異方性磁気抵抗（AMR）センサー、巨大磁気抵抗（GMR）センサー、フラックスゲートセンサー又は他の磁場センサー）が、前端5212の頂面5218より下方に位置決めされている。磁場センサー5216は、絶縁電線5206内を流れる電流によって生成された磁場を検出するために使用され、絶縁電線5206は、1つ又は2つ以上の絶縁層5224によって取り囲まれた導体5222を備える。導体5222を取り囲む磁場の大きさは、導体を通って流れる電流の大きさに関係がある（例えば、比例する）。一般的に、導体5222内を流れる電流の大きさは、2つのパラメータが満たされたときに磁場センサー5216によって正確に判定することができる。第1のパラメータは、磁場センサー5216に対する絶縁電線5206の機械的位置決めの制御であり、磁場センサー5216は、少なくとも一部の実行例において調整可能なクランプアセンブリ5226によって制御される。第2のパラメータは、外径又は絶縁電線の絶縁の内側の導体の直径（即ち、測ゲージ）など、絶縁電線5206の物理的寸法情報をあり、該物理的寸法情報は、調整可能なクランプアセンブリ5226に動作可能に結合された位置フィードバックセンサー5228によって判定又推定することができる。調整可能なクランプアセンブリ5226及び位置フィードバックセンサー5228を更に以下で論じる。

40

#### 【0207】

更に、少なくとも一部の実行例において、絶縁電線5206のゲージに関する物理的寸法情報は、付加的又は代替的に、センサーと絶縁電線5206との間で生成された基準信

50

号（例えば、基準電流信号）を検出する1つ又は2つ以上の基準信号センサーを利用して取得することができる。物理的寸法情報を絶縁電線について検出するそのような「基準信号」方法を実行する様々な例示的な非接触測定システムは、図1A～図15を参照して先に論じている。例えば、少なくとも一部の実行例において、調整可能なクランプアセンブリ及び位置フィードバックセンサーを使用して、絶縁電線の全体径を判定することができ、基準信号による方法を使用して、絶縁電線の絶縁の厚さを判定することができる。絶縁電線及び判定された絶縁厚さの判定された全体径を使用して、非接触電流測定システムは、絶縁電線の絶縁の内側の導体の直径を自動的に判定又は推定することができる（例えば、導体の直径は、絶縁厚さの2倍だけ低減された絶縁電線の全体径に等しい）。その後、導体の判定された直径を検出された磁場と共に使用して、絶縁電線を通って流れる電流の大きさを正確に判定することができる。10

#### 【0208】

図示した実行例において、絶縁電線5206の機械的位置決めは、調整可能なクランプ又は「スライダ」クランプアセンブリ5226によって行われ、調整可能なクランプ又は「スライダ」クランプアセンブリ5226は、絶縁導体が、測定中に磁場センサー5216と適切に位置合わせして（例えば、隣接して）位置決めされることを確実にする。調整可能なクランプアセンブリ5226は、ハウジング5208に結合されたクランプ部材5230を含み、クランプ部材5230は、前端5212の頂面5218の方に及び頂面5218から離れて選択的に移動可能である。クランプ部材5230を第1のクランプ部分と本明細書で呼ぶことができ、前端5212を第2のクランプ部分と本明細書で呼ぶことができる。クランプ部材5230は、前端5212の頂面5218に面し、頂面5218に概ね平行であるクランプ表面5232を含む。クランプ表面5232及び頂面5218は、共に、絶縁電線5206の一部を中で受け取るようにサイズ決定及び寸法決定された可変サイズのクランプ開口部5234を画成している。図示した実施例において、クランプ部材5230は、クランプ開口部5234が相対的に大きい第1の位置P<sub>1</sub>と、クランプ開口部が相対的に小さい第2の位置P<sub>2</sub>との間で選択的に移動可能である。20

#### 【0209】

図44Aに示すように、ユーザーは、絶縁電線容易をクランプ開口部内へ移動させることを可能にするのに十分な量だけクランプ部材5230のクランプ表面5232が前端5212の頂面5218から離間されているときに絶縁電線5206をクランプ開口部5234内に位置決めすることができる。その後、図44Bに示すように、ユーザーは、クランプ部材5230を第3の位置P<sub>3</sub>に下方に移動させて、頂面及びクランプ表面が両方とも両側で絶縁電線の絶縁層に接触するように、絶縁電線5206を前端5212の頂面5218とクランプ表面5232の間に「クランプする」ことができる。本明細書で使用するとき、「クランプ」という用語は、電線の位置を磁場センサー5216に対して維持するために絶縁電線5206が絶縁電線の両側で頂面5218及びクランプ表面5232によって接触されることを指すために使用されている。即ち、この用語は、頂面5218又はクランプ表面5232が任意の特定の量の力を必ず絶縁電線5206に与えることを示すわけではない。30

#### 【0210】

位置フィードバックセンサー5228は、クランプ部材5230の位置（例えば、線形位置）を感知するように動作して、そのようなことを示す位置フィードバックセンサー信号（例えば、線形位置フィードバックセンサー信号）を生成する。位置フィードバック信号は、例えば、デジタル信号又はアナログ信号とすることができます。絶縁電線5206がクランプ表面5232と前端5212の頂面5218との間にクランプされているとき、クランプ部材5230の感知された位置を使用して、絶縁電線の直径又はゲージを判定又は推定することができる。例えば、位置フィードバックセンサー5228は、クランプ部材5230の延長部に比例している位置フィードバックセンサー信号を提供することができる。位置フィードバックセンサー5228は、クランプ部材5230の延長部を感知して絶縁電線5206の直径を判定するように動作する任意の好適なセンサーとすることが40

できる。例えば、位置フィードバックセンサー 5228 は、抵抗センサー、磁気抵抗センサー、ホール効果センサー、光センサーなどを含むことができる。少なくとも一部の実行例において、「基準信号」方法を付加的又は代替的に使用して、絶縁電線 5206 の内側の導体の直径又は寸法を判定することができ、これは、更に、システム 5202 が正確な電流測定値を提供することを可能にすることができる。

#### 【0211】

少なくとも一部の実行例において、クランプ部材 5230 を好適な付勢部材 5236 によって第 2 の位置  $P_2$  の方に付勢することができる。例えば、クランプ部材 5230 をクランプ部材とハウジング 5208 の一部との間に結合されたばねによって第 2 の位置  $P_2$  の方に付勢することができる。有利なことに、クランプ部材 5230 の付勢は、クランプアセンブリ 5226 が絶縁電線 5206 をクランプ開口部 5234 により良好に保持し、同時に、また、絶縁電線 5206 の直径のより均一な測定値を提供することを可能にすることができる。

10

#### 【0212】

磁場センサー 5216 に対する絶縁電線 5206 の機械的位置決めは、磁束密度と電流の流れとの直交関係（例えば、通電導体の周りの磁束の「右手の法則」）のために重要であり得る。更に、位置フィードバックセンサー 5228 によって提供された物理的寸法情報は、磁束密度のために重要であり得、磁束密度は、導体の周縁部に接し、同じ電流の流れについては、大きい直径を有する導体よりも小さい直径を有する導体の方が高い。したがって、少なくとも絶縁電線の直径の推定値がわかれば、非接触電流測定システム 5202 は、電線の直径が感知された磁場と電線内を流れる電流との関係に及ぼす影響を考慮することによって、絶縁電線を通る電流をより正確に判定することができる。

20

#### 【0213】

図 48 を参照して以下で更に論じるように、磁場センサー 5216 からのデータ及び位置フィードバックセンサー 5228 及び / 又は基準信号センサーからの直径又はゲージデータを使用して、非接触電流測定システム 5202 の少なくとも 1 つのプロセッサは、絶縁電線 5206 を通って流れる電流の少なくとも 1 つの特性（例えば、大きさ、周波数）を正確に判定することができる。そのような情報をユーザーインターフェース 5214 のディスプレイを介してユーザーに示し、非接触電流測定システムの非一時的プロセッサ可読記憶媒体内に記憶し、及び / 又は、有線又は無線通信インターフェースによって別個の装置に送信することができる。

30

#### 【0214】

図示した非接触電流測定システム 5202 が磁場センサー 5216 を含むが、他の実行例において、非接触電流測定システムが、電流によって生成された磁場を、試験中の電線とのガルバニック接触を必要とすることなく感知することができる様々な他の形式の電流センサー（例えば、ホール効果センサー、ロゴウスキーコイル、変流器など）を含むことができることが認識される。

30

#### 【0215】

少なくとも一部の実行例において、非接触測定システム 5202 は、人体容量（ $C_B$ ）を電流測定中にオペレータ 5204 と接地 5228 との間で利用することができる。接地という用語がノード 128 に使用されているが、ノードは、必ずしもアース / 接地であるというわけではなく、容量結合によって任意の他の基準電位にガルバニック絶縁された方法で接続することができる。

40

#### 【0216】

図 45 は、非接触電流測定システム 5300 の正面立面図を示し、非接触電流測定システム 5300 は、図 44A ~ 図 44B の非接触電流測定システム 5202 と異なる形態要素を有する。非接触電流測定システム 5300 は、先に論じた非接触電流測定システム 5202 と多くの点で類似又は全く同じとすることができる。したがって、非接触電流測定システム 5202 の機能に関する先に論じた内容のうちの一部又は全部はまた、非接触電流測定システム 5300 に適用することもできる。

50

## 【0217】

非接触電流測定システム 5300 は、前端 5304 と、前端の反対側の握持部分つまり端部 5306 とを有するハウジング 5302 を含む。ハウジング 5302 は、ハウジングの表面上に位置決めされたユーザーインターフェース 5308 (例えば、ディスプレイ、ボタン) を含む。前端 5304 は、電流センサー 5312 (例えば、磁場センサー) と、任意選択的な基準信号センサー 5313 と、絶縁電線 (例えば、図 43、図 44A 及び図 44B の絶縁電線 5206) を把持する退避可能な顎部つまりクランプ部材 5314 とを含む。様々な基準信号センサーの動作は、図 1A ~ 図 15 を参照して先に論じている。前端 5304 は、電流センサー 5312 近傍の前面 5316 を含み、クランプ部材 5314 は、前面 5316 の反対側のクランプ表面 5318 を含む。電流測定値精度の更なる增加のために、第 2 の磁場センサーをクランプ部材 5314 内で使用することができよう。その後、電流センサー 5312 とクランプ部材 5314 内に位置する付加的なセンサーとの間の平均信号を電流計算に使用することができる。更に、境界を超える両方のセンサーの差を使用して、外部の迷走電流又はクランプ部材 5314 とクランプ部材 5316 の間にクランプされた不適切に位置決めされた電線によって引き起こされた信頼性が低い状況を識別することができる。使用時に、絶縁電線を前面 5316 とクランプ表面 5318 との間にクランプして、絶縁電線を電流センサー 5312 近傍に位置決めすることができる。本開示のクランプ部材 5314 並びに他のクランプ部材は、ハウジング 5302 に永久的に装着されていてもよく、又は、ハウジングから選択的に着脱可能であってもよい。非接触電流測定システム 5300 はまた、位置フィードバックセンサー 5320 も含み、絶縁電線を前面 5316 とクランプ表面 5318 との間にクランプするためにクランプ部材 5314 をハウジング 5302 の方に付勢する付勢部材 5322 を任意選択的に含む。非接触電流測定システム 5300 における使用に好適な電流センサー及び位置フィードバックセンサーの実施形態の更に論じる内容を図 48 に関して提示する。

10

20

30

40

## 【0218】

図 46 は、非接触電流測定システム 5400 の正面立面図を示し、非接触電流測定システム 5400 は、図 44A ~ 図 44B の非接触電流測定システム 5202 と異なる形態要素を有する。非接触電流測定システム 5400 は、先に論じた非接触電流測定システムと多くの点で類似又は全く同じとすることができます。したがって、先の非接触電流測定システムの機能に関する先に論じた内容のうちの一部又は全部はまた、非接触電流測定システム 5400 に適用することもできる。

30

## 【0219】

非接触電流測定システム 5400 は、前端 5404 と、前端の反対側の握持部分つまり端部 5406 とを有するハウジング 5402 を含む。ハウジング 5402 は、ハウジングの表面上に位置決めされたユーザーインターフェース 5408 (例えば、ディスプレイ、ボタン、ダイヤル) を含む。前端 5404 は、電流センサー 5412 (例えば、磁場センサー) と、任意選択的な基準信号センサー 5413 と、絶縁電線 (例えば、図 44、図 44A 及び図 44B の絶縁電線 5206) を把持する退避可能なフックつまりクランプ部材 5414 とを含む。前端 5404 は、電流センサー 5412 近傍の前面 5416 を含み、クランプ部材 5414 は、前面 5416 の反対側のクランプ表面 5418 を含む。使用時に、絶縁電線を前面 5416 とクランプ表面 5418 との間にクランプして、絶縁電線を電流センサー 5412 近傍に位置決めすることができる。クランプ部材 5414 は、ハウジング 5402 に永久的に装着されていてもよく、又は、ハウジングから選択的に着脱可能であってもよい。非接触電流測定システム 5400 はまた、位置フィードバックセンサー 5420 も含み、絶縁電線を前面 5416 とクランプ表面 5418 との間にクランプするためにクランプするためクランプ部材 5414 をハウジング 5402 の方に付勢する付勢部材 5422 を任意選択的に含む。非接触電流測定システム 5400 において使用することができる電流センサー及び位置フィードバックセンサーの好適な実施形態を図 48 に関して提示する。

40

## 【0220】

50

図47は、非接触電流測定システム5500の正面立面図を示し、非接触電流測定システム5500は、図44A～図44Bの非接触電流測定システム5202と異なる形態要素を有する。非接触電流測定システム5500は、先に論じた非接触電流測定システムと多くの点で類似又は全く同じとすることができる。したがって、先の非接触電流測定システムの機能に関する先に論じた内容のうちの一部又は全部はまた、非接触電流測定システム5500に適用することもできる。

#### 【0221】

非接触電流測定システム5500は、前端5504と、前端の反対側の握持部分つまり端部5506とを有するハウジング5502を含む。ハウジング5502は、ハウジングの表面上に位置決めされたユーザーインターフェース5508（例えば、ディスプレイ、ボタン、ダイヤル）を含む。前端5504は、電流センサー5512（例えば、磁場センサー）と、任意選択的な基準信号センサー5513と、絶縁電線（例えば、図43、図44A及び図44Bの絶縁電線5206）を把持する退避可能なフックつまりクランプ部材5514を含む。前端5504は、電流センサー5512近傍の前端面5516を含み、クランプ部材5514は、前端面5516の反対側のクランプ表面5518を含む。使用時に、絶縁電線を前端面5516とクランプ表面5518との間にクランプして、絶縁電線を電流センサー5512近傍に位置決めすることができる。クランプ部材5514は、ハウジング5502に永久的に装着されてもよく、又は、ハウジングから選択的に着脱可能であってもよい。非接触電流測定システム5500はまた、位置フィードバックセンサー5520も含み、絶縁電線を前端面5516とクランプ表面5518との間にクランプするためにクランプ部材5514をハウジング5502の方に付勢する付勢部材5522を任意選択的に含む。以下で論じる図48は、非接触電流測定システム5500における使用に好適な電流センサー及び位置フィードバックセンサーの実施形態の付加的な説明を提示する。

10

20

30

40

#### 【0222】

図48は、非接触電流測定システムつまり器具5600の概略ブロック図であり、非接触電流測定システムつまり器具5600は、非接触電流測定機能性を提供する。非接触電流測定システム5600は、本明細書で論じる非接触電流測定システムのいずれかと類似又は全く同じとすることができる。

#### 【0223】

非接触電流測定システム5600は、プロセッサ5604に通信可能に結合された電流センサー5602（例えば、磁場センサー）を含む。非接触電流測定システム5600はまた、調整可能なクランプアセンブリ5606、及び、調整可能なクランプアセンブリ及びプロセッサ5604に動作可能に結合された位置フィードバックセンサー5608も含む。動作時に、位置フィードバックセンサー5608は、調整可能なクランプアセンブリ5606の位置を示す位置フィードバックセンサー信号を生成し、検出された位置から、先に論じたように、調整可能なクランプアセンブリ5606内にクランプされた絶縁電線の直径を判定する。プロセッサ5604は、位置フィードバックセンサー信号を位置フィードバックセンサー5608から受信する。

#### 【0224】

電流センサー5602は、磁場センサー、ホール効果センサーなど、任意の好適な非接触電流センサーとすることができます。作動時に、電流センサー5602は、調整可能なクランプアセンブリ5606内にクランプされた絶縁電線を通って流れる電流の少なくとも1つの特性を示す電流センサー信号を生成する。例えば、少なくとも1つの特性は、電流の大きさ又は電流の周波数を含むことができる。電流センサー5602が磁場センサーである実行例において、電流センサーは、絶縁電線を通って流れる電流によって生成された磁場を示す磁場センサー信号を生成することができ、この磁場をプロセッサ5604によって分析して、絶縁電線を通って流れる電流の少なくとも1つの特性を判定することができる。

#### 【0225】

50

調整可能なクランプアセンブリ 5606 は、本明細書で論じる調整可能なクランプアセンブリのいずれかと類似又は全く同じとすることができます。位置フィードバックセンサー 5608 は、調整可能なクランプアセンブリ 5606 のクランプ位置を示す位置フィードバックセンサー信号を生成するように動作し、この位置フィードバックセンサー信号は、次に、調整可能なクランプアセンブリによってクランプされた絶縁電線の直径を示す。位置フィードバックセンサー 5608 は、抵抗センサー、磁気抵抗センサー、ホール効果センサー、光センサーなどを含むがこれらに限定されない任意の好適な位置センサーとすることができます。

#### 【0226】

プロセッサ 5604 は、1つ又は2つ以上の中央演算処理装置 (CPU)、マイクロプロセッサ、デジタル信号プロセッサ (DSP)、特定用途向け集積回路 (ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ (FPGA)、マイクロコントローラ、他のプログラマブル回路、上記などの組み合わせなど、1つ又は2つ以上の論理回路処理装置を含むことができる。一般的に、プロセッサ 5604 は、命令の実行をサポートし、データを1つ又は2つ以上の記憶デバイス、I/Oインターフェース及び通信システムに読み書きすることによって非接触電流測定システム 5600 の計算センターの役目をすることができる。

#### 【0227】

非接触電流測定システム 5600 はまた、プロセッサ 5604 に通信可能に結合されたメモリ 5610 を含むこともでき、メモリ 5610 は、命令又はデータのうちの少なくとも一方を記憶する。メモリ 5610 は、1つ又は2つ以上のソリッドステートメモリ、例えば、フラッシュメモリ又はソリッドステートドライブ (SSD) を含むことができ、1つ又は2つ以上のソリッドステートメモリは、非接触電流測定システム 5600 のコンピュータ可読命令、データ構造、プログラムモジュール及び他のデータの不揮発性記憶を行う。図示されていないが、非接触電流測定システム 5600 は、他の非一時的コンピュータ可読又はプロセッサ可読媒体、例えば、ハードディスクドライブ、光ディスクドライブ又はメモリカードメディアドライブを採用することができる。

#### 【0228】

非接触電流測定システム 5600 は、ユーザーインターフェース 5612 を含むことができ、ユーザーインターフェース 5612 は、任意の数の入力部 5613 (例えば、ボタン、ダイヤル、スイッチ、タッチセンサー、タッチスクリーン、トリガースイッチ、セレクタ、ロータリスイッチ) 及び任意の数の出力部 5614 (例えば、ディスプレイ、LED、スピーカー、ブザー) を含むことができる。表示装置の非限定的な実施例としては、液晶表示 (LCD) 装置、発光ダイオード (LED) 装置及び/又は有機発光ダイオード (OLED) 装置が挙げられる。ユーザーインターフェース 5612 は、タッチスクリーンを含むことができ、タッチスクリーンは、現在知られているか又は後に開発される任意の形式のタッチスクリーンとすることができます。例えば、タッチスクリーンは、容量性、赤外線、抵抗性、又は表面音響波 (surface acoustic wave) (SAW) 装置とすることができます。非接触電流測定システム 5600 がディスプレイを含む実行例において、ディスプレイは、試験中の絶縁電線を通じて流れる電流の少なくとも1つの特性 (例えば、大きさ、周波数) を示す読み出し及び/又は波形を示すことができる。

#### 【0229】

動作時に、プロセッサ 5604 は、センサー信号を位置フィードバックセンサー 5608 及び電流センサー 5602 から受信して、それぞれ、クランプ位置及び電流測定値を取得する。先に論じたように、クランプ位置測定値は、試験中の絶縁電線の直径を示し、電流センサー信号は、絶縁電線を通じて流れる電流の少なくとも1つの特性 (例えば、大きさ) を示すことができる。先に論じたように、プロセッサ 5604 は、そのような測定値を利用して、絶縁電線を通じて流れる電流の大きさ及び/又は周波数など、試験中の絶縁電線を通じて流れる電流の少なくとも1つの特性を判定することができる。

#### 【0230】

10

20

30

40

50

プロセッサ 5604 は、測定又は判定された特性（例えば、電流の大きさ、電流周波数、絶縁電線の直径）のうちの 1 つ又は 2 つ以上の読み出しを提供することができ、1 つ又は 2 つ以上の特性のグラフ表示を提供することができる。そのようなグラフ表示としては、波形、高調波棒グラフなどを挙げることができる。

#### 【0231】

1 つ又は 2 つ以上の外部のプロセッサベースの装置と通信するために、非接触電流測定システム 5600 は、1 つ又は 2 つ以上の有線及び／又は無線通信インターフェース 5616 を含むことができる。無線通信インターフェースの非限定的な実施例としては、Wi-Fi（登録商標）、Bluetooth（登録商標）、Bluetooth（登録商標）Low Energy、Zigbee（登録商標）、6LoWPAN（登録商標）、Optical IR、無線HART、などが挙げられる。有線通信インターフェースの非限定的な実施例としては、USB（登録商標）、イーサネット、PLC、HART、MODBUS、FireWire（登録商標）、Thunderbolt（登録商標）などが挙げられる。

10

#### 【0232】

外部デバイスにデータを送ることに加えて、少なくとも一部の実行例において、非接触電流測定システム 5600 は、データ又は命令（例えば、制御命令）のうちの少なくとも一方を有線及び／又は無線通信インターフェース 5616 を介して外部デバイスから受信することができる。

20

#### 【0233】

少なくとも一部の実行例において、非接触電流測定システム 5600 は、ディスプレイを含むことができず、その代わりに、電気機器を外部のプロセッサベースの装置を介して遠隔操作にてモニターするセンサーとして使用することができる。そのようなプロセッサベースの装置としては、スマートフォン、タブレットコンピュータ、ラップトップコンピュータ、ウェアラブルコンピュータ、サーバー、クラウドコンピュータなど、様々な形式の装置を挙げることができる。外部のプロセッサベースの装置は、非接触電流測定システム 5600 によって収集されたデータを一定期間（例えば、分、時間、日、週）にわたって示すディスプレイを含むことができる。

20

#### 【0234】

少なくとも一部の実行例において、非接触電流測定システムは、プロセッサ 5604 に通信可能に結合された 1 つ又は 2 つ以上の付加的な電気センサー 5618 を含むことができる。そのような電気センサー 5618 としては、電圧を感知することができる電圧センサー、抵抗を感知することができる抵抗センサー、容量を感知することができる容量センサーなどを挙げることができる。1 つ又は 2 つ以上の付加的なセンサー 5618 を含むそのような実行例において、非接触電流測定システム 5600 は、複数の電気的特性（例えば、電流、電圧、電力、抵抗、容量）を提供するマルチメータとして機能することができる。

30

#### 【0235】

少なくとも一部の実行例において、電気センサー 5618 は、試験中の絶縁電線の絶縁の厚さを検出するように動作する基準信号センサーを備えることができる。様々な例示的な基準信号センサーは、図 1A～図 15 を参照して先に論じている。そのような実行例において、調整可能なクランプアセンブリ 5606 及び位置フィードバックセンサー 5608 を使用して絶縁電線の全体径を判定することができ、基準信号センサー 5618 は、先に論じた基準信号による方法を利用して、絶縁電線の絶縁の厚さを判定することができる。調整可能なクランプアセンブリ 5606 及び位置フィードバックセンサー 5608 によって判定された絶縁電線の全体径、及び、基準信号センサー 5618 によって判定された判定された絶縁厚さを使用して、非接触電流測定システムは、絶縁電線の導体の直径を自動的に判定することができ、絶縁電線の絶縁の導体の直径は、判定された絶縁厚さの 2 倍だけ低減された絶縁電線の全体径に等しい。その後、導体の判定された直径を検出された磁場と共に使用して、絶縁電線を通って流れる電流の大きさを判定することができる。

40

50

## 【0236】

前出の詳細な説明では、ブロック図、概略図及び実施例の使用を介して、装置及び／又はプロセスの様々な実行例を説明してきた。そのようなブロック図、系統図及び実施例が1つ又は2つ以上の機能及び／又は動作を含む限り、そのようなブロック図、フロー図又は実施例内のそれぞれの機能及び／又は動作は、広範囲にわたるハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア又はその実質的に任意の組み合わせによって個別に及び／又は集合的に実行することができるが、当業者により理解されるであろう。1つの実行例において、本主題を特定用途向け集積回路（ASIC）を介して実行することができる。しかしながら、当業者は、本明細書で開示する実行例は、全部、一部を問わず、1つ又は2つ以上のコンピュータ上で実行される1つ又は2つ以上のコンピュータプログラムとして（例えば、1つ又は2つ以上のコンピュータシステム上で実行される1つ又は2つ以上のプログラムとして）、1つ又は2つ以上の制御装置（例えば、マイクロコントローラ）上で実行される1つ又は2つ以上のプログラムとして、1つ又は2つ以上のプロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ）上で実行される1つ又は2つ以上のプログラムとして、ファームウェアとして、又は、その実質的に任意の組み合わせとして標準的な集積回路内で同等に実行することができ、ソフトウェア及び／又はファームウェアについての回路設計及び／又はコード書き込みであれば、十分に、本開示に照らして当技術分野における当業者の知識の範囲内になることを認識するであろう。

10

## 【0237】

当業者は、本明細書に記載する方法又はアルゴリズムの多くは、付加的な行為を採用することができ、一部の行為を省略することができ、及び／又は、行為を指定された順番と異なる順番で実行することができることを認識するであろう。一例として、少なくとも一部の実行例において、非接触測定システムは、命令を実行するプロセッサを利用することができない。例えば、非接触測定システムは、本明細書で論じる機能性のうちの一部又は全部を提供するように配線することができる。更に、少なくとも一部の実行例において、非接触測定システムは、本明細書で論じる異なる機能性を引き起こすか又は開始するプロセッサを利用することができない。

20

## 【0238】

更に、当業者は、本明細書で教示する機構は、様々な形態でプログラム製品として流通可能であり、例示的な実行例は、流通を実際に実行するために使用される特定の形式の信号担持媒体に關係なく等しく適用されることを認識するであろう。信号担持媒体の実施例としては、以下、即ち、フロッピーディスク、ハードディスクドライブ、CD-ROM、デジタルテープ及びコンピュータメモリなどの記録可能な形式の媒体が挙げられるがこれらに限定されない。

30

## 【0239】

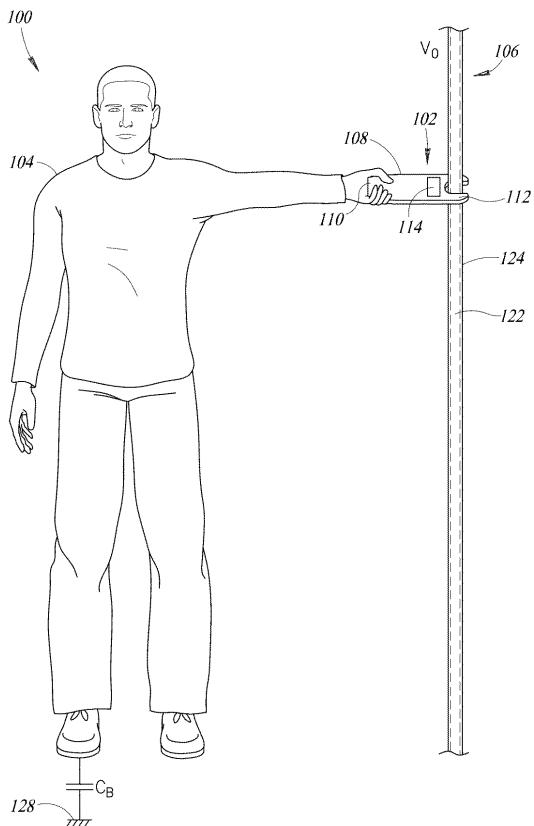
上述した様々な実行例を組み合わせて、更なる実行例を提供することができる。更なる実行例が本明細書の特定の教示及び定義と矛盾しない範囲で、2016年11月11日出願の米国特許出願第62/421,124号、2016年11月7日出願の米国特許出願第15/345,256号と、2017年1月23日出願の同第15/412,891号と、2017年1月23日出願の同第15/413,025号とが、参照により本明細書に全体が組み入れられる。

40

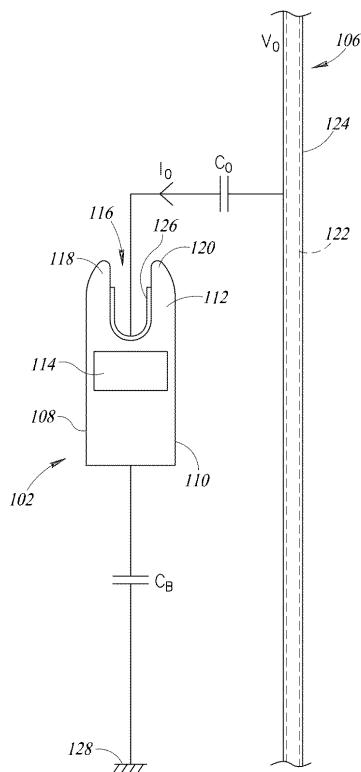
## 【0240】

上記の説明を考慮すれば実行例へのこれらの及び他の変更を行うことができる。概して、次の請求項では、使用する用語は、明細書及び請求項に開示された特定の実行例に対する請求項を制限するものと解釈すべきではないが、こうした請求項に権利を与えた等価物の全範囲と共に全ての考えられる実行例を含むものと解釈すべきである。したがって、請求項は、開示によって制限されるものではない。

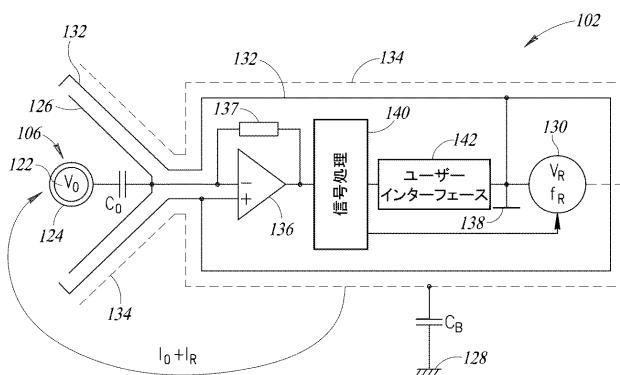
【図1A】



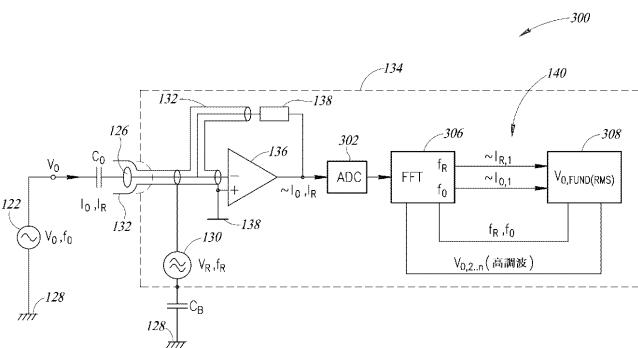
【 図 1 B 】



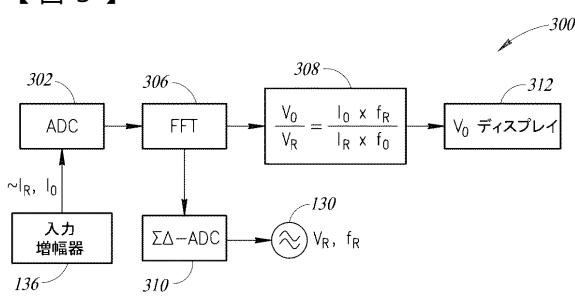
【 2 】



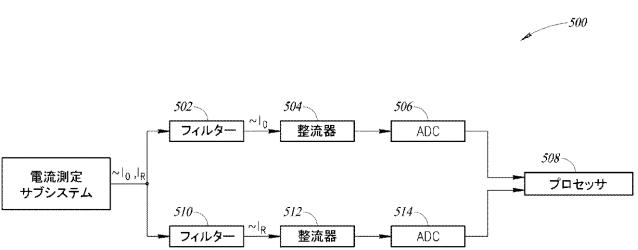
【 四 4 】



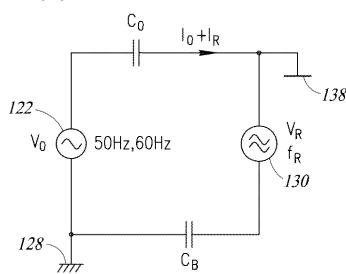
〔 図 3 〕



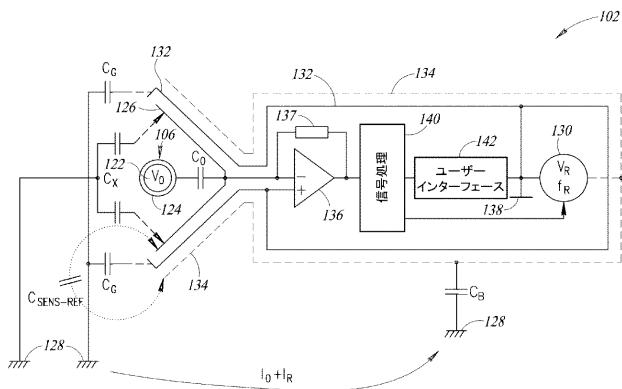
〔 図 5 〕



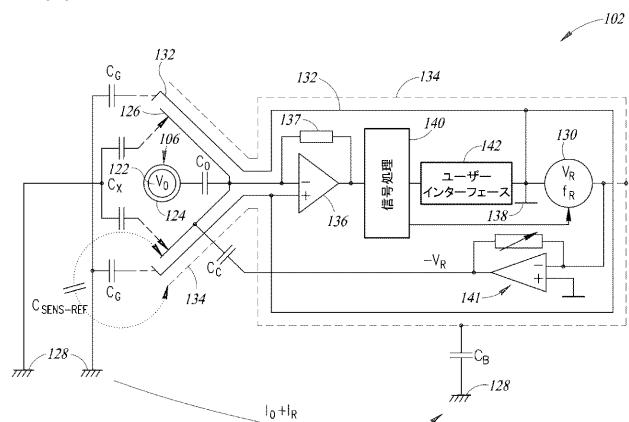
【図 6】



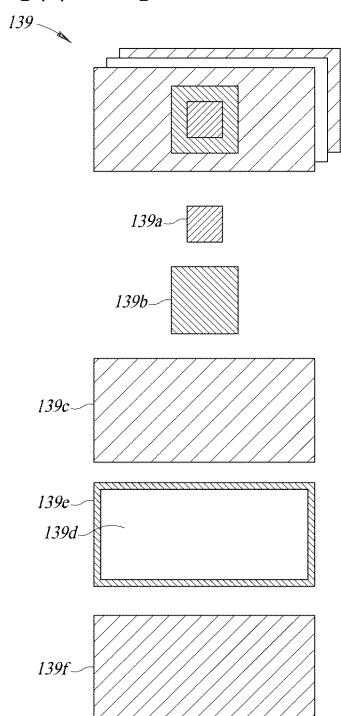
【図 7 A】



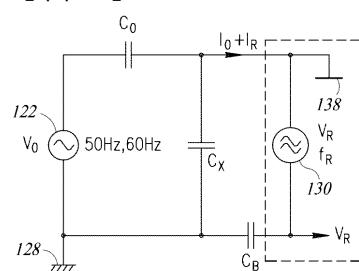
【図 7 B】



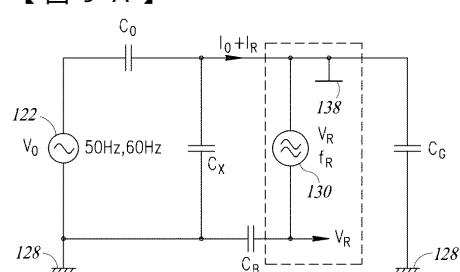
【図 7 C】



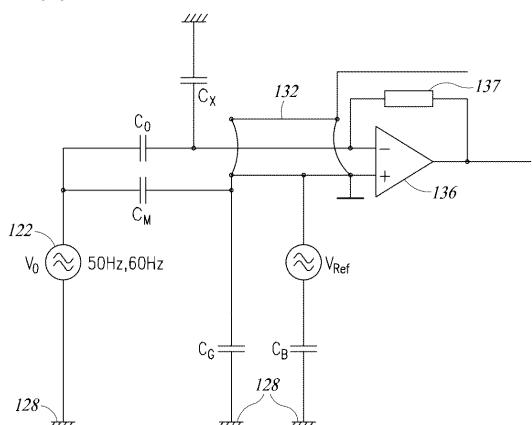
【図 8】



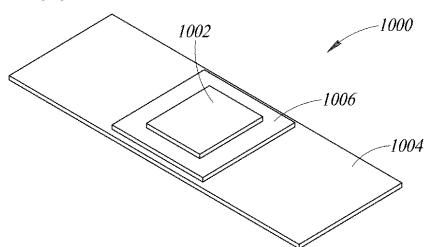
【図 9 A】



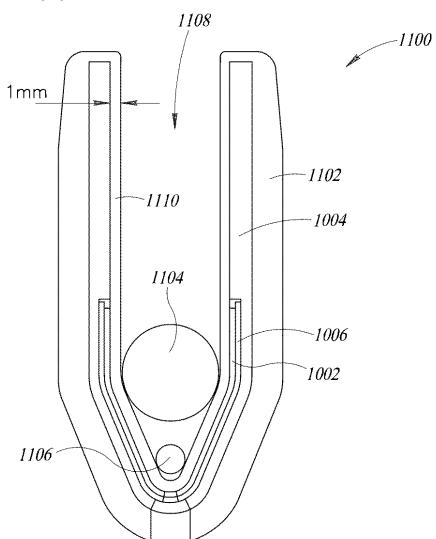
【図 9 B】



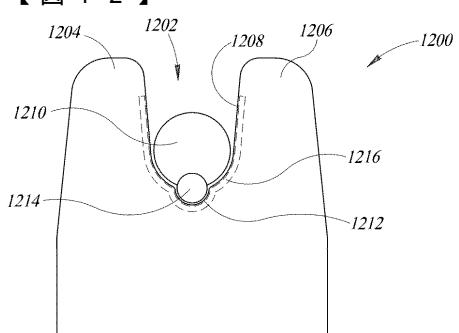
【図 10】



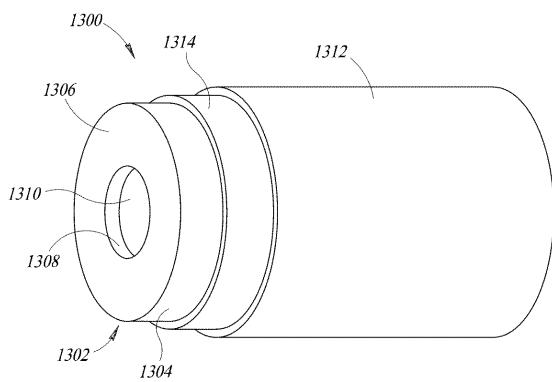
【図 1 1】



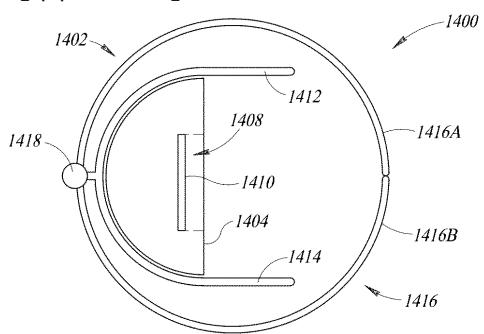
【図 1 2】



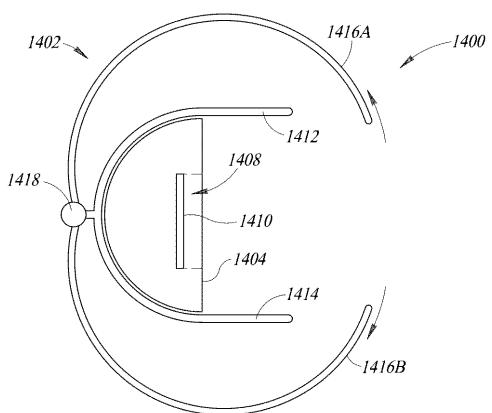
【図 1 3】



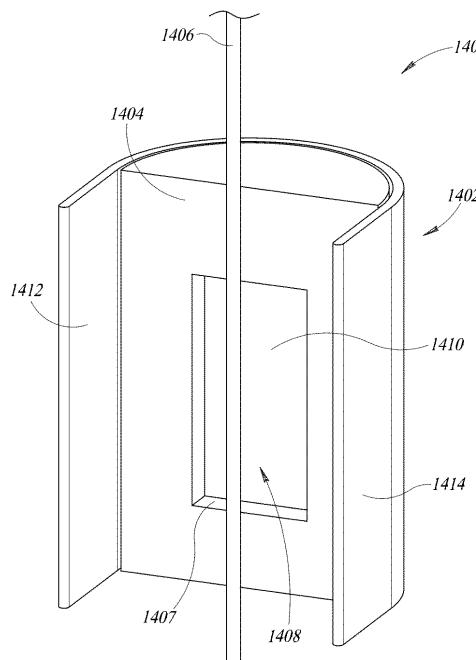
【図 1 4 A】



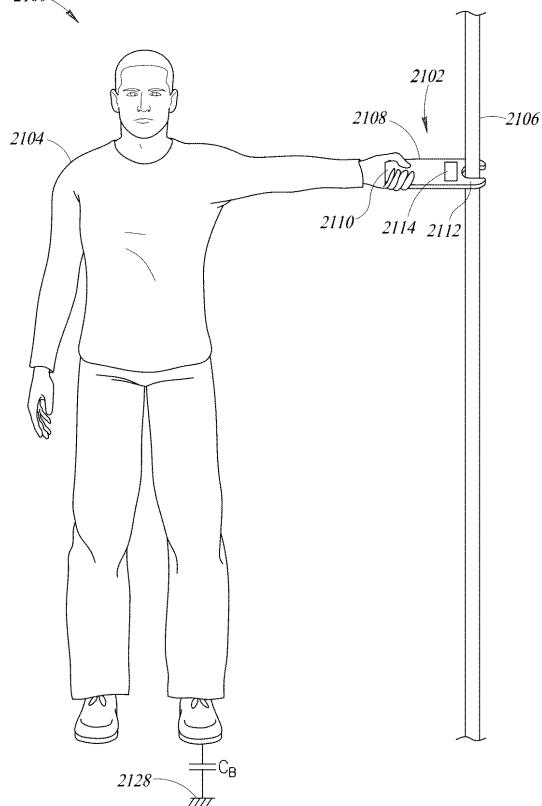
【図 1 4 B】



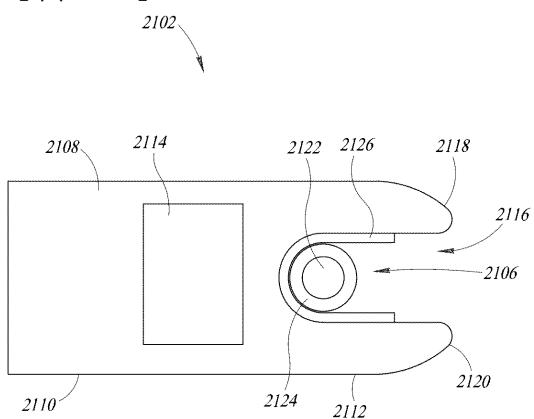
【図 15】



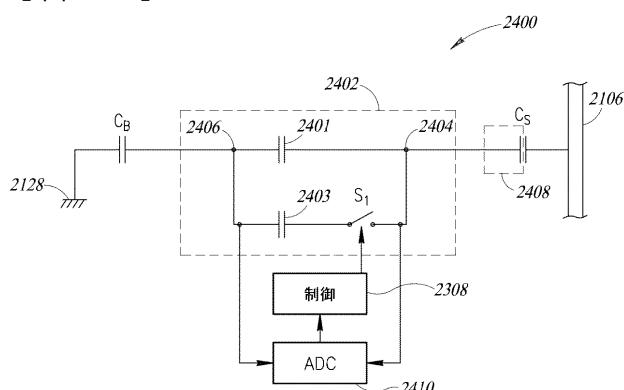
【図 16】



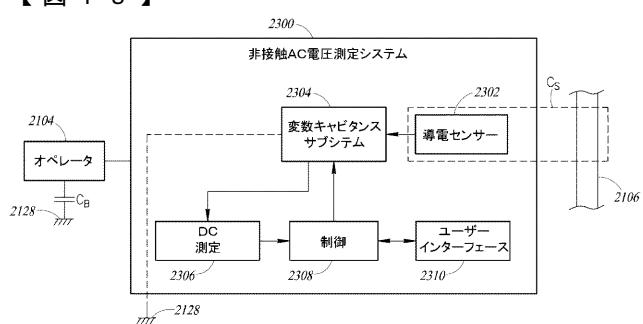
【図 17】



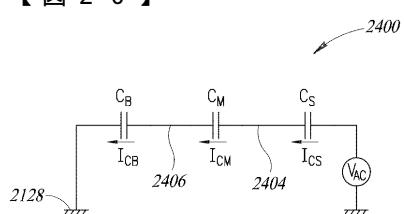
【図 19】



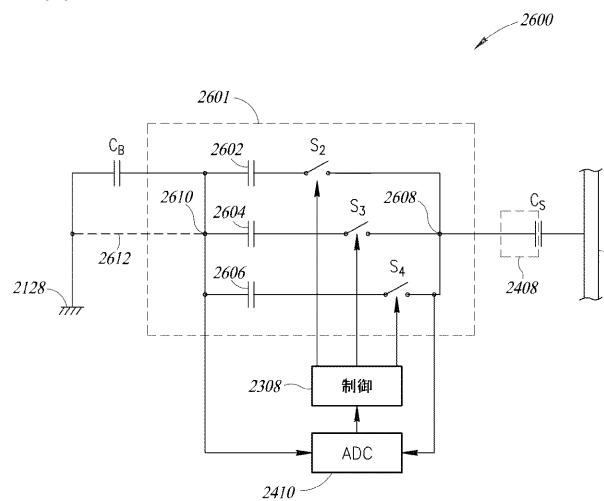
【図 18】



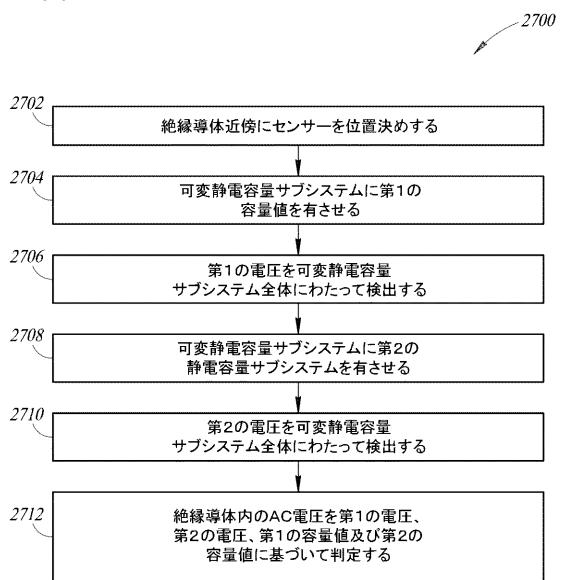
【図 20】



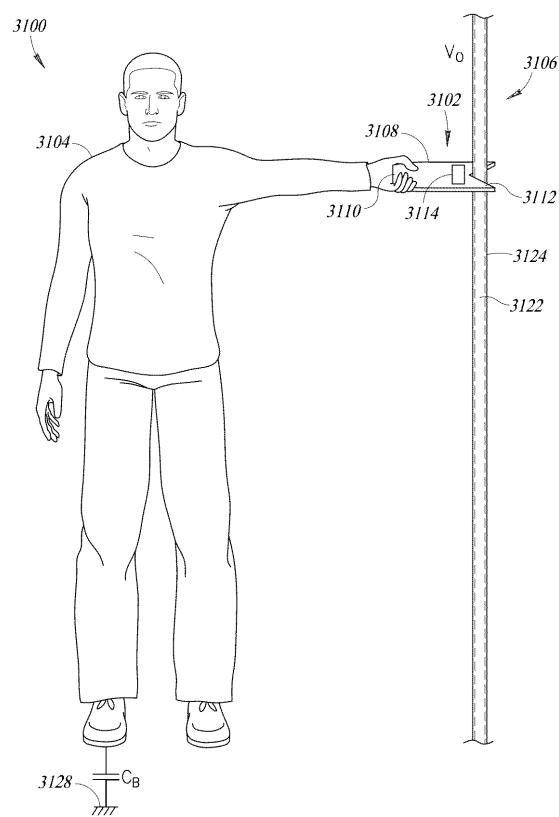
【図 2 1】



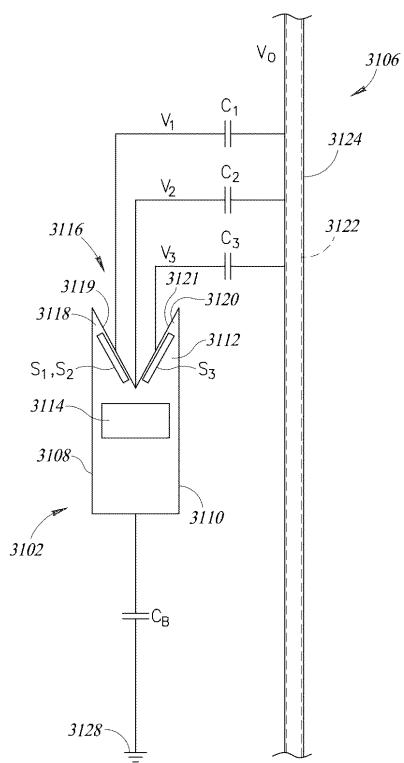
【図 2 2】



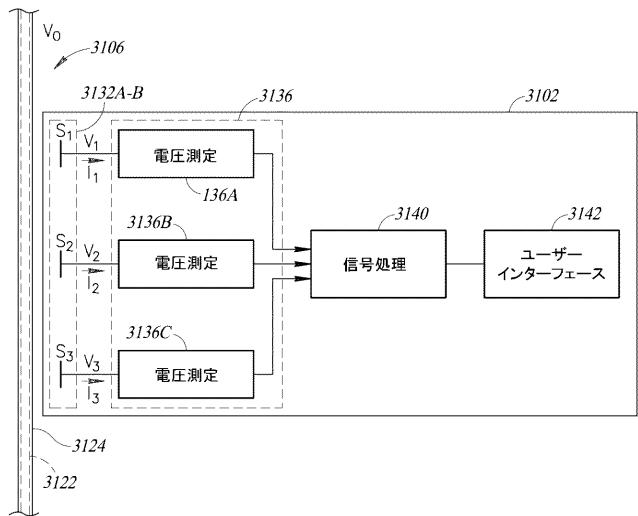
【図 2 3 A】



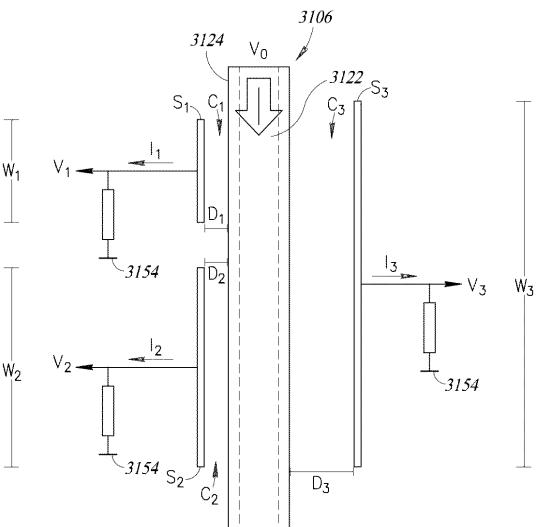
【図 2 3 B】



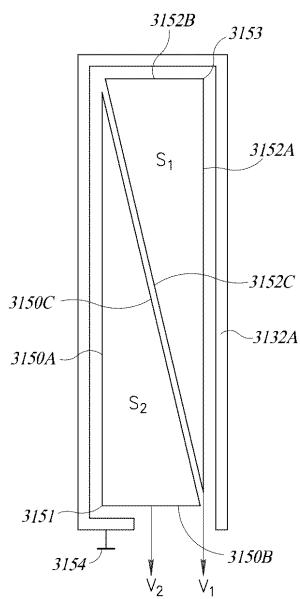
【図24】



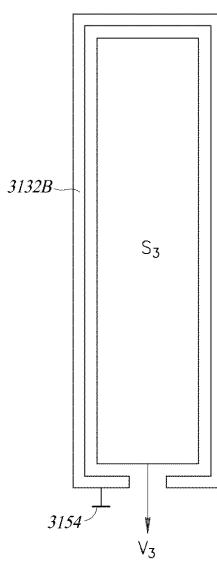
【図25】



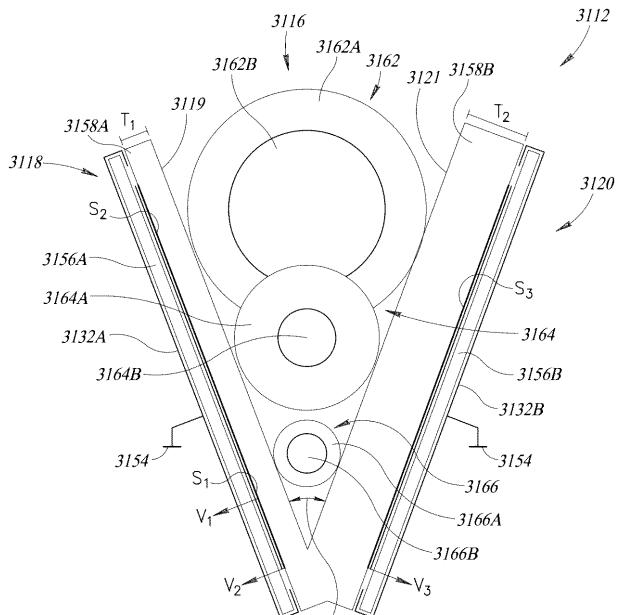
【図26A】



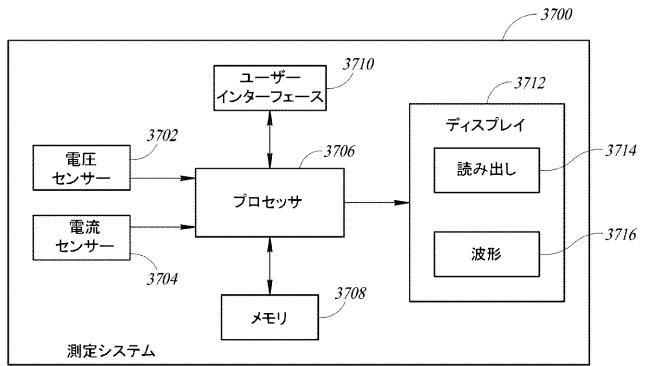
【図26B】



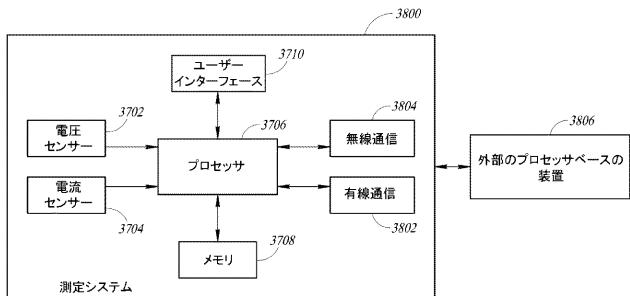
【 図 27 】



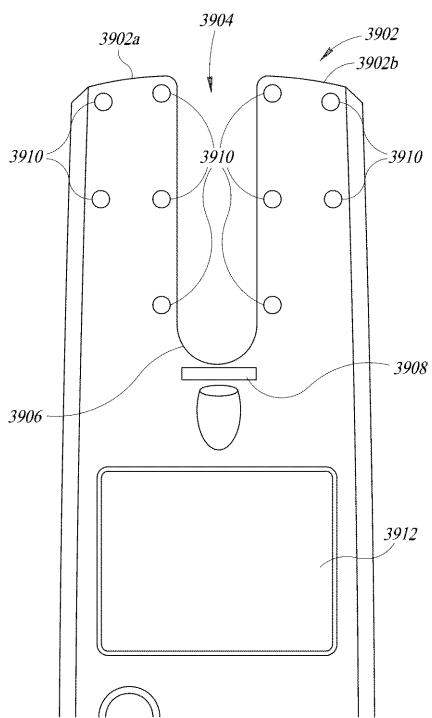
【 図 2 8 】



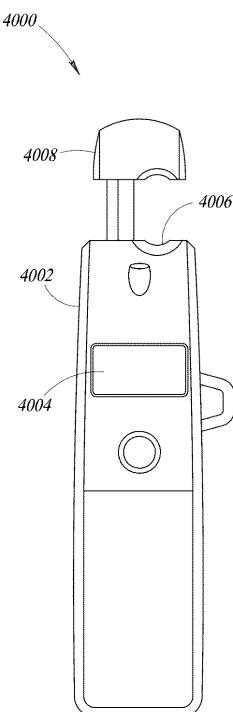
【 図 29 】



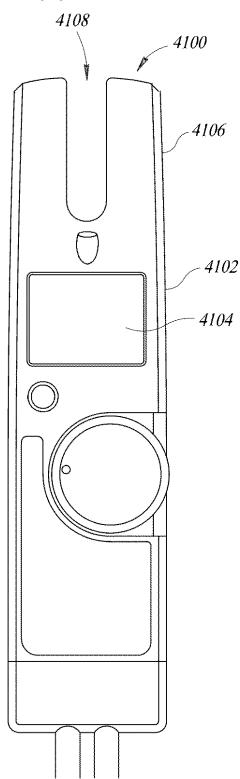
【図30】



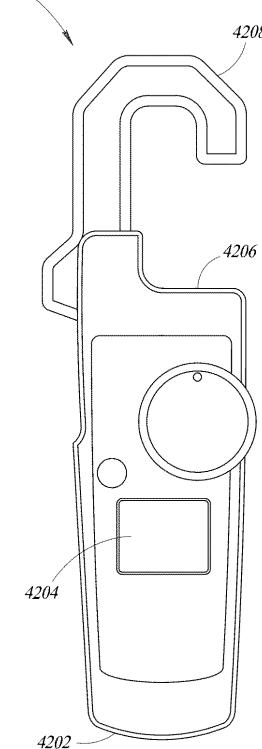
【 図 3 1 】



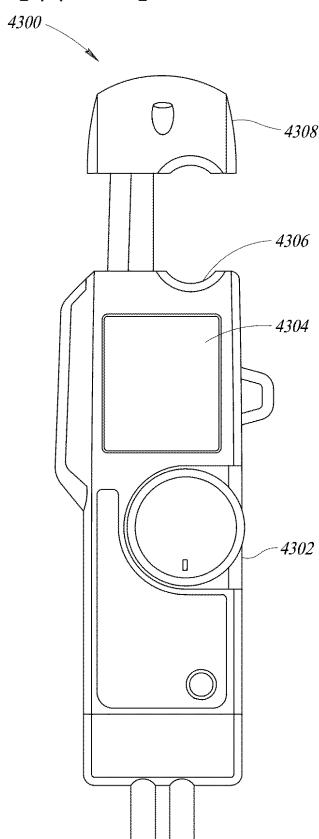
【図3-2】



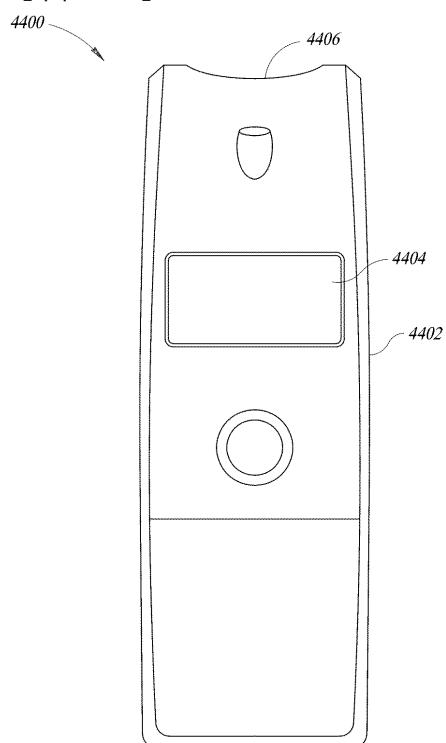
【図3-3】



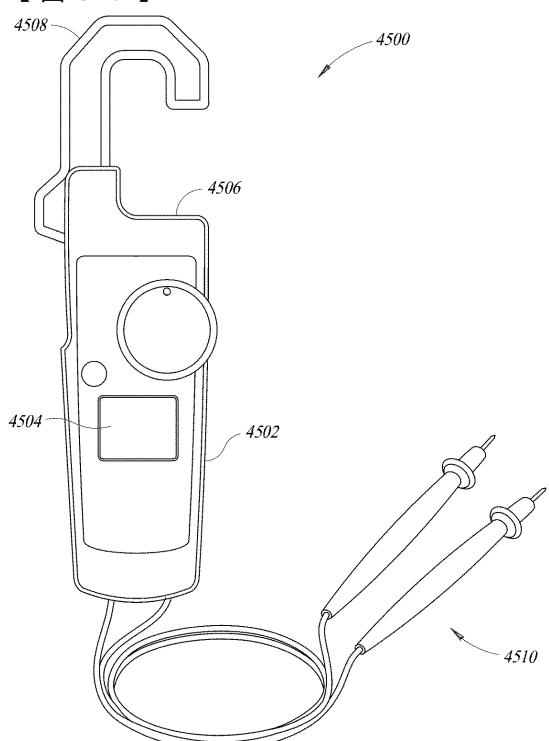
【図3-4】



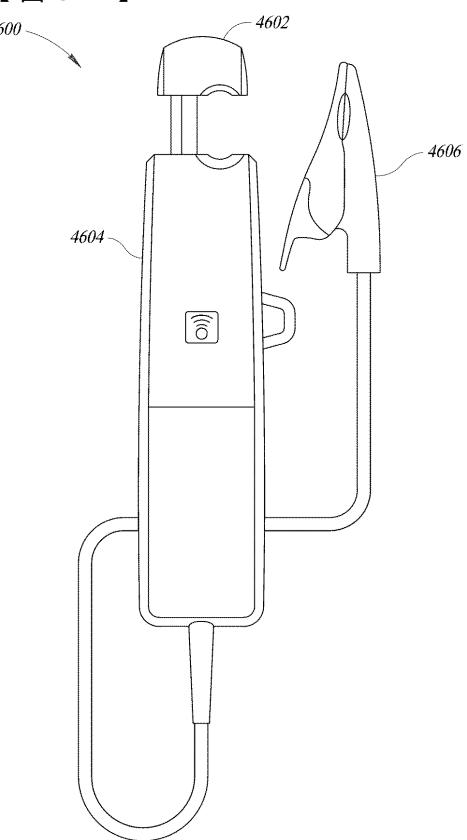
【図3-5】



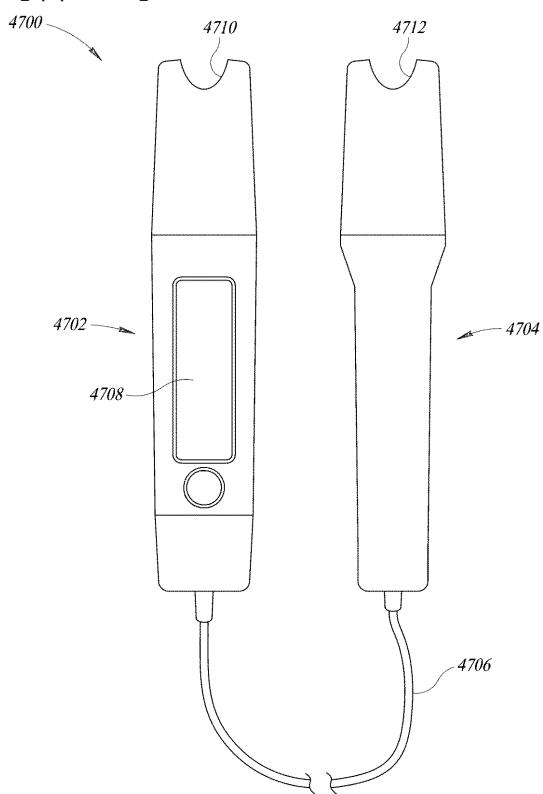
【図 3 6】



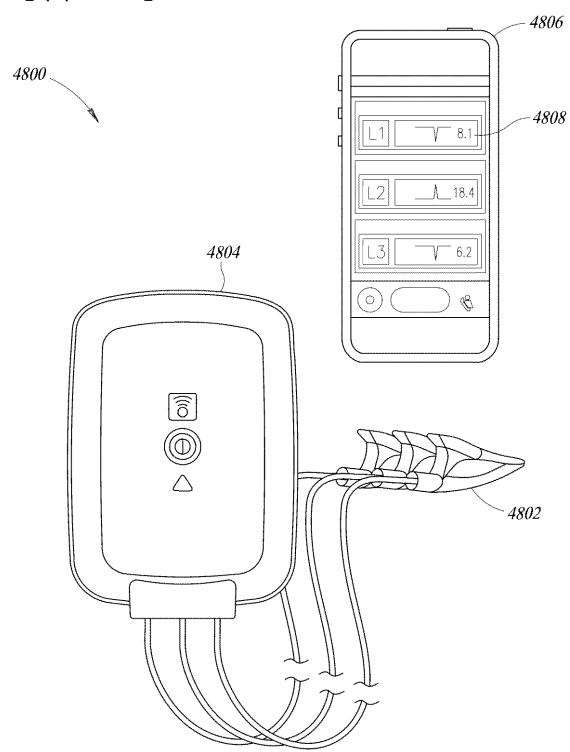
【図 3 7】



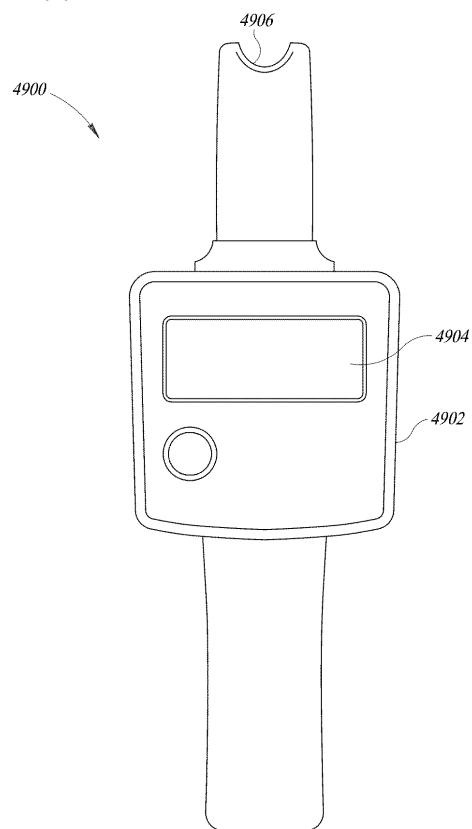
【図 3 8】



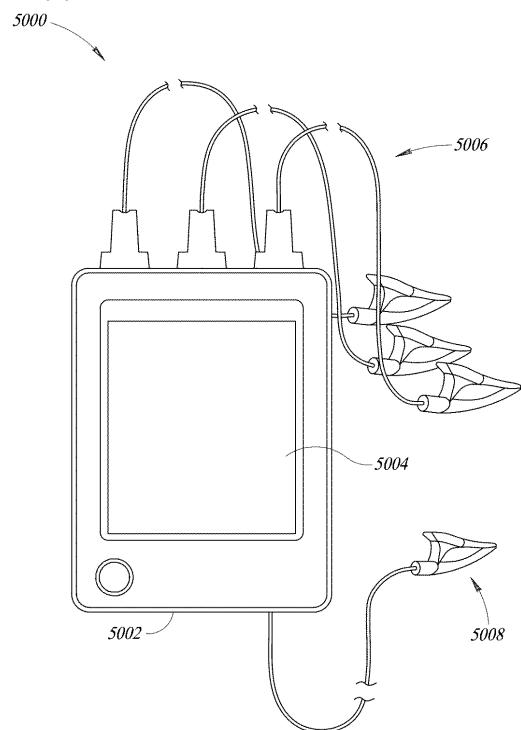
【図 3 9】



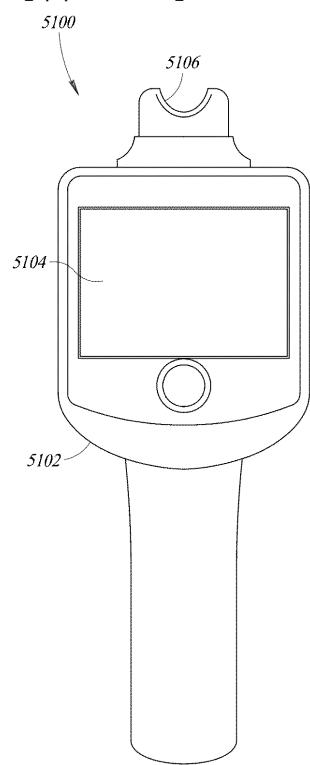
【図 4 0】



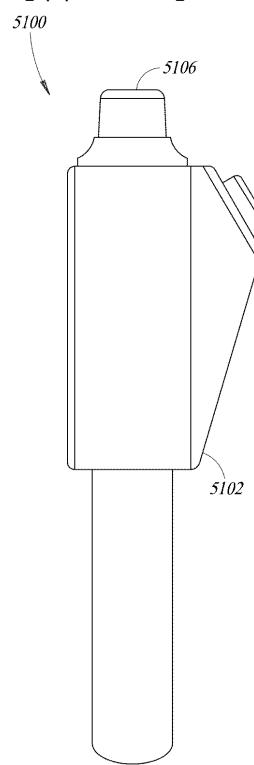
【図 4 1】



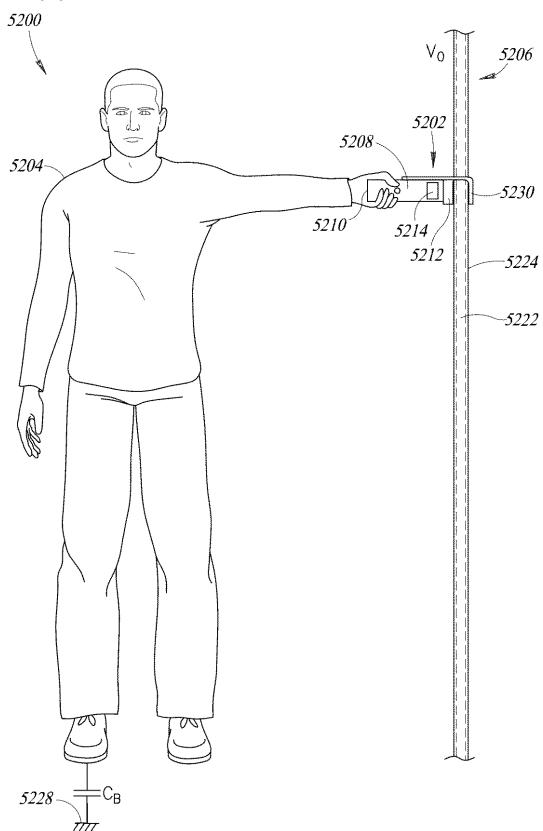
【図 4 2 A】



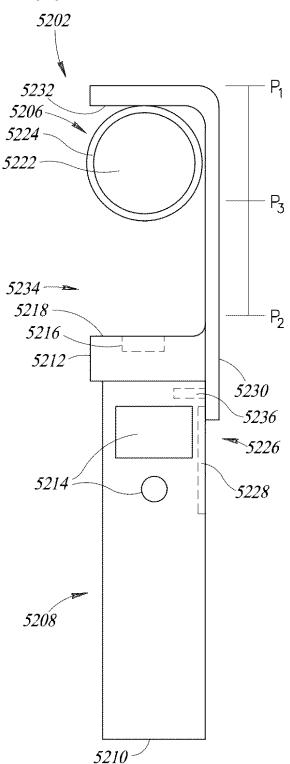
【図 4 2 B】



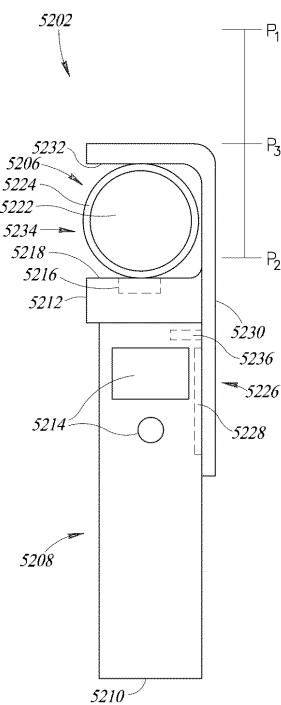
【図 4 3】



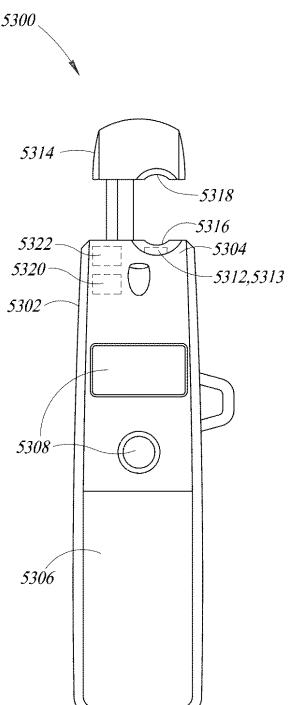
【図 4 4 A】



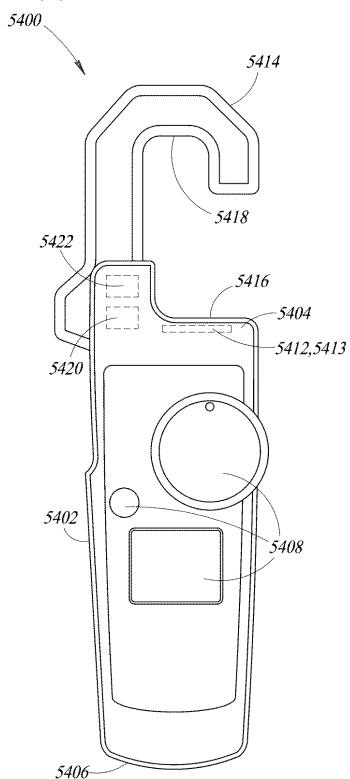
【図 4 4 B】



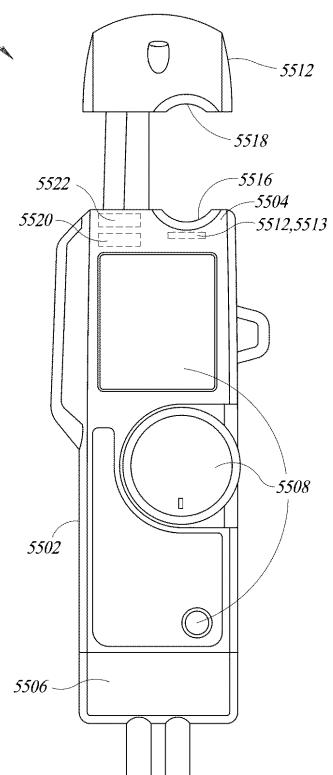
【図 4 5】



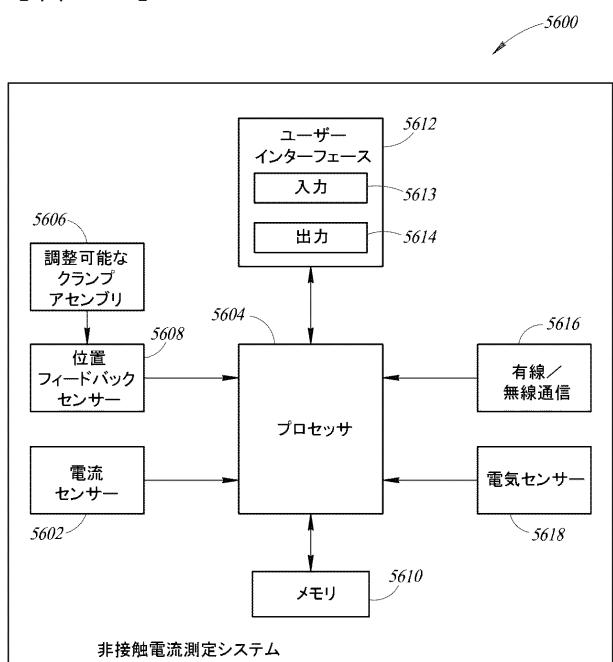
【図 4 6】



【図 4 7】



【図 4 8】



## フロントページの続き

(72)発明者 ピーター・ラッダ  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 リカード・ロドリグエ  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 デビット・エル・エッパーソン  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 パトリック・スコット・ハンター  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 ポール・アンドリュー・リングスラッド  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 クラーク・エヌ・ハーバー  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 ク里斯チャン・カール・シュミツツザー  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 ジェフリー・ウォーロンズ  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

(72)発明者 マイケル・エフ・ギャラバン  
アメリカ合衆国 ワシントン州 98203 エバレット シーウェイブルーバード 6920  
フルークコーポレイション内

F ターム(参考) 2G025 AA17 AB01 AB07 AC01  
2G035 AA08 AA12 AB08 AC03 AD04 AD10 AD20 AD26 AD28 AD41  
AD44 AD55 AD65 AD66

【外國語明細書】

2018105850000001.pdf