(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6152437号
(P6152437)

(45)発行日　平成29年6月21日(2017.6.21)　(24)登録日　平成29年6月2日(2017.6.2)

(51)Int.Cl.		F I		
G01R 19/00	(2006.01)	G01R	19/00	A
G01R 35/00	(2006.01)	G01R	35/00	E
G01R 21/06	(2006.01)	G01R	35/00	F
G01R 33/02	(2006.01)	G01R	21/06	F
G01R 15/20	(2006.01)	G01R	33/02	B

請求項の数 14　(全 36 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号	特願2016-17922(P2016-17922)
(22)出願日	平成28年2月2日(2016.2.2)
(62)分割の表示	特願2013-518776(P2013-518776)の分割
原出願日	平成23年7月1日(2011.7.1)
(65)公開番号	特開2016-128825(P2016-128825A)
(43)公開日	平成28年7月14日(2016.7.14)
審査請求日	平成28年2月2日(2016.2.2)
(31)優先権主張番号	61/380,174
(32)優先日	平成22年9月3日(2010.9.3)
(33)優先権主張国	米国(US)
(31)優先権主張番号	61/361,296
(32)優先日	平成22年7月2日(2010.7.2)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　504379349
ベルキン・インターナショナル・インコーポレイテッド
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９００９４　プラヤ・ビスタ　イースト・ウオーターフロント・ドライブ１２０４５
１２０４５ East Waterfront Drive Playa Vista, California 90094 United States of America
(74)代理人　110002310
特許業務法人あい特許事務所
(74)代理人　100091915
弁理士　本城　雅則

最終頁に続く

(54)【発明の名称】構造物内の電力使用状況を測定するためのシステムおよび方法と、その較正を行うシステムおよび方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

磁場検出デバイスにおいて、

通電導体によって生成された磁場を検出するために構成される２つまたはそれ以上の磁場センサと、

前記２つまたはそれ以上の磁場センサの出力に電気的に連結される位相検出器と、

前記位相検出器に電気的に連結される位相インジケータと、を含み、

前記位相インジケータは、前記２つまたはそれ以上の磁場センサが前記通電導体に関連した所定位置に存在する場合を示すディスプレイを含み、

前記位相検出器は、前記２つまたはそれ以上の磁場センサの内の第１の磁場センサにおける第１の信号の第１の信号位相角が前記２つまたはそれ以上の磁場センサの内の第２の磁場センサにおける第２の信号の第２の信号位相角と１８０度位相が異なるときを決定するために構成され、

前記２つまたはそれ以上の磁場センサは、直線配列の磁場センサを含み、

前記２つまたはそれ以上の磁場センサは、

前記直線配列の磁場センサに電気的に連結される１つまたは複数のマルチプレクサ、および

前記１つまたは複数のマルチプレクサに電気的に連結され、かつ前記１つまたは複数のマルチプレクサを制御するために構成されるプロセッサ、を含む、

ことを特徴とする磁場検出デバイス。

【請求項２】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサは、誘導ピックアップセンサ、ホール効果センサ、および磁気抵抗センサの内の少なくとも１つを含むことを特徴とする請求項１記載の磁場検出デバイス。
【請求項３】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサに電気的に連結される１つまたは複数の増幅器をさらに含むことを特徴とする請求項１および２のいずれか一項記載の磁場検出デバイス。
【請求項４】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサに電気的に連結される１つまたは複数のフィルタをさらに含むことを特徴とする請求項１，２，および３のいずれか一項記載の磁場検出デバイス。
【請求項５】
１つまたは複数の磁場測定値に関する情報を前記２つまたはそれ以上の磁場センサからリモート表示デバイスに送信するために構成された無線送信機をさらに含むことを特徴とする請求項１，２，３，および４のいずれか一項記載の磁場検出デバイス。
【請求項６】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサの各々は、強磁性コアを含むことを特徴とする請求項１，２，３，４，および５のいずれか一項記載の磁場検出デバイス。
【請求項７】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサの各々は、前記強磁性コアを包み込む検出コイルを含むことを特徴とする請求項６記載の磁場検出デバイス。
【請求項８】
磁場検出デバイスを提供する方法において、前記方法は、
通電導体によって生成された磁場を検出するために構成される２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階と、
前記２つまたはそれ以上の磁場センサの出力に電気的に連結される位相検出器を提供する段階と、
前記位相検出器に電気的に連結される位相インジケータを提供する段階と、を含み、
前記位相インジケータは、前記２つまたはそれ以上の磁場センサが前記通電導体に関連した所定位置に存在する場合を示すディスプレイを含み、
前記位相検出器を提供する段階は、前記２つまたはそれ以上の磁場センサの内の第１の磁場センサにおける第１の信号の第１の信号位相角が前記２つまたはそれ以上の磁場センサの内の第２の磁場センサにおける第２の信号の第２の信号位相角と１８０度位相が異なるときを決定するために構成される前記位相検出器を提供する段階を含み、
前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階は、直線配列の磁場センサを含む前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階を含み、
前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階は、
前記直線配列の磁場センサに電気的に連結される１つまたは複数のマルチプレクサ、および
前記１つまたは複数のマルチプレクサに電気的に連結され、かつ前記１つまたは複数のマルチプレクサを制御するために構成されるプロセッサを含む、前記２つまたは複数の磁場センサを提供する段階をさらに含む、
ことを特徴とする方法。
【請求項９】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階は、誘導ピックアップセンサ、ホール効果センサ、および磁気抵抗センサの内の少なくとも１つを含む前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階を含むことを特徴とする請求項８記載の方法。
【請求項１０】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサに電気的に連結される１つまたは複数の増幅器を提供する段階をさらに含むことを特徴とする請求項８および９のいずれか一項記載の方法

。
【請求項１１】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサに電気的に連結される１つまたは複数のフィルタを提供する段階をさらに含むことを特徴とする請求項８，９，および１０のいずれか一項記載の方法。
【請求項１２】
１つまたは複数の磁場測定値に関する情報を前記２つまたはそれ以上の磁場センサからリモート表示デバイスに送信するために構成された無線送信機を提供する段階をさらに含むことを特徴とする請求項８，９，１０，および１１のいずれか一項記載の方法。
【請求項１３】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階は、強磁性コアを含む前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階を含むことを特徴とする請求項８，９，１０，１１，および１２のいずれか一項記載の方法。
【請求項１４】
前記２つまたはそれ以上の磁場センサを提供する段階は、前記強磁性コアを包み込む検出コイルを含む前記２つまたはそれ以上の磁場センサの各々をさらに含むことを特徴とする請求項１３記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
関連出願の相互参照
本出願は、２０１０年７月２日に出願された米国仮特許出願第６１／３６１，２９６号明細書および２０１０年９月３日に出願された米国仮特許出願第６１／３８０，１７４号明細書の便益を主張するものである。本出願は、２００９年９月２５日に出願された米国特許出願第１２／５６７，５６１号明細書の一部継続出願でもある。米国仮特許出願第６１／３６１，２９６号明細書および同第６１／３８０，１７４号明細書と、米国特許出願第１２／５６７，５６１号明細書とは、本明細書において援用される。
【０００２】
本発明は、概して、電力を監視するための装置、デバイス、システム、および方法に関し、特に、構造物の電気回路ブレーカーパネルにおいて、１つまたは複数の主電力導体の電力を監視する装置、デバイス、システム、および方法に関する。
【背景技術】
【０００３】
構造物（例えば、家または商業ビル）は、構造物内で電力を電気デバイス（すなわち負荷）に供給する１つまたは複数の主電力導体を有し得る。ほとんどの構造物は、最大３つの主電力導体を備えた分相電力分配システムを使用する。主電力導体は、電気回路ブレーカーパネルを通って構造物に入る。電気回路ブレーカーパネルは、構造物における電力の主配電地点である。電気回路ブレーカーパネルは、火災を引き起こし得る、または構造物内の電気デバイスに損傷を与え得る過電流からの保護も提供する。電気回路ブレーカーパネルは、３つの主電力導体の少なくとも一部に連結し得る、および重なり得る。
【０００４】
例えば、Ｓｑｕａｒｅ－Ｄ、Ｅａｔｏｎ、Ｃｕｔｌｅｒ－Ｈａｍｍｅｒ、Ｇｅｎｅｒａｌ　Ｅｌｅｃｔｒｉｃ、Ｓｉｅｍｅｎｓ、およびＭｕｒｒａｙを含む電気回路ブレーカーパネルの異なるメーカーは、それぞれの電気回路ブレーカーパネルに対して異なる導体間隔および構成を選択している。さらに、各メーカーは、屋内設置、屋外設置、異なる総アンペア数定格（その中では、１００アンペア（Ａ）および２００Ａの設備が最も一般的である）毎に多くの異なる構成の電気回路ブレーカーパネルを製造している。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】

【特許文献１】特開２００７－１０７９７２号公報
【特許文献２】特開２００１－１０３６２２号公報
【特許文献３】特開平１０－１５３６２５号公報
【特許文献４】特開平１１－１０１８３１号公報
【特許文献５】特開２００８－１９６９５０号公報
【特許文献６】特開２００５－１４７７５５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
多くの様々な種類の電気回路ブレーカーパネルにおける様々な導体レイアウトにより、電気回路ブレーカーパネルの金属表面において、様々な磁場プロファイルが生じる。さらに、内部導体（例えば、主電力導体）のレイアウトは、ブレーカーパネルを開けなければ目に見えず、内部導体レイアウトが電気回路ブレーカーパネルの表面において磁場プロファイルへと変換される様は、正確に解明およびモデル化を行うためには、電磁理論の詳細な知識を必要とする。従って、電気回路ブレーカーパネルの表面において、１つまたは複数の主電力導体の磁場を正確に測定することは困難である。電気回路ブレーカーパネルの表面において、１つまたは複数の主電力導体の磁場を正確に決定することができれば、構造物内の負荷によって使用されている電流および電力を決定することができる。
【０００７】
従って、電気技師ではない者が、電気回路ブレーカーパネルの表面において、１つまたは複数の主電力導体に関連する磁場および他のパラメータを正確に決定することを可能にする装置、システム、および／または方法に対する必要性または利益の可能性が存在する。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
一部の実施形態は、消費電力測定デバイスを使用する方法に関し得る。消費電力測定デバイスは、構造物の電力インフラの１つまたは複数の主給電導体の少なくとも一部に重なる回路ブレーカーボックスの表面に機械的に連結可能である。この方法は、消費電力測定デバイスの１つまたは複数のセンサを用いて、１つまたは複数の主給電導体からの１つまたは複数の第１の磁場示度数を決定するステップと、１つまたは複数の第１の磁場示度数の決定後に、第１の較正負荷を電力インフラに電気的に連結させるステップと、第１の較正負荷を電力インフラに電気的に連結した状態で、消費電力測定デバイスにおける１つまたは複数のセンサを用いて、１つまたは複数の主給電導体からの１つまたは複数の第２の磁場示度数を決定するステップと、少なくとも部分的に１つまたは複数の第１の磁場示度数および１つまたは複数の第２の磁場示度数を用いて、消費電力測定デバイスを較正するステップと、消費電力測定デバイスの較正後に、消費電力測定デバイスにおける１つまたは複数のセンサを用いて、１つまたは複数の主給電導体からの１つまたは複数の第３の磁場示度数を決定するステップと、少なくとも１つまたは複数の第３の磁場示度数および１つまたは複数の較正係数を用いて、構造物の電力インフラが使用する電力を決定するステップとを含み得る。消費電力測定デバイスの較正は、少なくとも部分的に１つまたは複数の第１の磁場示度数および１つまたは複数の第２の磁場示度数を用いた、消費電力測定デバイスの１つまたは複数の第１の較正係数の決定を含み得る。
【０００９】
他の実施形態は、磁場センサデバイスを較正する方法に関し得る。磁場センサデバイスは、回路ブレーカーボックスの第１の表面に連結される。回路ブレーカーボックスは、建物の電力インフラに重なる。電力インフラは、第１の位相分岐および第２の位相分岐を有する。磁場センサデバイスは、２つ以上の磁場センサを含み得る。この方法は、磁場センサデバイスの２つ以上の磁場センサにおいて、第１の磁場の第１の振幅および第１の位相角を決定するステップと、第１の負荷が電力インフラの第１の位相分岐に連結されるとの連絡を受信するステップと、第１の負荷が第１の位相分岐に連結されている間に、磁場セ

ンサデバイスの２つ以上の磁場センサにおいて、第２の磁場の第２の振幅および第２の位相角を決定するステップと、第２の負荷が電力インフラの第２の位相分岐に連結されるとの連絡を受信するステップと、第２の負荷が第１の位相分岐に連結されている間に、磁場センサデバイスの２つ以上の磁場センサにおいて、第３の磁場の第３の振幅および第３の位相角を決定するステップと、少なくとも部分的に、２つ以上の磁場センサにおける第１の磁場の第１の振幅および第１の位相角と、２つ以上の磁場センサにおける第２の磁場の第２の振幅および第２の位相角と、２つ以上の磁場センサにおける第３の磁場の第３の振幅および第３の位相角とを用いて、磁場センサデバイスの１つまたは複数の較正係数を決定するステップとを含み得る。

【００１０】

さらなる実施形態は、建物の電力インフラにおける電力使用状況を監視するシステムに関し得る。建物は、建物の電力インフラの回路ブレーカーボックスおよび給電導体を含む。このシステムは、（ａ）回路ブレーカーボックスの第１の表面に連結されるように構成された消費電力測定デバイス。回路ブレーカーボックスは、電力インフラの給電導体の少なくとも一部に重なり、１つまたは複数の磁場センサを有する消費電力測定デバイスと、（ｂ）電力インフラと電気的に連結されるように構成された第１の較正デバイスであって、１つまたは複数の第１の較正負荷を含む第１の較正モジュールと、（ｃ）第１のプロセッサで起動するように構成され、かつ、消費電力測定デバイスの１つまたは複数の磁場センサから得られたデータを用いて、消費電力測定デバイスを少なくとも部分的に較正するように構成された較正モジュールとを含み得る。１つまたは複数の第１の較正負荷の少なくとも１つが電力インフラに電気的に連結された状態かつ消費電力測定デバイスが回路ブレーカーボックスの第１の表面に連結された状態で、消費電力測定デバイスは、データの少なくとも一部を得るように構成され得る。

【００１１】

またさらなる実施形態では、磁場検出デバイスは、（ａ）通電導体において磁場を検出するように構成された少なくとも２つの磁場センサと、（ｂ）少なくとも２つの磁場センサの出力と電気的に連結された位相検出器と、（ｃ）位相検出器と電気的に連結された位相インジケータとを含み得る。位相インジケータは、少なくとも２つの磁場センサが通電導体に関連した所定位置に存在する場合を示すディスプレイを含み得る。

【００１２】

実施形態のさらなる説明を容易にするために、以下の図面を提供する。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】第１の実施形態による、電気ブレーカーパネルに連結された電力監視システム例の図を示す。

【図２】第１の実施形態による、図１の電力監視システムのブロック図を示す。

【図３】第１の実施形態による、導体３－３に沿った図１の回路ブレーカーパネルの断面図である。

【図４】導体によって発生した磁場導体の一例を示す。

【図５】第１の実施形態による、図１の回路ブレーカーの主電力導体によって発生した磁場導体の一例を示す。

【図６】第１の実施形態による、図２の検出デバイスの一例を示す。

【図７】第１の実施形態による、図１の回路ブレーカーの主電力導体上への図２の検出デバイスの配置例を示す。

【図８】一実施形態による、電流センサの電圧対時間のグラフ例を示す。

【図９】第２の実施形態による、検出デバイスの一例を示す。

【図１０】第２の実施形態による、図１の回路ブレーカーの主電力導体上の図９の検出デバイスの一例を示す。

【図１１】第１の実施形態による、図１の較正デバイスの一例を示す。

【図１２】一実施形態による、図１１のレベル変換器から図１１のコントローラに対する

可能な入り低電圧信号のグラフ例を示す。
【図１３】一実施形態による、位相基準を作り上げるために用いられる方形波低電圧信号と、図１２の低電圧信号との関係を示すグラフ例を示す。
【図１４】第３の実施形態による、スイッチド負荷の一例を示す。
【図１５】第４の実施形態による、スイッチド負荷の一例を示す。
【図１６】第５の実施形態による、スイッチド負荷の一例を示す。
【図１７】第６の実施形態による、スイッチド負荷の一例を示す。
【図１８】一実施形態による、電気監視システムの較正方法のフローチャートを示す。
【図１９】一実施形態による、較正係数を決定する作業のフローチャートを示す。
【図２０】一実施形態による、主電力導体の予測電流を決定する方法のフローチャートを示す。
【図２１】一実施形態による、検出デバイス例における主電力導体に対する２つの電流センサの第１の位置の一例を示す。
【図２２】図２１の電流センサの測定電流に対する予測電流の比較グラフを示す。
【図２３】一実施形態による、検出デバイス例における主電力導体に対する２つの電流センサの第２の位置の一例を示す。
【図２４】図２３の電流センサの測定電流に対する予測電流の比較グラフを示す。
【００１４】
図示を単純かつ明瞭にするために、図面は、一般的な構造様式を示し、周知の特徴および技術の説明および詳細は、不必要に本発明を分かりにくくすることを避けるために省略される場合がある。さらに、図面の要素は、必ずしも一定の縮尺で描かれてはいない。例えば、図面中の要素の幾つかの寸法は、本発明の実施形態の理解を高めるために、他の要素と比較して誇張されている場合がある。異なる図面中の同一の参照符号は同じ要素を示す。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
明細書内および特許請求の範囲内の「第１」、「第２」、「第３」、「第４」等の用語は、使用されている場合、類似した要素らを区別するために用いられるものであり、必ずしも特定の逐次的または経時的順序を表すためのものではない。このようにして使用される用語は、本明細書に記載の実施形態が、例えば本明細書に図示あるいは記載された以外の順序で動作可能であるような適切な状況下では、互換性があることに留意されたい。さらに、「含む（ｉｎｃｌｕｄｅ）」および「有する（ｈａｖｅ）」という用語や、それらの変形語は、要素リストを包むプロセス、方法、システム、物品、デバイス、または装置が、必ずしもそれらの要素に限定されず、明確にリストアップされていない、またはそのようなプロセス、方法、システム、物品、デバイス、または装置に固有のものではない他の要素を含み得るような非排他的包含を網羅する意図を持つ。
【００１６】
明細書内および特許請求の範囲内の「左」、「右」、「前方（ｆｒｏｎｔ）」、「後方（ｂａｃｋ）」、「最上部（ｔｏｐ）」、「底部（ｂｏｔｔｏｍ）」、「上に（ｏｖｅｒ）」、および「下に（ｕｎｄｅｒ）」等の用語は、使用されている場合、説明目的で用いられたものであり、必ずしも永久的な相対位置を表すためのものではない。このように使用される用語は、本明細書に記載の本発明の実施形態が、例えば本明細書に図示あるいは記載された以外の他の配向で動作可能であるような適切な状況下では、互換性があることに留意されたい。
【００１７】
「連結する（ｃｏｕｐｌｅ）」、「連結された（ｃｏｕｐｌｅｄ）」、「連結する（ｃｏｕｐｌｅｓ）」、および「連結（ｃｏｕｐｌｉｎｇ）」等の用語は、広く解釈され、２つ以上の要素または信号を電気的、機械的、および／または他の方法で接続することを意味するものとする。２つ以上の電気要素は、電気的に連結されるが、機械的または他の方法では連結されない場合があり、２つ以上の機械要素は、機械的に連結されるが、電気的

または他の方法では連結されない場合があり、２つ以上の電気要素は、機械的に連結されるが、電気的または他の方法では連結されない場合がある。連結は、任意の時間長さ、例えば、永久的または半永久的、あるいは一瞬のみでもよい。

【００１８】

「電気的連結」等は、広く解釈され、電力信号、データ信号、および／または他の種類または組み合わせの電気信号である、あらゆる電気信号に関与する連結を含むものとする。「機械的連結」等は、広く解釈され、全ての種類の機械的連結を含むものとする。

【００１９】

「連結された」等の語の近くに、「除去可能に（ｒｅｍｏｖａｂｌｙ）」および「除去可能な（ｒｅｍｏｖａｂｌｅ）」等の語が存在しなくても、問題の連結等が除去可能であること、または除去可能ではないことを意味しない。

【００２０】

図１は、第１の実施形態による、回路ブレーカーパネル１９０に連結された例示的な電力監視システム１００の図を示す。図２は、第１の実施形態による電力監視システム１００のブロック図を示す。図３は、第１の実施形態による導体３－３に沿った回路ブレーカーパネル１９０の断面図を示す。

【００２１】

電力監視システム１００は、構造物（すなわち建物）の電力使用状況を監視するためのシステムと考えることもできる。電力監視システム１００は、構造物内の１つまたは複数の電気デバイス（すなわち負荷）によって使用される予測電流を決定するためのデバイスおよびシステムと考えることもできる。電力監視システム１００は、例示的なものに過ぎず、本明細書に示される実施形態に限定されるものではない。電力監視システム１００は、本明細書に具体的に描写または記載されていない多くの様々な実施形態または実施例において用いることができる。

【００２２】

一部の実施例では、電力監視システム１００は、（ａ）少なくとも１つの検出デバイス１１０（すなわち、消費電力測定デバイス）、（ｂ）少なくとも１つの演算ユニット１２０、および（ｃ）少なくとも１つの較正デバイス１８０を含み得る。

【００２３】

一部の実施例では、システム１００は、異なるメーカーのブレーカーパネル上、および同じメーカーの異なる種類のブレーカーパネル上で用いることができる。さらに、一部の実施例では、システム１００は、訓練を受けていない者（すなわち、電気技師ではない者）が、ブレーカーパネルボックスを開き、内部の非絶縁電力導体を露出させることなく、簡単に設置することができる。

【００２４】

やはり図１に示されるように、従来のブレーカーボックスまたは回路ブレーカーパネル１９０は、（ａ）２つ以上の個別の回路ブレーカー１９１、（ｂ）２つ、または主回路ブレーカー１９２、（ｃ）外面を備えたパネル１９６、および（ｄ）回路ブレーカー１９１および１９２へのアクセスを提供する扉１９７を含み得る。主電力導体１９３、１９４、および１９５の少なくとも一部は、回路ブレーカーパネル１９０の内部に配置することができる。「回路ブレーカーパネル」は、旧式の電気システムを備えた建物では今なお一般的なヒューズボックスを意味し、それを含み得る。構造物の電力インフラは、少なくとも回路ブレーカーパネル１９０と、主電力導体１９３、１９４、および１９５とを含み得る。一部の実施例では、回路ブレーカーパネルは、電気を構造物に供給するために用いられるあらゆる種類の配電パネルを意味することもできる。

【００２５】

主電力導体１９３、１９４、および１９５は、主回路ブレーカー１９２に電気的に連結され、構造物内の電気デバイス（すなわち負荷）に電力を供給する。これらの通電した電力導体に人が不注意に接触することを防ぐために、パネル１９６は、主電力導体１９３、１９４、および１９５および関連の回路構成要素の少なくとも一部に重なる。通常、パネ

ル１９６は、鋼または別の金属からなる。
【００２６】
扉１９７は、回路ブレーカー１９１および１９２を覆い、美観的理由により通常閉じられているが、回路ブレーカーパネル１９０内の回路ブレーカー１９１および１９２のレバーへのアクセスを許容するために開くことができる。図３に示されるように、扉１９７が閉じられると、パネル領域３９８は、パネル領域深さ３９９を有し得る。パネル領域深さ３９９は、扉１９７が回路ブレーカーレバー１８９にぶつかることなく閉じることができるように、通常、１３ミリメートル（ｍｍ）～２０ｍｍである。パネル領域深さ３９９の深さは、パネル領域３９８に取り付けられる検出デバイス１１０の許容厚さを制限する。すなわち、様々な実施例において、検出デバイス１１０は、検出デバイス１１０が動作中にブレーカーパネルの扉を閉じた状態を維持できるように、パネル領域深さ３９９内に適合し得る。多くの実施例では、検出デバイス１１０は、２０ｍｍ未満の深さを有する。同一または異なる実施例において、検出デバイス１１０は、１３ｍｍ未満の深さを有していてもよい。
【００２７】
住居用および小規模商業用電気設備は、通常、２４０ボルトの分相設備である。これは、１８０度位相の異なる２つの１２０Ｖの交流（ＡＣ）ソース導体（例えば、電力導体１９３および１９４）を、電力導体１９３または１９４の一方から電流を戻すために使用することのできる中性導体（例えば電力導体１９５）と共に提供するユーティリティを指す。電力導体１９３、１９４、および１９５は、異なる負荷用の分岐回路へと分割される前にユーティリティからの入り電力を運ぶ「給電線」または「主」電力導体である。電力導体１９３、１９４、および１９５によって発生した磁場を検出することにより、システム１００は、構造物内の全ての負荷が電力導体１９３、１９４、および／または１９５と並列に連結されているので、ユーティリティからの全ての負荷によって引き出された電流総計を検出することができる。
【００２８】
米国では、２４０Ｖの分相ユーティリティ設備の供給を受ける建物内では、多くの異なる種類の電気負荷を見つけられる。電気負荷は、２つのカテゴリーの負荷に分けることができる：（ａ）１２０Ｖの負荷および（ｂ）２４０Ｖの負荷。
【００２９】
１２０Ｖの負荷は、主に、低ワット数負荷、すなわち、標準的な３極の１２０Ｖで１５Ａまたは１２０Ｖで２０Ａのコンセントに差し込まれた負荷、および約２ｋＷ（キロワット）未満の電力を引き出す小型電気器具を含み得る。これらの負荷は、電力導体１９３および１９５のペア（「第１の位相分岐」または配線回路の「１９３－１９５の部分」）または電力導体１９４および１９５のペア（「第２の位相分岐」または配線回路の「１９４－１９５の部分」）間の個々の回路において配線される。構造物の配線を行う際に、電気技師は、各部分において負荷およびコンセントの予想ワット数のバランスをとろうと試みるが、異なる総ワット数が各ペアから通常引き出されることから、１９３－１９５の部分および１９４－１９５の部分の電流が不均衡となり易いので、これは正確なプロセスではない。１２０Ｖの負荷がオンにされると、その電流は、ユーティリティから主および回路レベルの回路ブレーカーを介して電力導体１９３または１９４を通って負荷へと流れ、その後、電力導体１９５へと流れ戻り、ユーティリティへと流れ戻る。
【００３０】
２４０Ｖの負荷は、通常、消費が２ｋＷ（キロワット）を超える大型電気器具（例えば、電気乾燥機、ストーブ、エアコンコンプレッサ、電気ベースボードヒータ）である。この場合、負荷電流は、電力導体１９３および１９４間を流れ、電力導体１９５においては負荷電流が流れない。電力導体１９３および１９４上の電圧間の１８０度の位相関係により、総電圧は２４０Ｖである。
【００３１】
再度図１および図２を参照して、演算ユニット１２０は、（ａ）通信モジュール２２１

、（ｂ）処理モジュール２２２、（ｃ）電気コネクタ１２８を備えた電源２２３、（ｄ）ユーザ通信デバイス１３４、（ｅ）コントローラ２２５、（ｆ）メモリ２２６、（ｇ）較正負荷モジュール２２７、（ｈ）較正計算モジュール２２９、（ｉ）制御機構１３２、および（ｊ）電圧センサ２２８を含み得る。

【００３２】

演算ユニット１２０は、通信モジュール２２１を介して、較正デバイス１８０および／または検出デバイス１１０から出力信号を受信し、構造物の電力使用状況に関連する１つまたは複数のパラメータ（例えば、構造物によって使用される電力および主電力導体１９３、１９４、および１９５の電流）を決定するために出力信号を処理するように構成可能である。一部の実施形態では、演算ユニット１２０は、パーソナルコンピュータ（ＰＣ）でもよい。

【００３３】

コントローラ２２５は、Ｔｅｘａｓ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｉｎｃ．製造のＭＳＰ４３０マイクロコントローラ等のマイクロコントローラでもよい。別の実施形態では、コントローラ２２５は、Ｔｅｘａｓ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｉｎｃ．製造のＴＭＳ３２０ＶＣ５５０５デジタル信号プロセッサまたはＡｎａｌｏｇ　Ｄｅｖｉｃｅｓ，Ｉｎｃ．製造のＢｌａｃｋｆｉｎデジタル信号プロセッサ等のデジタル信号プロセッサである。

【００３４】

処理モジュール２２２は、検出デバイス１１０からの電流測定値を用いて、構造物の電力使用状況に関連する１つまたは複数のパラメータ（例えば、主電力導体１９３、１９４、および１９５の電流および電力）を決定するように構成されてもよい。以下に説明するように、較正計算モジュール２２９は、検出デバイス１１０からの電流測定値を用いて、電力監視システム１００を較正する（例えば、検出デバイス１１０用の較正係数を計算する）ように構成されてもよい。

【００３５】

一部の実施例では、処理モジュール２２２および較正計算モジュール２２９は、メモリ２２６内に保存されてもよく、コントローラ２２５で起動されるように構成されてもよい。演算ユニット１２０の起動中は、メモリ２２６に保存されたプログラム命令（例えば、処理モジュール２２２および／または較正計算モジュール２２９）がコントローラ２２５によって実行される。メモリ２２６に保存されたプログラム命令の一部は、以下に記載するような方法１８００および２０００（それぞれ図１８および図２０）の実施に適し得る。

【００３６】

較正負荷モジュール２２７は、１つまたは複数の較正負荷を含み得る。以下に説明するように、１つまたは複数の較正負荷は、例えば構造物の電力インフラの第１の位相分岐に一時的に電気的に連結されることにより、電力監視システム１００の較正を助けることができる。

【００３７】

一部の実施例では、ユーザ通信デバイス１３４および制御機構１３２は、演算ユニット１２０の他の部分から分離可能であってもよく、演算ユニット１２０の他の部分と無線通信できる。

【００３８】

電圧センサ２２８を用いることにより、電力インフラ全体にわたる電圧の振幅および位相角を決定することができる。全体にわたる電流の位相角は、電流センサ２１１によって測定された位相角から、電圧センサ２２８を用いて測定された電圧の位相角を差し引いたものに等しい。すなわち、電流の位相角は、電圧の零点交差に関連して計算することができる。

【００３９】

一部の実施例では、検出デバイス１１０は、電流センサ２１１によって得られた電流測定値を演算ユニット１２０に伝達可能であることにより、電流の位相角を計算することが

できる。他の実施例では、演算デバイス１２０は、電圧センサ２２８による電圧測定値を検出デバイス１１０に伝達可能であることにより、電流の位相角を計算することができる。他の実施例では、電圧センサ２２８は、較正デバイス１８０内に配置されてもよい。

【００４０】

電源２２３は、通信モジュール２２１、処理モジュール２２２、ユーザ通信デバイス１３４、コントローラ２２５、メモリ２２６、較正負荷モジュール２２７、および／または制御機構１３２に電力を供給することができる。一部の実施例では、電源２２３は、電力インフラの壁電気コンセントに連結可能な電気コネクタ１２８に連結可能である。

【００４１】

ユーザ通信デバイス１３４は、ユーザに対して情報を表示するように構成可能である。ある実施例では、ユーザ通信デバイス１３４は、モニタ、タッチスクリーン、および／または１つまたは複数のＬＥＤ（発光ダイオード）でもよい。

【００４２】

制御機構１３２は、少なくとも部分的に演算ユニット１２０または少なくともユーザ通信デバイス１３４を制御するように構成された１つまたは複数のボタンを含み得る。ある実施例では、制御機構１３２は、電源スイッチ（すなわちオン／オフスイッチ）および／またはユーザ通信デバイス１３４上の表示物を制御するように構成されたディスプレイスイッチを含み得る。

【００４３】

さらに図１および図２を参照して、検出デバイス１１０は、（ａ）２つ以上、または磁場センサまたは電流センサ２１１、（ｂ）コントローラ２１３、（ｃ）ユーザ通信モジュール２１４、（ｄ）通信モジュール２１５、（ｅ）電源２１６、および（ｆ）連結機構２１９を含み得る。コントローラ２１３を用いて、電流センサ２１１、ユーザ通信モジュール２１４、通信モジュール２１５、および電源２１６を制御することができる。

【００４４】

電流センサ２１１は、誘導ピックアップ、ホール効果センサ、磁気抵抗センサ、または回路ブレーカーパネル１９０内の導体によって発生した時変磁場に応答するように構成されたその他の種類のセンサを含み得る。

【００４５】

様々な実施例では、検出デバイス１１０は、連結機構２１９を用いてパネル１９６の表面に連結されるように構成可能である。一部の実施例では、連結機構２１９は、接着剤、Ｖｅｌｃｒｏ（登録商標）材料、磁石、または別のアタッチメント機構を含み得る。

【００４６】

通信モジュール２１５は、電流センサ２１１およびコントローラ２１３に電気的に連結可能である。一部の実施例では、通信モジュール２１５は、電流センサ２１１を用いて測定された電圧または他のパラメータを演算ユニット１２０の通信モジュール２１１に伝達する。多くの実施例では、通信モジュール２１５および通信モジュール２２１は、無線送受信機でもよい。一部の実施例では、電気信号は、ＷＩ－ＦＩ（ワイヤレスフィデリティ）、ＩＥＥＥ（Ｉｎｓｔｉｔｕｔｅ ｏｆ Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌ ａｎｄ Ｅｌｅｃｔｒｏｎｉｃｓ Ｅｎｇｉｎｅｅｒｓ）８０２．１１ワイヤレスプロトコルまたはＢｌｕｅｔｏｏｔｈ（登録商標）３．０＋ＨＳ（Ｈｉｇｈ Ｓｐｅｅｄ）ワイヤレスプロトコルを用いて伝送することができる。さらなる実施例では、これらの信号は、Ｚｉｇｂｅｅ（登録商標）（ＩＥＥＥ８０２．１５．４ワイヤレスプロトコル）、Ｚ－Ｗａｖｅ、または独自のワイヤレス規格を介して伝送可能である。他の実施例では、通信モジュール２１５および通信モジュール２２１は、セルラー方式または有線接続を用いて電気信号を通信することができる。

【００４７】

ユーザ通信モジュール２１４は、ユーザに対して情報を表示するように構成可能である。一実施例では、ユーザ通信モジュール２１４は、ＬＣＤ（液晶ディスプレイ）および／または１つまたは複数のＬＥＤ（発光ダイオード）でもよい。

【００４８】
コントローラ２１３は、電流センサ２１１、通信モジュール２１５、ユーザ通信モジュール２１４、および／または電源２１６を制御するように構成可能である。
【００４９】
較正デバイス１８０は、（ａ）通信モジュール２８１、（ｂ）電気コネクタ２８２、（ｃ）較正負荷モジュール２８３、（ｄ）ユーザ通信デバイス１８４、（ｅ）コントローラ２８５、および（ｆ）電源２８９を含み得る。一部の実施例では、通信モジュール２８１は、通信モジュール２１５および／または２２１と類似または同じでもよい。電気コネクタ２８２は、一部の実施例では、電源プラグでもよい。ユーザ通信デバイス１８４は、ユーザに対して情報を表示するように構成可能である。ある実施例では、ユーザ通信デバイス１８４は、１つまたは複数のＬＥＤでもよい。
【００５０】
アンペールの法則によれば、図４に示されるように、通電導体によって、磁場が発生する。すなわち、ある導体によって発生した磁場は、Ｘ、Ｙ、およびＺ軸の各々の成分へと分解可能な三次元ベクトル場である。交流電流のシステムでは、これらの磁場は、大きさが時間で変動するが、座標基底に対して同じベクトル角を維持する。従って、例えばＸ軸に関して言えば、ＡＣ電流が例えば６０Ｈｚのライン周波数で方向を反転させるので、場は、いずれの瞬間においても、＋Ｘ方向または－Ｘ方向を指し得る。Ｘ方向の磁場成分は、ある特定の瞬間における電流フローの方向に応じて、＋Ｘまたは－Ｘのいずれかを指し得るものとする。
【００５１】
磁力線は、アンペールの法則の「右手の法則」に従い、人の右手の親指を導体の電流フローの方向に合わせると、磁力線は、導体に垂直かつ人の指の方向に、その導体を包み込む。
【００５２】
一部の実施形態は、主に、回路ブレーカーパネルの面に垂直に配向する（「Ｚ」軸に沿う）磁場成分に関し、その理由は、これらが、回路ブレーカーパネル１９０の金属カバーの外側で磁場センサ（すなわち検出デバイス１１０）によって簡単に検出可能な磁場成分であるからである。
【００５３】
図５に示されるように、電力導体１９３および１９４は、１８０度の位相差があるので、いずれの時点においても、磁力線ループの方向は逆方向である。
【００５４】
従って、キルヒホッフの電流の法則によれば、ある給電導体（すなわち電力導体１９３、１９４、および／または１９５）を通る総電流は、その導体から引き出される全ての負荷電流の合計である。従って、各導体（すなわち電力導体１９３、１９４、または１９５）によって発生した磁場の大きさは、その導体に接続された全ての分岐回路上で引き出された電流の合計に正比例する。ある導体からの磁力線の方向は、分岐の電流に応じて変化しない。
【００５５】
システム１００は、３つの起こり得る負荷ケース：（ａ）１９３－１９５部分間の１２０Ｖの負荷、（ｂ）１９４－１９５部分間の１２０Ｖの負荷、および（ｃ）１９３－１９４部分間の２４０Ｖの負荷に対処するために、少なくとも電力導体１９３および１９４によって発生した磁場を検出するように構成可能である。ほとんどの場合、電力導体１９５を通して引き出されるいずれの電流も、電力導体１９３または１９４のいずれかをソースとするので、電力導体１９５（すなわち中性導体）によって発生した磁場を検出する必要がない。
【００５６】
図６は、第１の実施形態による電流センサ２１１の一例を示す。これらの実施例では、電流センサは、（ａ）１つまたは複数のセンサ６４１および６４２、（ｂ）１つまたは複

数の増幅器６４７および６４８、（ｃ）１つまたは複数のフィルタ６４９および６５０、（ｄ）１つまたは複数の位相検出器６５１、（ｅ）少なくとも１つの差動増幅器６５２、および（ｆ）少なくとも１つのデジタイザ６５３を含み得る。

【００５７】

一部の実施例では、システム１００は、ユーザ通信モジュール２１４を用いて適切な配置を示すことによって、検出デバイス１１０の適切な配置に関してユーザを援助するように構成可能である。一部の実施例では、システム１００は、導体（すなわち、電力導体１９３または１９４）の両側に配置されたセンサ６４１および６４２間で約１８０度の位相差を検出することによって適切な配置を決定することができる。同一または異なる実施例において、ユーザ通信モジュール２１４は、検出デバイス１１０と同じ場所に配置されてもよく、あるいは、ユーザ通信モジュール２１４は、使用され、ワイヤレスネットワーク上で検出デバイス１００とリモートで連結されてもよい。

【００５８】

センサ６４１は、（ａ）強磁性コア６４３、および（ｂ）強磁性コア６４３を包み込む検出コイル６４４を含み得る。センサ６４２は、（ａ）強磁性コア６４５、および（ｂ）強磁性コア６４５を包み込む検出コイル６４６を含み得る。様々な実施例では、センサ６４１および６４２は、直径２．５ミリメートル（ｍｍ）～１２．７ｍｍでもよい。他の実施例では、電流センサ２１１は、センサ６４１のみを含み、センサ６４２、増幅器６４７、フィルタ６４９、位相検出器６５１、および／または差動増幅器６５２は含みない。この代替実施形態では、フィルタ６４９または６５０は、デジタイザ６５３に連結される。さらなる実施形態では、電流センサ２１１は、４個、６個、８個、または１０個のセンサを含む。

【００５９】

強磁性コア６４３および６４５の目的は、検出コイル６４４および６４６からの磁場を集中させることにより、検出コイル６４４および６４６の出力端において、より大きなセンサ出力電圧を生み出すことである。検出コイル６４４および６４６の出力における電圧は、ファラデーの法則によって得られる。すなわち、電圧は、印加されるＡＣ磁場、コイルおよびワイヤの物理的寸法、コイルにおけるワイヤの巻き数、およびコアの透磁率によって決まる。他の実施例では、センサ６４１および６４２は、それぞれ強磁性コア６４３および６４５を含みない。

【００６０】

図７に示されるように、電流センサ２１１が回路ブレーカーパネル１９０に連結されると、センサ６４１および６４２の一方を、導体（すなわち電力導体１９３または１９４）の片側に配置することができる。この実施形態では、センサ６４１の誘起電圧は、センサ６４２と１８０度位相が異なり、その理由は、磁場が底部からセンサ６４２に進入する一方で、磁場が最上部からセンサ６４１に進入するからである。

【００６１】

センサ６４１および６４２の電圧間の位相関係のプロットを図８に示す。図８を参照し、ＡＣ電流が導体（すなわち電力導体１９３または１９４）を流れると、電圧Ｖ（センサ）が検出コイル６４４および６４６において誘起される。この電圧Ｖ（センサ）は、導体（すなわち電力導体１９３または１９４）によって運ばれる電流Ｉ（センサ）に比例する、すなわち、Ｖ（センサ）＝ｋ*Ｉ（センサ）である。比例定数ｋは、一時的に較正負荷（すなわち較正負荷モジュール２８３または２２７（図２））を導体（すなわち電力導体１９３または１９４）によって供給を受ける回路に接続し、センサ６４１および６４２（図６）において誘起された電圧を測定することにより、導体を流れる既知の電流を描画することによって見つけることができる。あるケースでは、比例定数の多点較正を確立するために、２つ以上の既知電流を描画し得る。

【００６２】

再び図６を参照すると、２つのセンサ（すなわちセンサ６４１および６４２）のこの構成を利用して、付近の他の導体を含む他のソースからの干渉を拒絶しつつ、所定の通電導

体に対して正しく配置されたことをユーザに自動的に伝達する検出デバイス１１０を得ることができる。この能力は、対象となる特定の導体付近に多くの導体が存在する回路ブレーカーパネルに見られる電気的に雑音の多い環境において有用である。

【００６３】

具体的には、ある実施形態では、センサ６４１および６４２それぞれの出力は、それぞれ増幅器６４８および６４７を用いて増幅可能であり、その後、それぞれフィルタ６５０および６４９を用いたフィルタリングが可能である。フィルタ６５０および６４９の出力は、ユーザ通信モジュール２１４（例えば、１つまたは複数のＬＥＤ）において位相インジケータ６１９に連結された位相検出器６５１に提示されてもよい。ユーザ通信モジュール２１４は、センサ６４１および６４２が所定の通電導体に対して正しく配置されたことをユーザに示すように構成される。ユーザは、主電力導体を見つけられる領域範囲でセンサを移動させ、センサ６４１および６４２の信号間の位相差が約１８０度であることを位相インジケータが示すと移動を停止するように指示され得る。例えば、センサ６４１および６４２からの信号の位相が約１８０度異なると、検出デバイス１１０の最上部で、緑色ＬＥＤが点灯し得る。

【００６４】

増幅器６４８および６４７と、フィルタ６５０および６４９とは、一部の実施例では任意である。増幅器６４８および６４７と、フィルタ６５０および６４９との目的は、望ましくない周波数の雑音は拒絶しながら信号レベルを上げることであり、従って、雑音の多い環境で、センサ６４１および６４２の信号の信号対雑音比を高めることである。増幅器６４８および６４７は、Ｔｅｘａｓ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｉｎｃ．製造のＴＬ０８２タイプ等の演算増幅器でもよい。フィルタ６５０および６４９は、演算増幅器と共に実行される集中素子受動フィルタまたは能動フィルタでもよい。一般的に、フィルタ６５０および６４９は、帯域外の雑音を拒絶しながらＡＣライン周波数（例えば、米国およびカナダでは６０Ｈｚ、またはヨーロッパおよび日本では５０Ｈｚ）を通過させるように構成されたバンドパスフィルタである。

【００６５】

位相検出器６５１は、アナログ位相検出器回路またはデジタル位相検出器のどちらでもよい。デジタル位相検出器の実行は、組み合わせ論理を用いて、プログラマブル論理を用いて、またはコントローラのソフトウェアにおいて行うことができる。ある実施形態では、Ｔｅｘａｓ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｉｎｃ．製造の４０４６または７４ＨＣ４０４６タイプの位相ロックループ統合コントローラに含まれる位相検出器等の統合位相検出器回路を用いることができる。別の実施形態では、位相検出器６５１の実行は、アナログ・デジタル変換器を用いてセンサ信号をデジタル化し、その後、センサ６４１および６４２から受け取ったサンプルのベクトルに逆正接関数を適合させることにより行われる。さらなる実施形態では、フィルタリングおよび位相検出器機能は、他の周波数の雑音を拒絶しながらＡＣライン周波数のみにおける信号の大きさおよび位相角を求める複雑な高速フーリエ変換（ＦＦＴ）アルゴリズム等のピリオドグラムに基づく最尤推定量を用いることによって組み合わせられる。

【００６６】

位相インジケータ６１９は、センサ６４１および６４２の入力信号間の所望の位相関係に達したことをユーザに示す任意のデバイスとすることができる。一部の実施形態では、位相インジケータは、１つまたは複数のＬＥＤでもよい。他の実施形態では、位相インジケータ６１９は、液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）等のグラフィカルまたは数値ディスプレイ、あるいは、センサ６４１および６４２の電圧の位相がほぼ１８０度異なることをユーザに示すオーディオトーンでもよい。

【００６７】

正しい位相関係が確立されると、差動増幅器６５２を用いて、センサ６４１および６４２からの信号を組み合わせて、主電力導体の電流に比例した電圧または電流信号を生み出すことができる。この信号は、コントローラ２１３が行う計算の入力として用いることが

できる。同一または異なる実施例では、通信モジュール２１５を用いて、（ａ）センサの位相関係が示すセンサ６４１および６４２の適切な配置、並びに（ｂ）センサ６４１および６４２からの差動検出信号を含むデータを演算ユニットに伝達することができる。

【００６８】

次に別の実施形態に移り、図９は、第２の実施形態による検出デバイス９１０の一例を示す。図１０は、第２の実施形態による、電力導体１９３および１９４上の検出デバイス９１０の一例を示す。この実施例では、Ｎが２～１０の数字である、センサ941_1、941_2、・・・、941_Nの直線配列を使用できる。他の実施例では、Ｎは、４、６、８、２０、５０、または１００等の他の数字でもよい。センサのこの直線配列の目的の１つは、ユーザが正しい配置に検出デバイス９１０を手で配置させる必要がないように、コントローラ２１３がセンサ941_1、941_2、・・・、941_Nの内の１つまたは複数のペアを自動的に選択できるようにすることである。一部の実施形態では、検出デバイス９１０は、図１のシステム１００における検出デバイス１１０の代わりに使用することができる。

【００６９】

図９および図１０を参照すると、この実施例では、検出デバイス９１０は、（ａ）センサ941_1、941_2、・・・、941_N、（ｂ）増幅器６４７および６４８、（ｃ）フィルタ６４９および６５０、（ｄ）位相検出器６５１、（ｅ）差動増幅器６５２、（ｆ）デジタイザ６５３、および（ｇ）少なくとも１つのマルチプレクサ９５５および９５６を含み得る。

【００７０】

図１０に示されるように、センサ941_1、941_2、・・・、941_Nの直線配列は、主電力導体１９３および／または１９４の電流に比例する信号を生じさせるために、磁場センサとして使用される少なくとも１つのセンサをセンサ941_1、941_2、・・・、941_Nから選択するマルチプレクサ９５５および９５６に連結される。

【００７１】

別の実施形態では、電力導体１９３および１９４の２つ以上の導体が同時に検出デバイス９１０によって検出される。この実施形態では、センサ941_1、941_2、・・・、941_Nから２つの異なる通電電力導体１９３および１９４に隣接した２つの別個のセンサが選択されるように、コントローラ２１３は、マルチプレクサ９５５および９５６を制御する。この実施形態では、コントローラ２１３は、センサ信号の振幅または位相角に基づいてセンサを選択するようにマルチプレクサを制御する。一部の実施形態では、センサ941_1、941_2、・・・、941_Nからの複数のセンサは、コントローラ２１３の制御下で多重化されることにより、各々が別の通電導体に対して選択的磁場連結を有する別個のセンサを選択する。

【００７２】

再び図１を参照して、システム１００は、一部の実施例では、電力導体１９３および１９４において正確な電流測定を達成するために較正を用いることができる。較正の潜在的必要性は、例えば検出デバイス１１０または９１０（図９）が訓練を受けていないユーザによって設置される場合の不十分に制御された設置形状によるものであり得る。

【００７３】

図１１は、第１の実施形態による較正デバイス１８０の一例を示す。較正デバイス１８０は、単一の較正負荷を単一の引込み導体（すなわち電力導体１９３または１９４）へと切り換えることにより、１つの引込み導体、単一の較正負荷、および中性または戻り導体（すなわち電力導体１９５）間で回路を完成させるように構成された単一回路較正デバイスとして図１１に示されている。切り換え信号を用いることにより、図１８の較正方法１８００によって使用される較正負荷を用いて回路を一時的に完成させる。

【００７４】

一部の実施例では、較正負荷モジュール２８３は、（ａ）スイッチド負荷１１０５、（ｂ）変圧器１１７１、（ｃ）フィルタ１１７２、（ｄ）レベル変換器１１７３、および（

ｅ）スクエアリングデバイス１１７４を含み得る。スイッチド負荷１１０５は、（ａ）スイッチ１１８７および（ｂ）較正負荷１１８８を含み得る。コントローラ２８５は、（ａ）アナログ・デジタル変換器１１７７、（ｂ）デジタル入力１１７６、および（ｃ）温度センサ１１８６を含み得る。

【００７５】

図１１の実施形態では、較正負荷モジュール２８３は、検出デバイス１１０によって測定中の単一の通電導体（分岐回路への給電線）の測定値を較正するように設計可能である。この実施形態では、単一の較正負荷１１８８は、コントローラ２８５の切り換え信号の制御下で、線路導体（例えば、主電力導体１９３および１９４）と中性導体（例えば、主電力導体１９５）との切り換えをスイッチ１１８７によって行う。米国では、スイッチド負荷１１０５は、１２０Ｖのコンセントと共に使用可能である。他の国では、スイッチド負荷１１０５は、２４０Ｖおよび他の電圧コンセントと共に使用可能である。

【００７６】

較正負荷１１８８および図１４～図１７の他の較正負荷は、レジスタとして描かれているが、較正負荷１１８８および図１４～図１７の他の較正負荷は、抵抗成分の有無にかかわらず、インダクタまたはコンデンサ等の無効負荷を含むどのような負荷でもよいことを理解されたい。加えて、較正負荷は、可変抵抗を持つ負荷でもよい。さらに、スイッチ１１８７および図１４～図１７の他のスイッチは機械的リレースイッチとして描かれているが、スイッチは、他の形態のスイッチングデバイスでもよいことを理解されたい。例えば、スイッチは、固体リレー等の半導体スイッチ、トライアック、ＦＥＴ（電界効果トランジスタ）、ＳＣＲ（シリコン制御整流器）、ＢＪＴ（バイポーラ接合トランジスタ）、またはＩＧＢＴ（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）等のトランジスタ、または他の制御可能なスイッチングデバイスでもよい。

【００７７】

図１１に示されるように、通信モジュール２８１は、コントローラ２８５に連結されることにより、較正デバイス１８０から演算ユニット１２０への較正済みの電流測定値の転送が可能となる。一部の実施例では、通信モジュール２８１は、受信機および送信機を含み得る。通信モジュール２８１は、任意の周波数で任意のデータリンクプロトコルを用いて動作する、どのような形態の有線または無線の通信デバイスも含み得る。ある実施形態では、通信モジュール２８１は、Ｔｅｘａｓ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｉｎｃ．から入手可能な部品番号ＣＣ２５００の２．４ＧＨｚ送受信機を含む。別の実施形態では、通信モジュール２８１は、Ｔｅｘａｓ　Ｉｎｓｔｒｕｍｅｎｔｓ，Ｉｎｃ．から入手可能な部品番号ＣＣ２０１０の９００ＭＨｚ送受信機を含む。一部の実施形態では、通信モジュール２８１は、以下の通信プロトコル：ＷｉＦｉ（ＩＥＥＥ８０２．１１）、Ｚｉｇｂｅｅ（登録商標）（ＩＥＥＥ８０２．１５．４）、ＺＷａｖｅ、またはＳｉｍｐｌｉｃｉＴＩプロトコルの何れを用いても通信可能である。別の実施形態では、独自のデータ通信プロトコルが用いられる。さらなる実施形態では、通信モジュール２１５と、通信モジュール２８１および／または２２１との通信リンクは、監視導体によって達成される。この実施形態では、通信リンクは、較正デバイスが連結される分岐回路の少なくとも１つの導体に伝達信号を投入することによって形成される電力線通信（ＰＬＣ）からなる。

【００７８】

図１１に示される実施例では、電源２８９は、電源２８９を含み得る。電源２８９は、絶縁型変圧器およびＤＣ電源を含み得る。電源２８９は、米国およびカナダでは１２０Ｖあるいはヨーロッパでは２２０Ｖ等のＡＣ電源線間電圧からの入り線間電圧を、電力コントローラ２１３および較正デバイス１８０の他の要素への３．３Ｖまたは５ＶＤＣ等の低ＤＣ電圧へと変換する。

【００７９】

コントローラ２８５は、入りＡＣ電源線間電圧に比例する、より低電圧のＡＣ信号へとレベル変換器１１７３によって変換される入りＡＣ電源線間電圧のサンプルを受信することができる。一部の実施形態では、入りＡＣ電源線間電圧は１２０ＶＡＣであるが、より

低電圧のＡＣ信号は、０～３．３Ｖの範囲内である。一部の実施形態では、レベル変換器１１７３を用いて、＋Ｖおよび－Ｖが交互となる両極性信号から０ＶおよびＶＤＤ間の単極性信号またはアナログ・デジタル変換器１１７７の有効電圧範囲内の別の単極性信号範囲へと低電圧信号を転換させる。アナログ・デジタル変換器１１７７は、図１２に示されるように、入り低電圧信号をサンプリングすることができる。同一または異なる実施形態では、フィルタ１１７２は、低電圧信号の周波数範囲をＡＣライン周波数に限定することができる。

【００８０】

多くの実施例では、アナログ・デジタル変換器１１７７は、コントローラ２８５に組み込むことが可能である、あるいは、コントローラ２１３とは別個のものであるが、コントローラ２８５に連結されていてもよい。サンプリングされたＡＣ線間電圧によって、コントローラ２１３が入りＡＣ線間電圧を測定することが可能となり、ＡＣ線間電圧に比例したサンプリングされた低電圧信号が与えられると、較正負荷１１８８によって引き出された電流を計算することによって、より正確にシステム１００の較正が行われる。さらに、サンプリングされた低電圧信号を用いて、ＡＣ線間電圧に同期した位相基準を作り上げてもよい。

【００８１】

一部の実施形態では、コントローラ２８５は、位相基準を作り上げるために方形波低電圧信号を用いる。これらの実施形態では、スクエアリングデバイス１１７４は、方形波低電圧信号を生成する。方形波低電圧信号は、低電圧ＡＣ信号と同じ周期および零交差タイミングを持つ方形波でもよい。方形波信号と低電圧信号とのこの関係は、図１３に示されている。ある実施形態では、スクエアリングデバイス１１７４は、シュミットトリガ、比較器、またはインバータまたはトランジスタレベルシフタ等のデジタル論理ゲートを含み得る。方形波振幅は、コントローラ２８５と互換性のある論理レベルが選択される。方形波信号は、入りＡＣ線間電圧の振幅に関する情報は含まないが、方形波信号の正および負に向かうエッジが入りＡＣ線間電圧の零交差と同期するので、位相情報は含んでいる。

【００８２】

一部の実施形態では、低電圧信号またはその方形波同等物の一方から得られた位相基準を用いて、検出デバイス１１０によって報告された較正済みの電流測定値と、入り電源線間電圧との相対位相角を測定する。電圧および電流間のこの相対位相角測定値を用いて、検出デバイス１１０によって測定される電力導体に接続された無効負荷の力率を正確に把握する。力率は、電圧および電流波形間の位相角のコサインである。この力率は、サンプリングされた低電圧信号から直接的に計算可能であり、あるいは、方形波低電圧信号の場合には、方形波信号のエッジ遷移に適切な周波数の正弦曲線を適合させることによって間接的に計算してもよい。

【００８３】

力率は、導体を流れる皮相電力と比較した導体を流れる実電力の比である。一部の実施形態では、ユーティリティ提供の電力計の示度数の概算を向上させるためには、システム１００のユーザに対する電力導体１９３、１９４、および１９５を流れる実電力の報告が優先される。これらの実施形態では、低電圧信号によって提供される位相情報は、予測電力を正確に計算するためには重要である。

【００８４】

較正負荷１１８８は、スイッチ１１８７を用いてスイッチがオンになると電流を浪費するので、較正負荷１１８８は加熱を受ける。較正負荷１１８８自体に対して、または較正デバイス１８０のハウジング内の他の構成要素に対して、または較正デバイス１８０に近接する人や物に対して熱的損傷を引き起こすことにより、この加熱は、較正負荷１１８８の安全な動作を脅かす可能性がある。

【００８５】

一部の実施形態では、コントローラ２８５は、二金属サーモスタット、サーミスタ、または半導体温度センサ等の温度センサ１１８６を含む。一部の実施形態では、温度センサ

１１８６は、較正負荷１１８８または較正デバイス１８０のハウジングが熱すぎると、切り換え信号を中断して、較正負荷１１８８をオフにする。

【００８６】

さらなる実施形態では、コントローラ２８５は、較正負荷１１８８または較正デバイス１８０のハウジングが較正プロセスの開始時には熱すぎないことを確実にするために、較正負荷１１８８をオンにする前に、温度センサ１１８６の温度示度数をチェックする。またさらなる実施形態では、コントローラ２８５は、較正負荷１１８８の典型的な動作期間後に、較正負荷１１８８が熱くなりすぎる可能性が高いか否かを決定するために、外挿を行ってもよい。この実施形態では、コントローラ２８５は、較正負荷１１８８または較正デバイス１８０のハウジングが熱くなりすぎることなくプロセスが完了できるまで、較正プロセスを延期するよう機能する。

【００８７】

一部の実施形態では、コントローラがスイッチ１１８７への切り換え信号を制御するための２つの異なる制御機構が存在する。これらの２つの方法は、較正電流測定値を得るために較正プロセスを実行する２つの異なるプロセッサ位置に対応する。

【００８８】

第１の方法では、コントローラ２８５は、較正負荷モジュール２８３と同じ場所に配置され、それを制御する。コントローラ２８５は、検出デバイス１１０（通信モジュール２８１を介して）およびコントローラ２１３からセンサ示度数を得ることもできる。コントローラ２８５は、較正プロセス（図１８を参照して以下に説明）を行い、較正電流測定値を得る。これらの実施例では、較正計算モジュール２２９は、演算ユニット１２０ではなく、較正デバイス１８０内に配置することができる。

【００８９】

コントローラ２８５が較正プロセスを実行する第１の方法では、通信モジュール２８１は、検出デバイス１１０および／または演算ユニット１２０から入り信号の測定値を受信する。コントローラ２８５は、図２０の方法２０００を用いて較正電流測定値を計算することができる。較正電流測定値を計算した後に、較正デバイス１８０は、表示や他の使用目的で、較正電流測定値を演算ユニット１２０へと伝達してもよい。

【００９０】

第２の方法では、コントローラ２２５（図２）またはコントローラ２１３（図２）等のリモートプロセッサは、スイッチのオンおよびオフを較正負荷１１８８に命令し、このコントローラ（コントローラ２２５またはコントローラ２１３）は、図１８の較正方法１８００を実施し、図２０の方法２０００に記載のように、較正電流測定値を獲得する。

【００９１】

第２の方法が較正を管理する際にコントローラ２２５と共に使用される場合、コントローラ２２５は、通信リンクを介してコントローラ２８５からメッセージを受信する。一部の実施形態では、コントローラ２２５は、較正負荷を指定の期間オンにするメッセージを送信する。一部の実施形態では、この期間は、１つまたは複数の所定の期間から選択される。他の実施形態では、ターンオフメッセージがコントローラ２８５によって受信されるまで、あるいは、タイムアウトタイマの終了、または較正負荷１１８８またはそのハウジングが熱すぎることを示す温度センサ１１８６の起動まで、較正負荷１１８８はオンにされる。

【００９２】

さらなる実施形態では、コントローラ２８５は、ある特定の期間、較正負荷をオンにする決定を単独で行う。一部の実施例では、コントローラ２８５は、ある特定の期間、較正負荷１１８８のスイッチをオンおよびオフにする一方で、同時に、前もって、または後に、較正負荷１１８８のスイッチがオンにされたことを示す通知をコントローラ２２５に送信する。この実施形態では、コントローラ２１３は、コントローラ２８５から受信したメッセージ間の既知の時間オフセットを用いることにより、通信リンクを介してコントローラ２８５から受信したメッセージによって示された較正負荷１１８８のオン／オフ時間に

較正プロシージャのフローを同期させる。さらなる実施例では、コントローラ２８５は、コントローラ２１３および／または２２５（図２）に公知の順序で、較正負荷１１８８のスイッチをオンおよびオフにする。

【００９３】

図１１は、較正デバイス１８０内のスイッチド負荷１１０５の一例を示す。スイッチド負荷の他の可能な構成を図１４～図１７に示す。

【００９４】

具体的には、図１４は、第３の実施形態によるスイッチド負荷１４０５の一例を示す。スイッチド負荷１４０５は、（ａ）スイッチ１１８７および１４４２、および（ｂ）較正負荷１１８８および１４４１を含み得る。この実施形態では、スイッチド負荷１４０５は、図２および図１１の較正デバイス１８０内のスイッチド負荷１１０５に取って代わる。

【００９５】

この実施形態では、スイッチド負荷１４０５は、検出デバイス１１０によって測定中の単一の通電導体（「線路」と表示された分岐回路への給電線）の測定値を較正するように設計可能である。この実施形態では、コントローラ２８５は、較正負荷１１８８および１４４１間を切り換えることにより、較正プロセスにおいて使用される２つの異なる組の測定値を提供することができる。他の実施例では、スイッチド負荷１４０５は、３つ以上の較正負荷の３つ以上のスイッチを含み得る。

【００９６】

図１５は、第４の実施形態によるスイッチド負荷１５０５の一例を示す。スイッチド負荷１５０５は、（ａ）スイッチ１５８７および１５４２、および（ｂ）較正負荷１５８８および１５４１を含み得る。この実施形態では、スイッチド負荷１５０５は、図２および図１１の較正デバイス１８０内のスイッチド負荷１１０５に取って代わる。

【００９７】

この実施形態では、スイッチド負荷１５０５は、検出デバイス１１０によって測定中の２つの通電導体（「線路１」および「線路２」と表示された分岐回路への給電線）の測定値を較正するように設計可能である。この実施形態では、２つの別個の較正負荷１５８８および１５４１は、コントローラ２８５からの切り換え信号の制御下で、個々の線路導体と中性導体との切り換えを行うことができる。コントローラ２８５は、以下のように較正負荷を電気的に連結させるために、切り換え信号を制御することができる。

【００９８】

【表１】

使用可能スイッチ	連結された較正負荷	効果
スイッチ 1587 が使用可能	較正負荷 1541	線路 1 と表示した分岐回路への給電線の測定値の較正を許可
スイッチ 1542 が使用可能	較正負荷 1588	線路 2 と表示した分岐回路への給電線の測定値の較正を許可
スイッチ 1587 および 1542 が使用可能	較正負荷 1541 および 1588	線路 1 および線路 2 と表示した分岐回路への給電線の較正を許可
スイッチ 1587 または 1542 のどちらも使用不能	なし	なし

【００９９】

図１６は、第５の実施形態によるスイッチド負荷１６０５の一例を示す。スイッチド負荷１６０５は、（ａ）スイッチ１６８７、１６４２、および１６４３、および（ｂ）較正負荷１５８８および１５４１を含み得る。この実施形態では、スイッチド負荷１６０５は、図２および図１１の較正デバイス１８０におけるスイッチド負荷１１０５に取って代わる。

【０１００】
この実施形態では、スイッチド負荷１６０５は、検出デバイス１１０によって測定中の２つ以上の通電導体（「線路１」および「線路２」と表示した分岐回路への給電線）の測定値を較正するように構成することもできる。この実施形態では、２つの別個の較正負荷１５８８および１５４１がスイッチを入れられることにより、較正負荷１５８８および１５４１は、個々に中性戻り線と接続可能となる、あるいは分相電力システムにおいて一般的であるように、ペアで線路１と線路２のペアに接続可能となる。コントローラ２８５は、切り換え信号を制御することにより、以下のように較正負荷を電気的に連結することができる。
【０１０１】
【表２】

使用可能スイッチ	連結された較正負荷	効果
スイッチ 1643 および 1642 が使用可能	中性戻り線と較正負荷 1541	線路 1 と表示した分岐回路への給電線の測定値の較正を許可
スイッチ 1643 および 1687 が使用可能	中性戻り線と較正負荷 1588	線路 2 と表示した分岐回路への給電線の測定値の較正を許可
スイッチ 1643、1642、および 1687 が使用可能	中性戻り線と較正負荷 1541 および 1588	線路 1 および線路 2 と表示した分岐回路への給電線の較正を許可
スイッチ 1642 および 1687 は使用可能であるが、スイッチ 1643 は使用不能	線路 1 および線路 2 間で直列接続された較正負荷 1541 および 1588	単一の分相較正デバイスによる分相電気システムの較正を許可
スイッチ 1643、1642、および 1687 のいずれも使用不能	なし	なし

【０１０２】
図１７は、第６の実施形態によるスイッチド負荷１７０５の一例を示す。スイッチド負荷１７０５は、（ａ）スイッチ１７８７、１７４２、および１７４３と、（ｂ）較正負荷１７８８とを含み得る。この実施形態では、スイッチド負荷１７０５は、図２および図１１の較正デバイス１８０におけるスイッチド負荷１１０５に取って代わる。
【０１０３】
この実施形態では、スイッチド負荷１７０５は、検出デバイス１１０によって測定中の２つ以上の通電導体（「線路１」および「線路２」と表示された分岐回路への給電線）の測定値を較正するように構成することもできる。この実施形態では、単一の較正負荷１７８８のスイッチを入れることにより、分相電力システムにおいて一般的であるように、２つの導体プラス中性線の較正が可能となる。スイッチ１７８７および１７４３は、単極双投（ＳＰＤＴ）スイッチでもよい。スイッチ１７８７および１７４３を較正負荷１７８８と共に使用することにより、様々な組み合わせの分岐回路導体を連結することができる。スイッチド負荷１７０５は、単一の較正負荷が用いられることにより、スイッチド負荷１６０５（図１６）と比較して、実施費用を安くすることができる。コントローラ２８５は、切り換え信号を制御することにより、以下のように較正負荷を電気的に連結することができる。
【０１０４】

【表３】

使用可能スイッチ	連結された較正負荷	効果
スイッチ 1787 は位置 1、 スイッチ 1743 は位置 1、 およびスイッチ 1742 は位置 1	中性戻り線と較正負荷 1788	線路 2 と表示した分岐回路への 給電線の測定値の較正を許可
スイッチ 1787 は位置 0、 スイッチ 1743 は位置 1、 スイッチ 1742 は位置 1	中性戻り線と較正負荷 1788	線路 1 と表示した分岐回路への 給電線の測定値の較正を許可
スイッチ 1787 は位置 0、 スイッチ 1743 は位置 0、 スイッチ 1742 は位置 1	中性戻り線なしで線路 1 および線路 2 間で直列接続 された較正負荷 1788	単一の分相較正デバイスによる 分相電気システムの較正を許可
スイッチ 1787 は位置 0 または 1、 スイッチ 1743 は位置 0 または 1、 およびスイッチ 1742 は位置 0 (すなわち切断位置)	なし	なし

【０１０５】

多くの実施例では、電気インフラの両方の位相線を較正する必要がある。従って、図１１および図１４～図１７の較正デバイスの１つは、第１の位相分岐および第２のフレーズ分岐にプラグを差し込まれる必要がある。図２に示した実施例では、較正デバイス１８０は、第１の較正デバイスであり、演算ユニット１２０は、第２の較正デバイスを含む。他の実施例では、単一の較正デバイス（例えば、スイッチド負荷１５０５、１６０５、または１７０５の１つを備えた較正デバイス）は、第１および第２の位相分岐の両方に連結される２４０Ｖコンセントに連結可能である。

【０１０６】

図１１および図１４～図１７の較正デバイスの１つが第１の位相分岐および第２のフレーズ分岐の各々にプラグを差し込まれる実施形態では、較正デバイスは、互いにと、検出デバイスと、演算ユニットと通信できる必要がある。幾つかの異なる通信方法が実施可能である。例えば、全ての較正デバイスが、データを受信および送信することができる。他の実施例では、１つの較正デバイス（例えば、図１の較正デバイス１８０）が、データを送信可能であり、第２の較正デバイス（例えば、図２の演算ユニット１２０）がデータを受信可能である。

【０１０７】

一部の実施形態では、２つの較正デバイスが無線通信できる。例えば、図２の通信モジュール２８１および通信モジュール２２１は、無線機を含み得る。較正デバイスは、観測された６０Ｈｚ周期の位相角を他のキャリブレータに報告することにより、異なる電気的位相分岐上にそれらが存在するか否かを決定するように構成されている。一部の実施例では、電流または電圧で零交差がいつ生じたかを、１つの較正デバイスが、無線で他の較正デバイスに報告することができる。両方の較正デバイスが同じ電気的位相分岐上に設置される場合には、メッセージ中に、受信した無線メッセージの重複部分が生じる。観測された零交差と受信メッセージとのオフセットが存在する場合には、較正デバイスは、異なる電気的位相分岐上に設置されている。

【０１０８】

同一または異なる実施例では、較正デバイス１８０（図１）上のユーザ通信デバイス１８４は、単一の赤色／緑色ＬＥＤを含み得る。緑色ＬＥＤは、２つの較正デバイスが２つの異なる位相上に正しく設置されていることを示してもよい。例えば、ユーザは、最初に、図１の較正デバイス１８０（すなわち、送信側較正デバイス）を任意の電気コンセントに差し込む。次に、ユーザは、図１の演算ユニット１２０（すなわち、受信側較正デバイス）を別の電気コンセントに差し込む。ユーザ通信デバイス１８４のＬＥＤは、赤色に点

灯することにより、両方が同じ位相上に存在することを示してもよく、あるいは、それらが異なる位相分岐上に存在する場合には、緑色に点灯してもよい。ユーザは、ユーザ通信デバイス１８４の緑色インジケータが表示されるまで、第２のキャリブレータを別のコンセントに移動させることができる。

【０１０９】

他の実施形態では、無線通信は、検出デバイス１１０、較正デバイス１８０、および演算ユニット１２０のそれぞれの間にも存在し得る。この実施形態では、検出デバイス１１０は、ブレーカーパネルにおいて２つの電気的位相を検出可能である。較正デバイス１８０がその電気的負荷を周期的に繰り返すと、較正デバイス１８０は、検出デバイス１１０に通知し、検出デバイス１１０は、どの位相較正デバイス１８０を連結するかを決定することができる。演算ユニット１２０は、その負荷サイクルをいつ開始するかを検出デバイス１１０に報告することもできる。検出デバイス１１０は、どの位相角にこれらの変化が生じているかを観測することにより、キャリブレータが２つの異なる位相に設置されていることを推測する。

【０１１０】

さらに別の実施例では、非無線通信方法を用いて、較正デバイス１８０と演算ユニット１２０との通信を行うことができる。これらの実施例では、通信モジュール２２１および／または２８１は、信号インジェクタおよび／または信号受信機を含み得る。この実施例では、較正デバイス１８０および演算ユニット１２０は、電力インフラ上で信号を送ることができる。例えば、単純な１ｋＨｚ（キロヘルツ）トーンを用いることができる。同一または異なる実施例では、信号は、電力インフラの１つまたは複数の導体に投入された振幅変調電圧からなる。別の実施形態では、信号は、電力インフラから引き出された振幅変調電流からなる。さらなる実施形態では、信号は、周波数変調電圧または電流からなる。ある実施形態では、演算ユニット１２０は、信号の送信機として指定可能であり、較正デバイス１８０は、受信機として設計可能である。較正デバイス１８０が電気コンセントに差し込まれると、ユーザ通信デバイス１８４は、第１のデバイスによって送信されている信号の存在を検出できなければ、緑色ＬＥＤを点灯してもよい。較正デバイス１８０および演算ユニット１２０が別々の位相分岐に連結される場合には、較正デバイス１８０および演算ユニット１２０は、他方によって電力インフラに配置された信号を検出することができない。

【０１１１】

較正デバイス１８０が信号を検出すると、２つの較正デバイスが同じ位相にあることを、赤色ライトが示してもよい。この時点で、ユーザは、較正デバイス１８０または演算ユニット１２０の一方を別の電気コンセントに移動させるように指示を受けることができる。さらに別の実施形態では、信号インジェクタおよび／または受信機を含む通信モジュール２２１および２８１の代わりに、通信モジュール２２１および２８１は、較正デバイス１８０および演算ユニット１２０が電力インフラ上で通信可能となるように、電力線通信（ＰＬＣ）モジュールを含んでもよい。

【０１１２】

別の実施形態に移り、図１８は、ある実施形態による電気監視システムの較正方法１８００の一実施形態のフローチャートを示す。方法１８００は、単なる例示であり、本明細書に提示される実施形態に限定されるものではない。方法１８００は、本明細書に具体的に描写または記載されていない多くの様々な実施形態または実施例において用いることができる。一部の実施形態では、方法１８００の作業、プロシージャ、および／またはプロセスは、提示された順序で行うことができる。他の実施形態では、方法１８００の作業、プロシージャ、および／またはプロセスは、その他の適切な順序で行うことができる。さらに他の実施形態では、方法１８００の作業、プロシージャ、および／またはプロセスの１つまたは複数を、組み合わせる、または省略することができる。

【０１１３】

方法１８００は、一般的な検出デバイスの較正方法を記述していると見なすことができ

る。この方法は、図２０の方法２０００における構造物の電力インフラにおいて予測電流の計算に使用可能な１つまたは複数の較正係数の決定を伴い得る。以下に説明する方法を用いることにより、以下の点：（ａ）主電力導体１９３および１９４から識別可能な信号がほとんど測定されないほど、電流センサ２１１（図２）が、主電力導体１９３および１９４（図１）から離れて配置されている場合、および（ｂ）全ての電流センサ２１１（図２）が中性電力導体１９５（図１）の非常に近くに配置され、電力導体１９３および１９４からは離れて配置される場合を除き、パネル１９６（図１）上の検出デバイス１１０（図１）の位置とは無関係に、較正係数を正確に計算することができる。

【０１１４】

図１８の方法１８００は、１つまたは複数の第１の基準測定値の獲得および保存の作業１８６０を含む。一部の実施例では、検出デバイス１１０（図２）を使用して、電流センサ２１１（図２）を用いて第１の基準測定値を得ることができる。これらの第１の基準測定値は、電力を引き出している電気デバイスによる、電力導体１９３または１９４（図１）の少なくとも１つを流れる公称電流を含み得る。さらに、各センサ（例えば、センサ６４１および６４２（図６）またはセンサ941_1、941_2、・・・941_N（図９））において、振幅および位相の測定を行うことができる。各振幅示度数Ｌは、L_{old-N}の名称で保存され、各位相示度数Ｑは、Q_{old-N}の名称で保存され、Ｎは、センサの数である。一部の実施例では、第１の基準測定は、第１の位相分岐および第２の位相分岐の両方に対して行われる。

【０１１５】

一部の実施例では、作業１８６０は、電圧の振幅および位相角の決定も含む。電圧の位相角の使用は、電流の位相角の計算に役立てることができる。一部の実施例では、図２の電圧センサ２２８を用いて、電圧の位相角を決定することができる。

【０１１６】

続いて、図１８の方法１８００は、第１の既知の較正負荷を第１の位相分岐に一時的に連結する作業１８６１を含む。一部の実施例では、較正デバイス１８０（図１および図１１）は、それぞれ図１１、図１４、図１５、図１６、および図１７のスイッチド負荷１１０５、１４０５、１５０５、１６０５、または１７０５において較正負荷の１つを連結可能である。

【０１１７】

次に、図１８の方法１８００は、第１の位相分岐上で１つまたは複数の第１の較正測定値を獲得および保存する作業１８６２を含む。一部の実施例では、検出デバイス１１０（図２）を用いて、電流センサ２１１（図２）から第１の較正測定値を得ることができる。一部の実施例では、それぞれ図１１、図１４、図１５、図１６、および図１７のスイッチド負荷１１０５、１４０５、１５０５、１６０５、または１７０５からの既知の較正負荷が第１のフレーズ分岐（例えば、図１５～図１７の線路１）に連結された状態で、第１の較正測定が行われる。この第１の既知の較正負荷は、既知の電流L_{cal-1}を引き出す。これらの第１の較正測定値には、電力を引き出す電気器具および第１の既知の較正負荷による電力導体１９３または１９４（図１）の少なくとも１つを流れる公称電流が含まれ得る。

【０１１８】

例えば、各センサ（例えば、センサ６４１および６４２（図６）またはセンサ941_1、941_2、・・・941_N（図９））において、振幅および位相角の測定が行われる。各振幅示度数Ｌは、$L_{new-N-1}$等の名称で保存され、各位相角示度数Ｑは、$Q_{new-N-1}$等の名称で保存され、Ｎは、センサの数である。

【０１１９】

一部の実施例では、作業１８６２は、電圧の振幅および位相角の決定も含む。電圧の位相角の使用は、電流の位相角の計算に役立てることができる。一部の実施例では、図２の電圧センサ２２８を用いて、電圧の位相角を決定することができる。

【０１２０】

図１８の方法１８００は、第１の既知の較正負荷を切り離し、第２の既知の較正負荷を第２の位相分岐に一時的に連結する作業１８６３を継続する。一部の実施例では、較正デバイス１８０（図１および図１１）は、それぞれ図１４、図１５、および図１６のスイッチド負荷１４０５、１５０５、または１６０５において較正負荷の１つを連結可能である。一部の実施例では、第２の既知の較正負荷は、第２の位相分岐（例えば、図１５～図１７の線路２）に連結される。

【０１２１】

続いて、図１８の方法１８００は、第２の位相分岐上で第２の較正測定値を獲得および保存する作業１８６４を含む。一部の実施例では、検出デバイス１１０（図２）を用いて、電流センサ２１１（図２）から第２の較正測定値を得ることができる。これらの第２の較正測定値には、電力を引き出す電気器具および第２の既知の較正負荷による電力導体１９３または１９４（図１）の少なくとも１つを流れる公称電流が含まれ得る。一部の実施例では、既知の較正負荷が第２のフレーズ分岐（例えば、図１５～図１７の線路２）に連結された状態で、第２の較正測定が行われる。この第２の既知の較正負荷は、既知の電流L_{cal-2}を引き出す。

【０１２２】

例えば、各センサ（例えば、センサ６４１および６４２（図６）またはセンサ941_1、941_2、・・・941_N（図９））において、振幅および位相角の測定が行われる。各振幅示度数Ｌは、$L_{new-N-2}$の名称で保存され、各位相角示度数Ｑは、$Q_{new-N-2}$等の名称で保存され、Ｎは、センサの数である。

【０１２３】

一部の実施例では、作業１８６４は、電圧の振幅および位相角の決定も含む。電圧の位相角の使用は、電流の位相角の計算に役立てることができる。一部の実施例では、図２の電圧センサ２２８を用いて、電圧の位相角を決定することができる。

【０１２４】

次に、図１８の方法１８００は、電力導体１９３、１９４、および／または１９５（図１）から既知の較正負荷（すなわち第２の較正負荷）を切り離す作業１８６５を含む。

【０１２５】

図１８の方法１８００は、１つまたは複数の第２の基準測定値の獲得および保存の作業１８６６を継続する。一部の実施例では、検出デバイス１１０（図２）を使用して、電流センサ２１１（図２）から第２の基準測定値を得ることができる。この第２の基準測定値は、電力を引き出している電気器具による、電力導体１９３または１９４（図１）の少なくとも１つを流れる公称電流を含み得る。この第２の基準示度数の目的は、作業１８６１において観測された基準負荷が較正プロセス中に変化しなかったことを確かめることである。所定量の範囲内で、作業１８６６における測定値が１８６１からの測定値と等しければ、作業１８６６からの測定値は、廃棄可能である。作業１８６６における測定値が所定量外であれば、１８６１からの測定値は、廃棄可能である。他の実施例では、作業１８６６を省略することができる。

【０１２６】

一部の実施例では、作業１８６６は、電圧の振幅および位相角の決定も含む。電圧の位相角の使用は、電流の位相角の計算に役立てることができる。一部の実施例では、図２の電圧センサ２２８を用いて、電圧の位相角を決定することができる。

【０１２７】

続いて、図１８の方法１８００は、較正係数を決定する作業１８６７を含む。一部の実施例では、作業１８６７は、１つまたは複数のセンサ較正方程式を基準測定値および各較正測定値に当てはめることにより、検出デバイス１１０（図１）の較正係数を解き、検出デバイス１１０によって検出される少なくとも１つの導体において較正電流測定値が得られる。一部の実施例では、較正計算モジュール２２９（図２）は、以下のように較正係数を決定することができる。

【０１２８】

図１９は、第１の実施形態による、較正係数を決定する作業１８６７の実施形態例のフローチャートを示す。一部の実施例では、作業１８６７は、較正係数Q_M、K_1、K_2、Y_1、およびY_2、の計算を広く含み得る。他の実施例では、他の較正係数を決定することができる。

【０１２９】

図１９を参照し、作業１８６７は、第１の位相分岐に関する可能な較正係数を決定するプロシージャ１９７１を含む。一部の実施例では、各センサ１～Ｎ（Ｎは、電流センサにおけるセンサの数）ごとに、プロシージャ１９７１は、L_{old-N}、Q_{old-N}、L_{cal-1}、$L_{new-N-1}$、および$Q_{new-N-1}$を用いた、X_{N-1}およびQ_{M-N-1}の計算を含んでもよく、

$$X_{N-1}=[\sqrt{\{L_{old-N}{}^2+L_{new-N-1}{}^2-2*L_{old-N}*L_{new-N-1}*Cos(Q_{old-N}-Q_{new-N-1})\}}]/L_{cal-1}$$

および

$$Q_{M-N-1}=Q_{new-N-1}-Sin^{-1}[(L_{old-N}*Sin(Q_{old-N}-Q_{new-N-1}))/(X_{N-1}*L_{cal-1})]$$

である。

【０１３０】

さらに、一部の実施例では、$Q_{M-N-1}>180°$であれば、

$$Q_{M-N-1}=Q_{M-N-1}-180°$$

および

$$X_{N-1}=X_{N-1}*(-1)$$

である。

【０１３１】

図１９の作業１８６７は、第２の位相分岐に関する可能な較正係数を決定するプロシージャ１９７２を継続する。一部の実施例では、各センサ１～Ｎに関して、プロシージャ１９７２は、L_{old-N}、Q_{old-N}、L_{cal-2}、$L_{new-N-2}$、および$Q_{new-N-2}$を用いた、X_{N-2}およびQ_{M-N-2}の計算を含んでもよく、

$$X_{N-2}=[\sqrt{\{L_{old-N}{}^2+L_{new-N-2}{}^2-2*L_{old-N}*L_{new-N-2}*Cos(Q_{old-N}-Q_{new-N-2})\}}]/L_{cal-2}$$

および

$$Q_{M-N-2}=Q_{new-N-2}-Sin^{-1}[(L_{old-N}*Sin(Q_{old-N}-Q_{new-N-2}))/(X_{N-2}*L_{cal-2})]$$

である。

【０１３２】

さらに、一部の実施例では、$Q_{M-N-2}>180°$であれば、

$$Q_{M-N-2}=Q_{M-N-2}-180°$$

および

$$X_{N-2}=X_{N-2}*(-1)$$

である。

【０１３３】

続いて、図１９の作業１８６７は、測定値の有効性をチェックするプロシージャ１９７３を含む。プロシージャ１９７３では、センサ１～Ｎの各々に関して、所定の許容範囲（例えば、０．１％、１％、５％、１０％、または２０％）内で、$Q_{M-N-1}=Q_{M-N-2}$であれば、そのセンサの測定値は維持される。所定の許容範囲内で$Q_{M-N-1}\neq Q_{M-N-2}$であれば、そのセンサの位相角は廃棄される。

【０１３４】

次に、図１９の作業１８６７は、プロシージャ１９７３で廃棄されなかったセンサのQ_{M-N-1}に関する統計モードQ_{mode}を決定するプロシージャ１９７４を含む。一部の実施例では、統計モードは、プロシージャ１９７３で廃棄されなかったセンサに関して所定許容範囲内で最も頻繁に生じる位相角である。

【０１３５】

図１９の作業１８６７は、較正係数の第１の部分を決定するプロシージャ１９７５を継続する。一部の実施例では、プロシージャ１９７５は、残りのセンサから、最も高い値X_{N-1}を有するセンサを選択し、$X_{N-1}=K_1$および$X_{N-2}=K_2$およびQ_{M-N-

$_{1}$＝Q_{M-K}を割り当てることを含む。この選択されたセンサは、これよりセンサＫと称する。センサＫは、作業１８６７の残りの部分に関して利用可能なセンサの候補リストから廃棄可能である。

【０１３６】

続いて、図１９の作業１８６７は、較正係数の第２の部分を決定するプロシージャ１９７６を含む。一部の実施例では、プロシージャ１９７６は、残りのセンサから、最も高い値X_{N-2}を有するセンサを選択し、X_{N-2}＝Y_{1}およびX_{N-2}＝Y_{2}およびQ_{M-N-2}＝Q_{M-Y}を割り当てることを含む。この選択されたセンサは、これよりセンサＹと称する。

【０１３７】

次に、図１９の作業１８６７は、較正係数の第３の部分を決定するプロシージャ１９７７を含む。一部の実施例では、Q_{M}は、

Q_{M}＝［Q_{M-Y}＋Q_{M-K}］／２で計算される。

【０１３８】

上記の較正係数の決定に使用される公式の例は、例示にすぎない。他の実施例では、他の公式（例えば、一次、非線形、二次、および／または反復方程式）を用いて、同一または異なる較正係数を計算することができる。

【０１３９】

例えば、検出デバイスは、ただ１つのセンサを用いて較正（および予測電流の決定）を行うことができる。この実施例では、センサは、主電力導体１９３および１９４（図１）からの磁場がセンサにおいて対称的である位置に配置される。すなわち、主電力導体１９３および１９４（図１）からの磁場は、センサにおいて対称的である。さらに、この実施例では、センサＺは、中性戻り導体を表す主電力導体１９５（図１）からの磁場が小さく、無視できる位置にある。

【０１４０】

磁場が対称的であるこの時点のセンサを、センサＺと呼ぶこととする。この実施例では、センサＺにおいて測定された電流は、

L_{Z}＝K_{Z}＊$L_{predicted}$に等しい。

式中、L_{Z}は、センサＺによって測定された電流であり、K_{Z}は、定数であり、$L_{predicted}$は、第１の位相分岐および第２の位相分岐における一体化した予測電流である。

【０１４１】

この実施例では、作業１８６０または１８６６でセンサＺにおいて得られた基準電流測定値は、$L_{Z-baseline}$として保存されてもよい。センサＺにおいて得られた第１の較正測定値は、L_{Z-cal}に保存されてもよく、第１の既知の較正負荷の電流は、ΔＰでもよい。この実施例では、K_{Z}は、

K_{Z}＝（L_{Z-cal}－$L_{Z-baseline}$）／ΔＰで計算可能である。

【０１４２】

他の実施例では、３つ以上の較正測定値を必要とする他の較正方程式を使用することができる。これらの実施例では、必要数の較正点を得るために、異なる較正負荷を用いて、必要な回数だけ作業１８６１～１８６６（図１８）を繰り返してもよい。

【０１４３】

プロシージャ１９７７の完了後に、較正係数を計算する作業１８６７が完了する。

【０１４４】

再び図１８を参照し、図１８の方法１８００は、較正係数を保存する作業１８６８を継続する。一部の実施例では、較正係数は、図１および図２の演算ユニット１２０のメモリ２２６に保存可能である。同一または異なる実施例では、較正係数は、図１の検出デバイス１１０および／または較正デバイス１８０のメモリに保存可能である。さらに他の実施形態では、較正係数は、保存および使用のためにリモートサーバに送信可能である。作業１８６８後に、方法１８００が完了する。

【０１４５】
図２０は、電力導体の予測電流を決定する方法２０００の一実施形態のフローチャートを示す。方法２０００は、例示に過ぎず、本明細書に提示された実施形態に限定されるものではない。方法２０００は、本明細書に具体的に描写または記載されていない多くの様々な実施形態または実施例において用いることができる。一部の実施形態では、方法２０００の作業、プロシージャ、および／またはプロセスは、提示された順序で行うことができる。他の実施形態では、方法２０００の作業、プロシージャ、および／またはプロセスは、その他の適切な順序で行うことができる。さらに他の実施形態では、方法２０００の作業、プロシージャ、および／またはプロセスの１つまたは複数を、組み合わせる、または省略することができる。

【０１４６】
方法２０００は、電力導体に使用される予測電力（および／または電流）を決定する一般的な方法を記載する。この方法は、幾つかの所定の較正係数（図１８の方法１８を参照）を用いた、構造物の電力インフラにおける予測電流の決定を伴う。以下に説明する方法を用いて、以下の点：（ａ）識別可能な信号がほとんど測定されないほど、電流センサ２１１（図２）が、主電力導体１９３および１９４（図１）から離れて配置されている場合、および（ｂ）全ての電流センサ２１１（図２）が中性電力導体１９５（図１）の非常に近くに配置され、電力導体１９３および１９４からは離れて配置される場合を除き、パネル１９６（図１）上の検出デバイス１１０（図１）の位置とは無関係に、予測電流を正確に計算することができる。一部の実施例では、方法２０００は、電力インフラの各分岐（例えば、第１および第２の位相分岐）上における予測電流$L_{1-predicted}$および$L_{2-predicted}$（電力を供給する電気ユーティリティによって報告されるような）の計算を広く含み得る。

【０１４７】
一部の実施例では、図１８の方法１８００および方法２０００を組み合わせることにより、消費電力測定デバイスを用いる方法を生み出すことができる。代替的に、方法２０００と組み合わせられた図１８の方法１８００は、電力導体の予測電流（および／または電力）の決定方法と見なすことができる。これらの実施形態では、方法１８００は、較正係数を決定するために一度行うことが可能で、方法２０００は、様々な時点の構造物の負荷によって使用される予測電流（および／または電力）を決定するために、繰り返し以前となることが可能である。

【０１４８】
図２０を参照し、方法２０００は、第１の電流センサを用いて第１の組の測定を行う作業２０６１を含む。様々な実施形態において、電流センサ２１１（図２）の１つを用いて、第１の組の測定を行うことができる。一部の実施例では、作業２０６１は、センサＫにおける振幅および位相角の測定を含んでもよい。振幅の示度数は、L_Kの名称で保存されてもよく、位相角示度数は、Q_Kの名称で保存されてもよい。

【０１４９】
一部の実施例では、作業２０６１は、電圧の振幅および位相角の決定も含む。電圧の位相角の使用は、電流の位相角の計算に役立てることができる。一部の実施例では、図２の電圧センサ２２８を用いて、電圧の位相角を決定することができる。

【０１５０】
続いて、図２０の方法２０００は、第２の電流センサを用いて第２の組の測定を行う作業２０６２を含む。様々な実施形態において、電流センサ２１１（図２）の１つを用いて、第１の組の測定を行うことができる。一部の実施例では、作業２０６３は、センサＹにおける電流の振幅および位相角の測定を含んでもよい。振幅の示度数は、L_Yの名称で保存されてもよく、位相角示度数は、Q_Yの名称で保存されてもよい。

【０１５１】
一部の実施例では、作業２０６２は、電圧の振幅および位相角の決定も含む。上記のように、電流の位相角は、センサによって測定された位相角から電圧の位相角を引いたもの

に等しい。一部の実施例では、図２の電圧センサ２２８を用いて、電圧の位相角を決定することができる。

【０１５２】

次に、図２０の方法２０００は、第１の位相分岐で使用される予測電力を決定する作業２０６３を含む。一部の実施例では、作業２０６３は、較正係数Q_M、K_1、K_2、Y_1、およびY_2を用いた、第１の位相分岐の振幅L_1および第１フレーズ分岐の位相角Q_1の決定を含んでもよく、

$$L_1 = [\sqrt{\{(L_K/K_2)^2 + (L_Y/Y_2)^2 - 2*(L_K/K_2)*(L_Y/Y_2)*Cos(Q_K - Q_Y)\}}] / [(K_1/K_2) - (Y_1/Y_2)]$$

および

$$Q_1 = Tan^{-1}[\{(L_K/K_2)*Sin(Q_K - Q_M) - (L_Y/Y_2)*Sin(Q_Y - Q_M)\} / \{(L_K/K_2)*Cos(Q_K - Q_M) - (L_Y/Y_2)*Cos(Q_Y - Q_M)\}]$$

である。

【０１５３】

一部の実施例では、第１の位相分岐における予測電力$P_{1-predicted}$は、電気ユーティリティによって報告されるような第１のフレーズ分岐の電力でもよい。一部の実施形態では、第１の位相分岐における予測電流$L_{1-predicted}$は、

$P_{1-predicted} = V*L_1*Cos(Q_1)$である。

式中、Ｖは、作業２０６２で測定された電圧である。

【０１５４】

図２０の方法２０００は、第２の位相分岐で使用される予測電力を決定する作業２０６４を継続する。一部の実施例では、作業２０６４は、較正係数Q_M、K_1、K_2、Y_1、およびY_2を用いた、第２の位相分岐の振幅L_2および第２のフレーズ分岐の位相角Q_2の決定を含んでもよく、

$$L_2 = [\sqrt{\{(L_K/K_1)^2 + (L_Y/Y_1)^2 - 2*(L_K/K_1)*(L_Y/Y_1)*Cos(Q_K - Q_Y)\}}] / [(K_2/K_1) - (Y_2/Y_1)]$$

および

$$Q_2 = Tan^{-1}[\{(L_K/K_1)*Sin(Q_K - Q_M) - (L_Y/Y_1)*Sin(Q_Y - Q_M)\} / \{(L_K/K_1)*Cos(Q_K - Q_M) - (L_Y/Y_1)*Cos(Q_Y - Q_M)\}]$$

である。

【０１５５】

一部の実施例では、第２の位相分岐における予測電力$P_{2-predicted}$は、電気ユーティリティによって報告されるような第２のフレーズ分岐の電力でもよい。一部の実施形態では、第２の位相分岐における予測電流$P_{2-predicted}$は、

$P_{2-predicted} = V*L_2*Cos(Q_2)$である。

式中、Ｖは、作業２０６２で測定された電圧である。

【０１５６】

検出デバイスが、ただ１つのセンサＺを用いる第２の実施例では、予測電力$P_{predicted}$の決定は、比較的単純である。この実施例では、センサＺは、主電力導体１９３および１９４（図１）からの磁場がセンサＺにおいて対称的である位置に配置され、センサＺは、主電力導体１９５（図１）からの磁場が小さく、無視できる位置にある。この実施例では、センサＺにおいて測定される電力は、

$P_{predicted} = V*L_Z/K_Z$で計算することができる。

式中、Ｖは、作業２０６２で測定された電圧であり、L_Zは、作業２０６１でセンサＺによって測定された電流であり、K_Zは、定数（図１８の作業１８６７において既に決定済み）である。

【０１５７】

図２０の方法２０００は、第１および第２の位相分岐の予測電流を使用および／または報告する作業２０６５を継続する。総予測電力$P_{predicted}$は、第１のフレーズ分岐の予測電力および第２のフレーズ分岐の予測電力の合計：

$P_{predicted}=P_{2-predicted}+P_{1-predicted}$である。

【０１５８】

一部の実施例では、構造物内の負荷によって使用される電力（すなわち、$P_{predicted}$）は、演算ユニット１２０（図１および図２）のユーザ通信デバイス１３４上でユーザに対して表示可能である。他の実施例では、使用された電力（および／または予測電流）は、電力を供給する電気ユーティリティに伝達可能である、あるいは、他の事業体に報告可能である。

【０１５９】

さらに他の実施形態では、予測電流は、観測された電流および電圧間の階段状変化および位相角に基づいて、負荷を個別単位に分ける際に使用することができる。演算ユニット１２０は、階段状変化（電流の増加または減少）を決定し、構造物内の１つまたは複数の電気デバイスにそれを割り当てることにより、その使用を示すことができる。さらなる分割は、各位相分岐上の電流データから１２０Ｖおよび２４０Ｖの電気器具の存在を観測することによって達成可能である。電流の階段状変化の総計に加えて、個々の位相分岐上の階段状変化は、さらに、異なる負荷または電気器具（すなわち、建物内の異なる場所に設置された同様の負荷）の存在を特定する。デバイスの内部リアクタンスによって観測される位相角の変化により、誘導負荷（すなわち、ファン、モータ、電子レンジ、コンプレッサ）の特定が可能となる。予測リアクタンスは必要とされないが、むしろ、先験的にデバイスと関連する限り、観測された生の位相角で十分である。一部の実施例では、電力インフラの電流消費量の一時的変化は、住居の電気器具を特徴付け得るデバイスの起動特性の性質であり得る。この技術は、既知の起動特徴のライブラリに対してテンプレート照合を用いることにより、未知の負荷を分類することに関与する。この特徴空間は、デバイスの重複するカテゴリーの影響をはるかに受けにくく、類似した負荷特性を持つ多くのデバイスを分けることができる。例えば、類似した実および無効電力消費を持つ２つのモータは、非常に異なる起動特性を示し得るので、個別単位に分けることができる。この手法は、大電流負荷を消費する、または少なくとも起動時に大電流を消費する電気デバイスに適し得る。これらの作業を用いて、電力インフラの負荷を個別単位に分けることができる。

【０１６０】

作業２０６５後に、方法２０００が完了する。

【０１６１】

図２１は、一実施形態による、主電力導体１９３、１９４、および１９５（図１）に対する２つの電流センサの第１の位置の一例を示す。図２１に示される２つの電流センサの位置は、図１８の較正方法１８００および図２０の電流決定方法２０００のテストに用いられたものである。主電力導体１９３、１９４、および１９５（図１）に連結された負荷のスイッチを、ランダムにオンおよびオフにした。負荷のスイッチをランダムにオンおよびオフにしながら、電流モニタを用いて、実際の電流の監視を行った。２つの電流センサを用いて測定を行った後に、図１８および図２０の方法１８００および２０００を用いて、予測電流の計算も行った。図２２は、測定電流に対する、図１８および図２０の方法による予測電流の比較グラフを示す。図２２に示されるように、予測電流は、測定電流を綿密に反映する。

【０１６２】

図２３は、一実施形態による、主電力導体１９３、１９４、および１９５（図１）に対する２つの電流センサの第２の位置の一例を示す。図２３に示される２つの電流センサの位置もまた、図１８の較正方法１８００および図２０の電流決定方法２０００のテストに用いられたものである。主電力導体１９３、１９４、および１９５（図１）に連結された負荷のスイッチを、ランダムにオンおよびオフにした。負荷のスイッチをランダムにオンおよびオフにしながら、電流モニタを用いて、実際の電流の監視を行った。２つの電流センサを用いて測定を行った後に、方法１８００および２０００を用いて、予測電流の計算も行った。図２４は、測定電流に対する、図１８および図２０の方法による予測電流の比

較グラフを示す。図２４に示されるように、予測電流は、測定電流を綿密に反映する。

【０１６３】

具体的な実施形態に関連して、本発明の説明を行ったが、本発明の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更を行い得ることは当業者には理解されるであろう。従って、本発明の実施形態の開示は、本発明の範囲の例示を意図したものであり、限定を意図したものではない。本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲が求める範囲にのみ限定されるものとする。例えば、図１８の作業１８６０、１８６１、１８６２、１８６３、１８６４、１８６５、１８６６、１８６７、および１８６８、図１７のプロシージャ１９７１、１９７２、１９７３、１９７４、１９７５、１９７６、および１９７７、および図２０の作業２０６１、２０６２、２０６３、２０６４、および２０６５は、多くの異なる作業やプロシージャから構成可能であり、多くの異なるモジュールを用いて、多くの異なる順序で行うことが可能であり、図１のいずれの要素も変更可能であり、これらの実施形態の幾つかの上記の説明は、全ての可能な実施形態の完全な記載を必ずしも表していないことが当業者には容易に明らかとなるであろう。

【０１６４】

ある特定の請求項において請求される全ての要素は、その特定の請求項において請求される実施形態に必須のものである。その結果、１つまたは複数の請求要素の差し替えは、修正ではなく再構築を成す。さらに、利益、他の利点、および課題の解決法の記載を特定の実施形態に関して行った。しかしながら、利益、利点、課題の解決法、および利益、利点、または解決法を生じさせる、あるいは、より顕著にし得るいずれの１つまたは複数の要素も、そのような利益、利点、解決法、または要素が請求項に記載されない限り、何れか１つまたは全ての請求項の重要、必要、または必須の特徴または要素として見なされるものではない。

【０１６５】

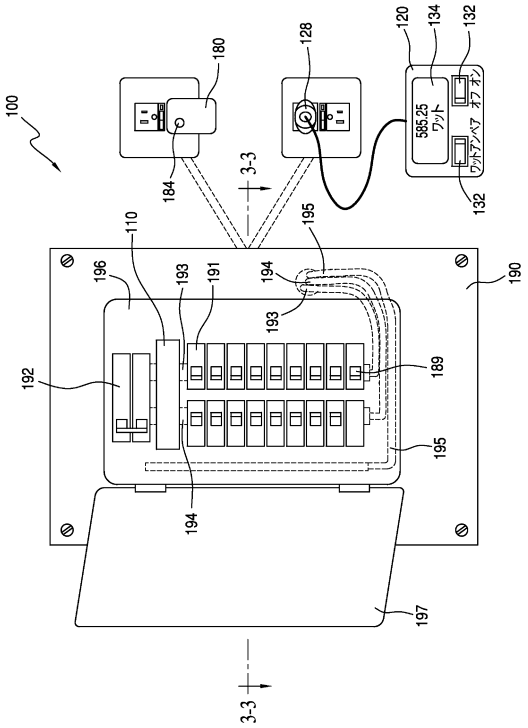
さらに、本明細書に開示の実施形態および限定は、実施形態および／または限定が、（１）特許請求の範囲において明白に請求されていない場合、および（２）均等論の下、特許請求の範囲における明白な要素および／または限定の均等物、あるいは潜在的な均等物である場合には、解放の原則の下、公衆に解放されない。

【符号の説明】

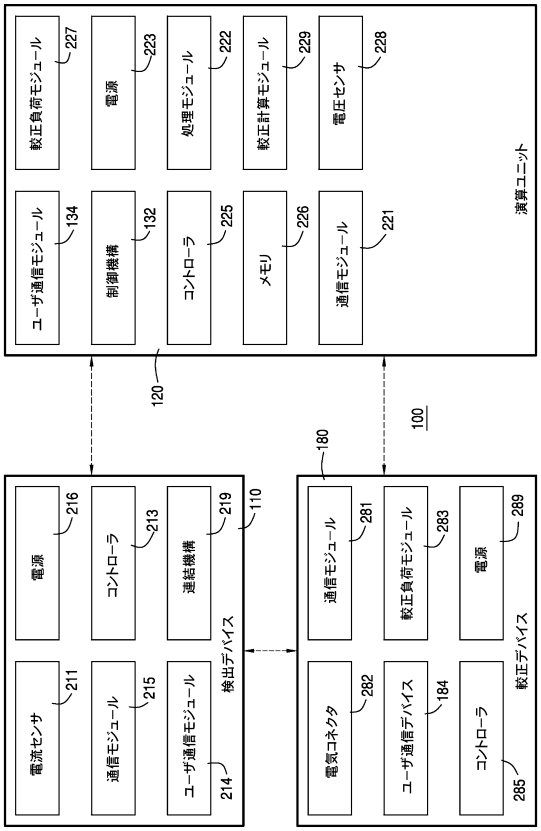
【０１６６】

１００　電力監視システム
１１０　検出デバイス
１２０　演算ユニット
１８０　較正デバイス
２１３，２２５，２８５　コントローラ
６１９　位相インジケータ
６５１　位相検出器
９５５，９５６　マルチプレクサ

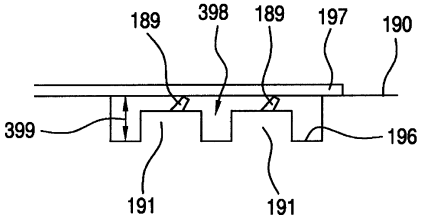
【図１】


100
180
128
120
134
132
585.25
ワット
ワットアンペア
オフオン
184
3-3
132
110
195
196
193
191
194
190
192
189
197

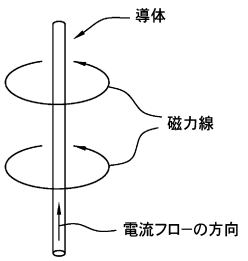
【図２】


較正負荷モジュール
227
電源
223
処理モジュール
222
較正計算モジュール
229
電圧センサ
228
ユーザ通信モジュール
134
制御機構
132
コントローラ
225
メモリ
226
通信モジュール
221
演算ユニット
120
100
180
電源
216
コントローラ
213
連結機構
219
110
電流センサ
211
通信モジュール
215
ユーザ通信モジュール
214
検出デバイス
通信モジュール
281
較正負荷モジュール
283
電源
289
電気コネクタ
282
ユーザ通信デバイス
184
コントローラ
285
較正デバイス

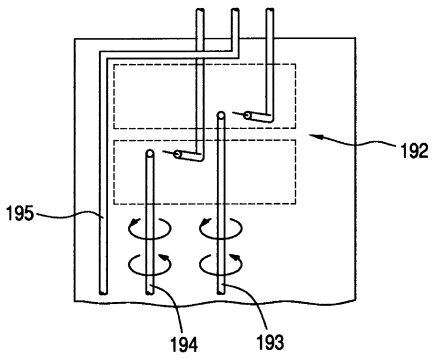
【図３】


189
398
189
197
190
399
196
191
191

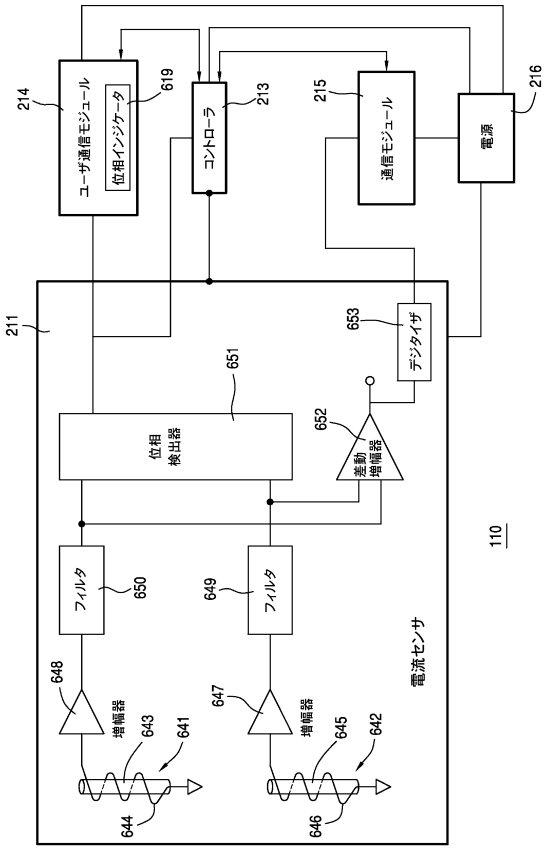
【図４】


導体
磁力線
電流フローの方向

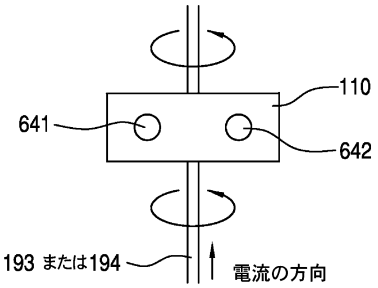
【図５】


192
195
194
193

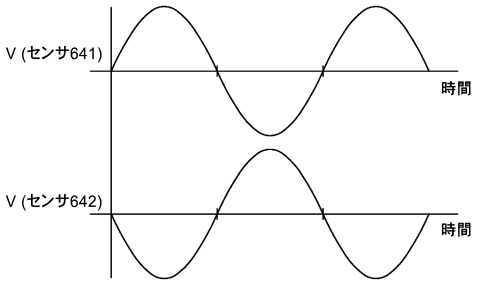
【図６】


214
ユーザ通信モジュール
位相インジケータ
619
コントローラ
213
215
通信モジュール
216
電源
211
653
デジタイザ
651
位相検出器
652
差動増幅器
110
フィルタ
650
649
フィルタ
電流センサ
648
増幅器
643
641
647
増幅器
645
642
644
646

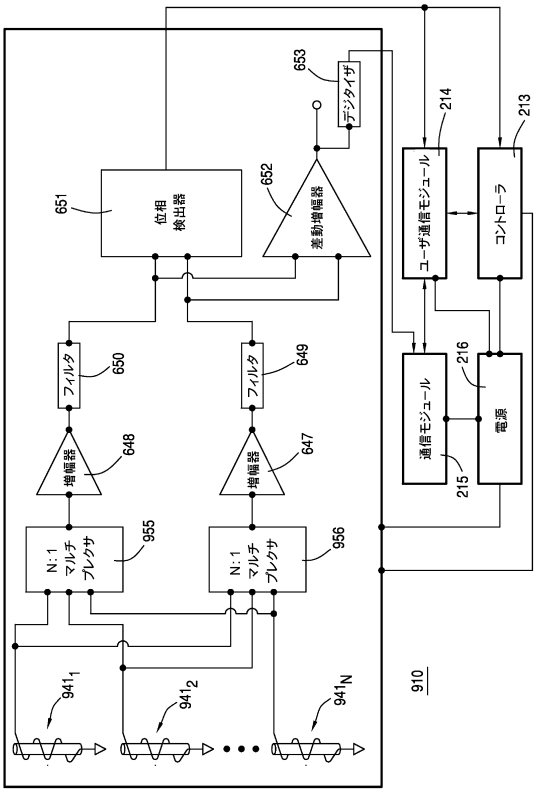
【図７】


110
641
642
193 または194
電流の方向

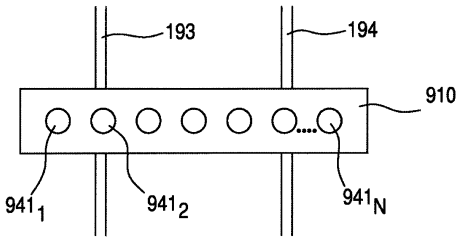
【図８】


V (センサ641)
時間
V (センサ642)
時間

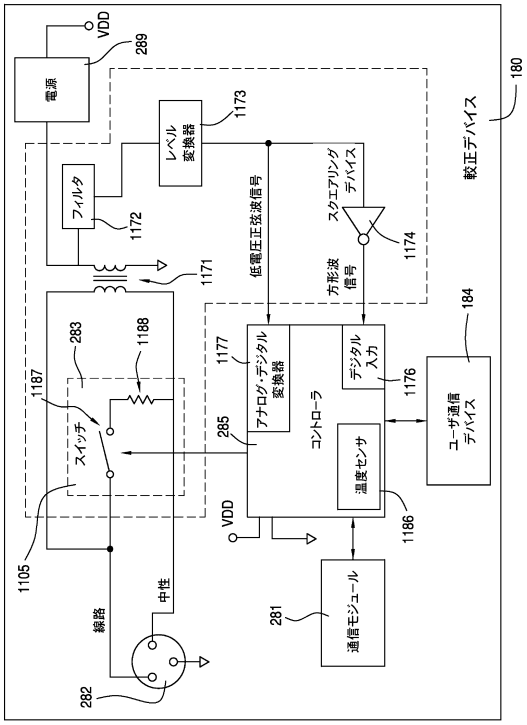
【図９】


653
デジタイザ
214
213
651
位相検出器
652
差動増幅器
ユーザ通信モジュール
コントローラ
フィルタ
650
649
フィルタ
216
通信モジュール
電源
215
648
増幅器
647
増幅器
N:1 マルチプレクサ
955
N:1 マルチプレクサ
956
941 1
941 2
941 N
910

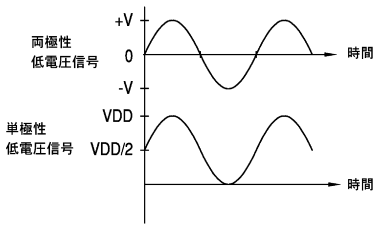
【図１０】



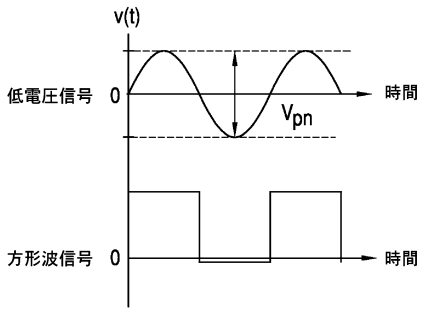
【図１１】



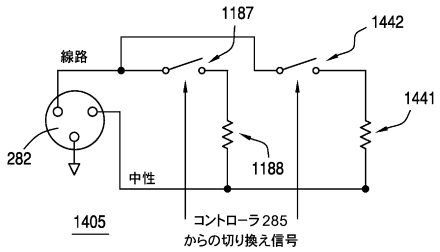
【図１２】



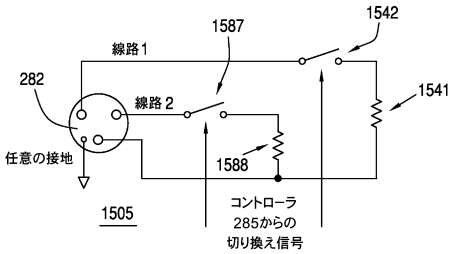
【図１３】



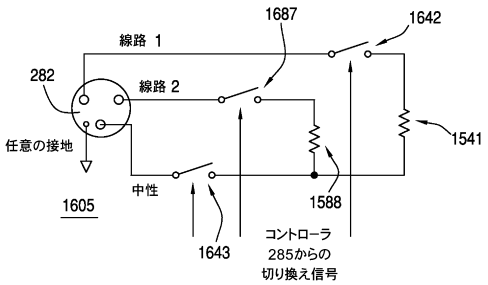
【図１４】



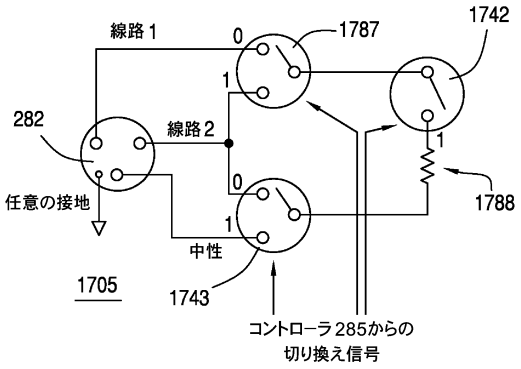
【図１５】



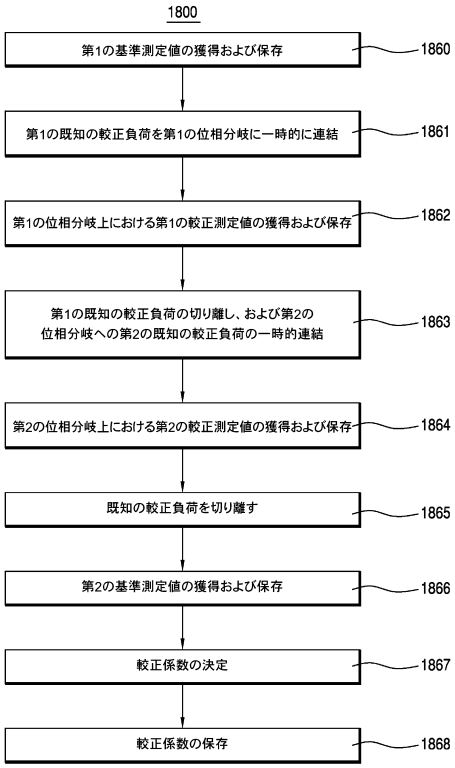
【図１６】



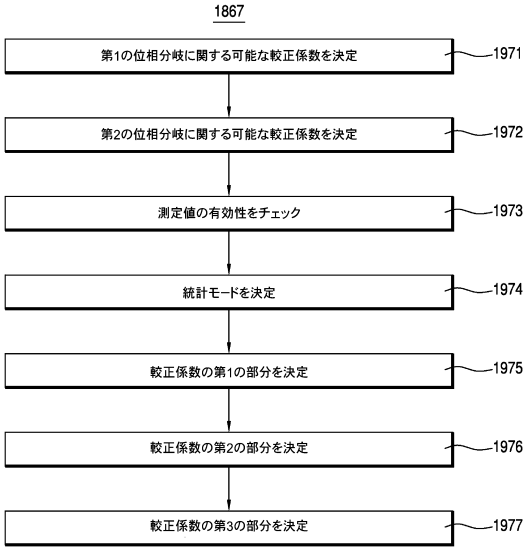
【図１７】



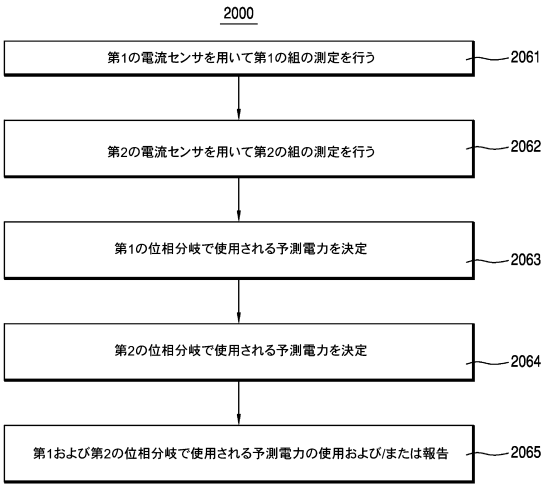
【図１８】



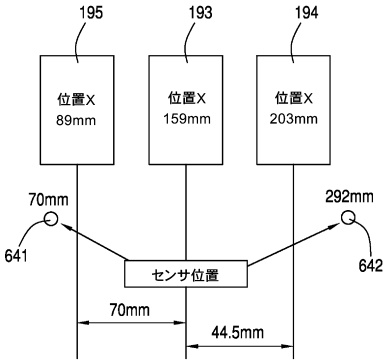
【図１９】



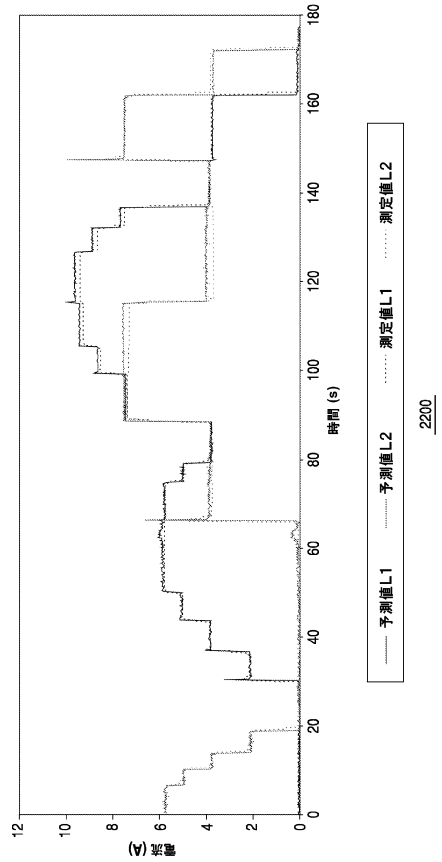
【図２０】



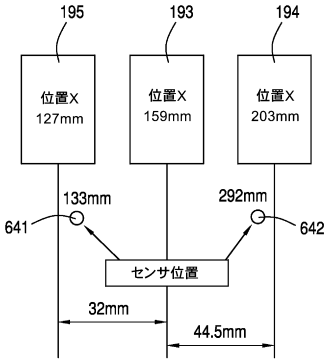
【図２１】



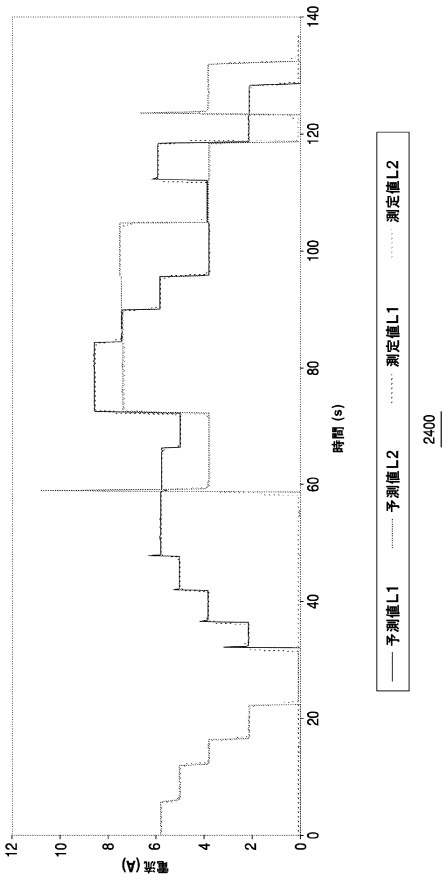
【図２２】


電流 (A)
時間 (s)
予測値L1
予測値L2
測定値L1
測定値L2
2200

【図２３】


195
193
194
位置X
127mm
位置X
159mm
位置X
203mm
133mm
292mm
641
642
センサ位置
32mm
44.5mm

【図２４】


電流 (A)
時間 (s)
予測値L1
予測値L2
測定値L1
測定値L2
2400

フロントページの続き

(51)Int.Cl. FI
G01R 15/20 C

(74)代理人 100099106
弁理士 本城 吉子
(72)発明者 ペテル, シュウェタック, エヌ
アメリカ合衆国 ワシントン州 ９８１１５ シアトル ノースイースト・９４ス・ストリート３２３９
(72)発明者 グプタ, シドハント
アメリカ合衆国 ワシントン州 ９８１１５ シアトル イースト・グリーン・レイク・ウェイ・ノース６９００ ナンバー３２３
(72)発明者 レイノルズ, マシュー, エス
アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 ２７７０５ ダーハム エングルウッド・アベニュー２３２２
(72)発明者 ヨギースワラン, カーシク
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９０４０１ サンタ・モニカ フィフス・ストリート１４５０, アパートメント２０６

審査官 永井 皓喜

(56)参考文献 米国特許第６６１４２１１（ＵＳ, Ｂ１）
特開２００４－２１９３６５（ＪＰ, Ａ）
実開平７－１２９７６（ＪＰ, Ｕ）
国際公開第０１／５０１４２（WO, Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｇ０１Ｒ １９／００
Ｇ０１Ｒ １５／２０
Ｇ０１Ｒ ２１／０６
Ｇ０１Ｒ ３３／０２
Ｇ０１Ｒ ３５／００