(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2012-177571
(P2012-177571A)
(43)公開日　平成24年9月13日(2012.9.13)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
G01R 21/133	(2006.01)	G01R	21/133	D
G01R 22/00	(2006.01)	G01R	22/00	13OF

審査請求 未請求　請求項の数 2　OL　（全 12 頁）

(21)出願番号　特願2011-39632(P2011-39632)
(22)出願日　平成23年2月25日(2011.2.25)

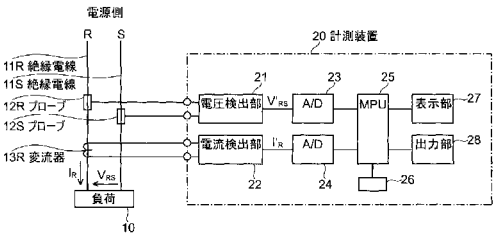
(71)出願人　591001525
株式会社日立エレクトリックシステムズ
茨城県日立市東金沢町１丁目１５番２５号
(71)出願人　504203572
国立大学法人茨城大学
茨城県水戸市文京２丁目１番１号
(74)代理人　100074631
弁理士　高田　幸彦
(72)発明者　船渡　卓
茨城県ひたちなか市大字足崎字西原１４５０番地　株式会社日立エレクトリックシステムズ内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】交流電力測定装置

(57)【要約】
【課題】電圧検出手段により非接触で検出する絶縁電線の電圧値と、変流器で検出する電流値とを用いて、平均電力を希望する検出誤差の範囲に収めて計測できる交流電力測定装置を提供する。
【解決手段】絶縁電線１１R、１１Sの絶縁被覆１１R２、１１S２の外面に、それぞれ電極１２R２、１２S２が作る静電容量を予めで求められ値にするプローブ１２R、１２Sを配置し、絶縁電線１１Rに変流器１３Rを配置する。検出した交流電圧値と交流電流値を用いて演算する計測装置２０を備えており、これはプローブ１２R、１２Sに接続する入力抵抗と検出抵抗を含む分圧抵抗回路及びこの分圧電圧信号を作動増幅する作動増幅回路を含んでいる電圧検出部２１と、変流器の電流を検出する電流検出部２２と、各信号をそれぞれ変換するアナログ／デジタル変換器２３、２４と、これからの信号を基に交流電力を演算する演算処理装置とを少なくとも有している。
【選択図】図１

図　1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
通電導体に絶縁被覆を施した絶縁電線に印加された交流電圧を検出する電圧検出手段と、絶縁電線の通電導体に流れる電流を検出する変流器と、前記電圧検出手段で検出した交流電圧値と前記変流器で検出した交流電流値を用いて演算する計測装置を有する交流電力測定装置において、前記電圧検出手段は、２線の各絶縁電線における絶縁被覆の外面にそれぞれ配置して非接触で交流電圧を検出するプローブを備え、かつ前記各プローブは絶縁物内に電極を内蔵させて前記電極が前記通電導体との間に作る静電容量をそれぞれ予め下式で求められる値に設定し、前記変流器は任意の１線の絶縁電線に配置し、前記計測装置は、前記各プローブに接続する入力抵抗と検出抵抗を含む分圧抵抗回路及び前記分圧抵抗回路からの電圧信号を作動増幅する作動増幅回路を含んで電圧を検出する電圧検出部と、前記変流器の電流を検出する電流検出部と、前記電圧検出部の電圧信号及び電流検出部からの電流信号をそれぞれ変換するアナログ／デジタル変換器と、前記各アナログ／デジタル変換器からの信号を基に交流電力を演算する演算処理装置とを少なくとも有したことを特徴とする交流電力測定装置。
$C \geqq 1 / \{\omega \tan\theta (R_A + R_B)\}$
ただし、Ｃはプローブの電極が通電導体との間に作る静電容量、ωは角速度、R_Aは分圧抵抗回路の入力抵抗、R_Bは分圧抵抗回路の検出抵抗、θは電圧検出信号の位相差である。
【請求項２】
通電導体に絶縁被覆を施した絶縁電線に印加された交流電圧を検出する電圧検出手段と、絶縁電線の通電導体に流れる電流を検出する変流器と、前記電圧検出手段で検出した交流電圧値と前記変流器で検出した交流電流値を用いて演算する計測装置を有する交流電力測定装置において、前記電圧検出手段は、３線の各絶縁電線における絶縁被覆の外面にそれぞれ配置して非接触で交流電圧を検出するプローブを備え、かつ前記各プローブは絶縁物内に電極を内蔵させて前記電極が前記通電導体との間に作る静電容量をそれぞれ予め下式で求められる値に設定し、前記変流器は任意の２線の絶縁電線にそれぞれ配置し、前記計測装置は、異なる２線の前記各プローブに接続する入力抵抗と検出抵抗を含む分圧抵抗回路及び前記分圧抵抗回路からの電圧信号を作動増幅する作動増幅回路を含んで電圧を検出する二つの電圧検出部と、前記各変流器の電流をそれぞれ検出する二つの電流検出部と、前記各電圧検出部の電圧信号及び各電流検出部からの電流信号を別々に変換するそれぞれ二つのアナログ／デジタル変換器と、前記各アナログ／デジタル変換器からの二つの電圧信号と二つの電流信号を基に交流電力を演算する演算処理装置とを少なくとも有したことを特徴とする交流電力測定装置。
$C \geqq 1 / \{\omega \tan\theta (R_A + R_B)\}$
ただし、Ｃはプローブの電極が通電導体との間で作る静電容量、ωは角速度、R_Aは分圧抵抗回路の入力抵抗、R_Bは分圧抵抗回路の検出抵抗、θは電圧検出信号の位相差である。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は交流電力測定装置に係り、特に検出誤差を希望する所定の範囲内に収めて平均電力を測定することのできる交流電力測定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
通常、線路の電力量は、計器用変圧器で検出した電圧信号と計器用変流器で検出した電流信号を演算手段で演算することによって、計測できることは良く知られている。電力量の計測にあたっては、計測誤差を考慮した構成にする必要があるため、種々の測定装置が提案されている。
【０００３】

例えば、特許文献１には、位相補正回路を使用する交流電力測定装置が提案されている。この特許文献１の交流電力測定装置では、測定対象の線路に計器用変圧器及び計器用変流器を設け、計器用変圧器で得られる二次電圧と計器用変流器で得られる二次電流を、Ｗ／Ｆコンバータの如き演算手段で乗算して計測電力を出力するものであって、アナログスイッチのオン抵抗と一端を接地するコンデンサから構成した位相補正回路を、計器用変流器と演算手段との間に介在させることにより、計器用変流器の一次電流の減少時に、二次電流の位相が進んだことで起こる電力量の計測誤差を補正している。

【０００４】

また、特許文献２には、変成器の電圧信号と変流器の電流信号との位相差を補正する交流電力装置が提案されている。この特許文献２の交流電力装置では、測定対象の線路に設ける変成器と変流器の二次側における電圧値と電流値を演算手段により演算して計測出力するときに、変成器と変流器の二次側に電圧信号と電流信号をそれぞれ矩形波に波形整形するゼロクロスコンパレータを有する位相差校正回路、及び電圧値と電流値を乗算演算する計測回路とを並列に設けている。この位相差校正回路と計測回路を並列に設けことで、電圧信号と変流器の電流信号との位相差を補正して電力値の計測精度を向上させている。

【０００５】

一方、特許文献３には、線路の絶縁被覆の材質や厚みに関係なく交流電圧を計測できる非接触型の交流電圧計測装置が提案されている。この特許文献３の交流電圧計測装置は、計測対象である電線の絶縁被覆の互いに離れた２点の表面を覆うように把持するクリップ形式の検出プローブを配置している。しかも、各検出プローブには絶縁被覆のインピーダンスよりも高いインピーダンスに設定された抵抗をそれぞれ直列に接続し、この各抵抗で非接触式のプローブ間の電圧を分圧した上、増幅して出力される電圧を演算する計測手段を有している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開２００５－１３４２１０号公報

【特許文献２】特開平８－６２２６１号公報

【特許文献３】特開２００１－１２４８０１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

上記特許文献１に記載の交流電力測定装置の場合、位相補正回路を用いて計器用変流器で得た二次電流の位相の進みに基づく電力量の計測誤差を補正しようとしても、二次電流の位相の遅れ誤差もあり、この場合には補正手段が全くない欠点がある。また、計器用変流器における二次電流の位相の進み誤差がどの程度かも明確でないから、位相補正回路のオン抵抗やコンデンサの値を決定することが難しい問題もある。

【０００８】

また、上記特許文献２に記載の交流電力測定装置の場合、位相差校正回路に備えるゼロクロスコンパレータによって、変成器の電圧信号と変流器の電流信号を矩形波に波形整形するものである。しかし、矩形波の波形整形はきれいな正弦波のときに成立するものの、現実の波形はノイズ等の影響によって波形が歪むようになる。変成器の電圧信号と変流器の電流信号が歪むのを避けるには、一般的にはフィルタ回路を挿入することで、波形を正弦波に近づけることが行われる。ところが、この場合には挿入するフィルタ回路の位相誤差が問題となって、現実的な解決手段ではなくなることになる。

【０００９】

また、特許文献１及び２交流電力測定装置では、測定対象の通電導体に直接計器用変圧器の一次側を接続して電圧検出するものであるから、対象の測定電圧を考慮した十分な絶縁構造とする必要がある。このため、非接触の電圧検出手段を用いて、通電導体の電圧を検出しても精度よく電力計測できるようにすることが望まれている。

【００１０】
しかしながら、非接触の電圧検出手段で行う通電導体の電圧検出では、負荷の容量で変わる負荷電流に伴って使用する絶縁電線の異なると、即ち絶縁被覆の厚みが増して直径寸法が異なった絶縁電線の場合、絶縁被覆の厚みで電圧検出手段の静電容量も変わる。このため、非接触の電圧検出手段で検出した電圧の位相差が変化してしまい、平均電力を希望する検出誤差の範囲に収まるように計測することが難しくなる問題が生じてくる。
【００１１】
本発明の目的は、絶縁電線の絶縁被覆の外周面に電圧検出手段を配置して非接触で検出する絶縁電線の電圧値と、変流器で検出する電流値とを用いて、平均電力を希望する検出誤差の範囲に収めて計測できる交流電力測定装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【００１２】
本発明の交流電力測定装置は、通電導体に絶縁被覆を施した絶縁電線に印加された交流電圧を検出する電圧検出手段と、絶縁電線の通電導体に流れる電流を検出する変流器と、前記電圧検出手段で検出した交流電圧値と前記変流器で検出した交流電流値を用いて演算する計測装置であって、電圧検出手段は、２線の各絶縁電線における絶縁被覆の外面にそれぞれ配置して非接触で交流電圧を検出するプローブを備え、かつ前記各プローブは絶縁物内に電極を内蔵させて前記電極が前記通電導体との間に作る静電容量をそれぞれ予め下式で求められる値に設定し、前記変流器は任意の１線の絶縁電線に配置し、前記計測装置は、前記各プローブに接続する入力抵抗と検出抵抗を含む分圧抵抗回路及び前記分圧抵抗回路からの電圧信号を作動増幅する作動増幅回路を含んで電圧を検出する電圧検出部と、前記変流器の電流を検出する電流検出部と、前記電圧検出部の電圧信号及び電流検出部からの電流信号をそれぞれ変換するアナログ／デジタル変換器と、前記各アナログ／デジタル変換器からの信号を基に交流電力を演算する演算処理装置とを少なくとも有したことを特徴としている。
【００１３】
また、本発明の交流電力測定装置は、通電導体に絶縁被覆を施した絶縁電線に印加された交流電圧を検出する電圧検出手段と、絶縁電線の通電導体に流れる電流を検出する変流器と、前記電圧検出手段で検出した交流電圧値と前記変流器で検出した交流電流値を用いて演算する計測装置であって、前記電圧検出手段は、３線の各絶縁電線における絶縁被覆の外面にそれぞれ配置して非接触で交流電圧を検出するプローブを備え、かつ前記各プローブは絶縁物内に電極を内蔵させて前記電極が前記通電導体との間に作る静電容量をそれぞれ予め下式で求められる値に設定し、前記変流器は任意の２線の絶縁電線にそれぞれ配置し、前記計測装置は、異なる２線の前記各プローブに接続する入力抵抗と検出抵抗を含む分圧抵抗回路及び前記分圧抵抗回路からの電圧信号を作動増幅する作動増幅回路を含んで電圧を検出する二つの電圧検出部と、前記各変流器の電流をそれぞれ検出する二つの電流検出部と、前記各電圧検出部の電圧信号及び各電流検出部からの電流信号を別々に変換するそれぞれ二つのアナログ／デジタル変換器と、前記各アナログ／デジタル変換器からの二つの電圧信号と二つの電流信号を基に交流電力を演算する演算処理装置とを少なくとも有したことを特徴としている。
上記静電容量を求める計算式は、$C \geqq 1 / \{\omega t a n \theta (R_A + R_B)\}$ である。
ただし、Ｃはプローブの電極が通電導体との間に作る静電容量、ωは角速度、R_Aは分圧抵抗回路の入力抵抗、R_Bは分圧抵抗回路の検出抵抗、θは電圧検出信号の位相差である。
【発明の効果】
【００１４】
本発明の交流電力測定装置によれば、絶縁被覆の厚みが異なって直径寸法の相違する２線式や３線式の絶縁電線であっても、絶縁被覆の外面に配置する電圧検出手段により非接触で検出する電圧と変流器で検出した電流を用いて、平均電力を希望する検出誤差の範囲に収めて計測することができ、しかも装置全体を複雑化することなく構成できる利点があ

る。
【図面の簡単な説明】
【００１５】
【図１】本発明の一実施例である２線式の交流電力測定装置を示す概略構成図である。
【図２】図１の電圧検出部を示す概略構成図である。
【図３】図２の電圧検出部の等価回路図である。
【図４】（ａ）は電圧検出信号V'_{RS}と電流検出信号I'_{R}の位相差θ及びφを説明するベクトル図、（ｂ）は（ａ）の波形図である。
【図５】位相差θによる電流計測の検出誤差εの関係を示す図である。
【図６】各プローブの静電容量C_1、C_2と電圧検出信号V'_{RS}の関係図である。
【図７】各プローブの静電容量C_1、C_2と位相差θの関係図である。
【図８】本発明の他の実施例である３線式の交流電力測定装置を示す概略構成図である。
【発明を実施するための形態】
【００１６】
本発明の交流電力測定装置は、通電導体に絶縁被覆を施した絶縁電線に印加された交流電圧を検出する電圧検出手段と、絶縁電線の通電導体に流れる電流を検出する変流器と、電圧検出手段で検出した交流電圧値と変流器で検出した交流電流値を用いて演算する計測装置を有している。電圧検出手段は、絶縁電線の絶縁被覆の外面にそれぞれ配置して非接触で交流電圧を検出するプローブを備え、かつ各プローブは絶縁物内に電極を内蔵させて通電導体との間で作る静電容量をそれぞれ予め求められる値に設定し、変流器は任意の絶縁電線に配置される変流器を用いている。使用する計測装置は、各プローブに接続する入力抵抗と検出抵抗を含む分圧抵抗回路及び前記分圧抵抗回路からの電圧信号を作動増幅する作動増幅回路を含んで電圧を検出する電圧検出部と、変流器の電流を検出する電流検出部と、これら電圧検出部の電圧信号及び電流検出部からの電流信号をそれぞれ変換するアナログ／デジタル変換器と、この各アナログ／デジタル変換器からの信号を基に交流電力を演算する演算処理装置とを少なくとも有している。
【実施例１】
【００１７】
以下、本発明の交流電力測定装置の例を、図１から図７を用いて説明する。本発明の交流電力測定装置では、図１に示すように電源側に連なり負荷１０に至るＲ相及びＳ相の２線式の絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの外面に、電圧検出手段として用いるプローブ１２Ｒ、１２Ｓを配置し、負荷１０に印加された電圧V_{RS}を非接触式で検出する。
【００１８】
このプローブ１２Ｒ、１２Ｓは、図２に示すように樹脂製の絶縁物１２Ｒ１、１２Ｓ１中に、それぞれ電極１２Ｒ２、１２Ｓ２を埋め込んで、絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓを例えば把持可能なクリップ形式に作製する。各プローブ１２Ｒ、１２Ｓは絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの外面、即ち通電導体１２Ｒ１、１２Ｓ１にそれぞれ施した絶縁被覆１２Ｒ２、１２Ｓ２の外面の全面或いは一部に配置されている。しかも、後述する如く各プローブ１２Ｒ、１２Ｓの電極１２Ｒ２、１２Ｓ２が、絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの通電導体１２Ｒ１、１２Ｓ１との間で作る静電容量C_1、C_2を、予め定めた値になるように設定して使用する。
【００１９】
また、２線式のいずれか一方である絶縁電線１１Ｒ側に変流器１３Ｒを配置し、負荷１０に印加された電流i_Rを検出する。各プローブ１２Ｒ、１２Ｓ及び変流器１３Ｒは計測装置２０と接続されており、計測装置２０において各プローブ１２Ｒ、１２Ｓで負荷１０に印加された電圧V_{RS}を検出して得た電圧信号、及び変流器１３Ｒで負荷に流れる電流ｉＲを検出して得た電流信号が入力され、これらを演算して交流電力を計測する。
【００２０】
計測装置２０は、図１に示すようにブローブ１２Ｒ、１２Ｓで得られて入力される電圧信号を後段の使用に適切な値の電圧検出信号V'_{RS}に変換する電圧検出部２１と、変流器１３Ｒ得られて入力される電流信号を同様に適切な値の電流検出信号I'_{R}に変換する

電流検出部２２とを有している。

【００２１】

また、計測装置２０には、電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$と電流検出信号Ｉ’$_{R}$を、それぞれ所定の時間間隔でサンプリングしアナログ信号値をデジタル信号値に変換するアナログ／デジタル（以下、「Ａ／Ｄ」と略称する。）変換器２３、２４と、各デジタル信号値を基に演算処理して交流電力を計測する演算処理装置（以下、「ＭＰＵ」と略称する。）２５を有しており、更には演算した計測値を記録する記憶装置２６や、計測結果を表示する表示部２７や、計測結果を出力するため例えば通信ポートを備えた出力部２８等を備えている。　なお、表示部２７は、ＭＰＵ２５で演算処理された計測結果を表示するために、例えば７セグメント構成の発光ダイオード（ＬＥＤ）や液晶表示装置（ＬＣＤ）等の表示器、更にはこれら以外の各種表示機器を用いることができる。

【００２２】

計測装置２０中の電圧検出部２１は、図２に示すようにプローブ１２Ｒ、１２Ｓの電極１２Ｒ２、１２Ｓ２と接続する分圧抵抗回路３１と差動増幅器３２を有して構成されている。分圧抵抗回路３１は、電極１２Ｒ２、１２Ｓ２に接続される入力抵抗Ｒ$_{1}$、Ｒ$_{2}$と、入力抵抗Ｒ$_{1}$、Ｒ$_{2}$間を接続して中点を接地する検出抵抗Ｒ$_{3}$、Ｒ$_{4}$を備えている。また、差動増幅器３２は３つの演算増幅器３２ａ、３２ｂ、３２ｃを備えおり、ここから電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$をＡ／Ｄ変換器２３に出力する。

【００２３】

次に、上記した図２に示す電圧検出部２１は、図３の等価回路図で表されるから、これを用いて計測装置２０のＭＰＵ２５で演算される平均電力Ｐや、電圧検出信号の位相差による電力計測の検出誤差εや、電圧検出手段にプローブ１２Ｒ、１２Ｓを用いるときに設定される静電容量Ｃ$_{1}$、Ｃ$_{2}$等について、以下に説明する。図３の等価回路のインピーダンスＺは、静電容量Ｃ$_{1}$、Ｃ$_{2}$と分圧抵抗回路３１の入力抵抗Ｒ$_{1}$、Ｒ$_{2}$と検出抵抗Ｒ$_{3}$、Ｒ$_{4}$から、数１にて求められる。

【００２４】

【数１】

数　1

$$Z=\frac{C_1+C_3}{j\omega C_1C_2}+(R_1+R_2)+(R_3+R_4)$$

【００２５】

数１において、Ｃ$_{1}$＝Ｃ$_{2}$、Ｒ１＝Ｒ$_{2}$、Ｒ$_{3}$＝Ｒ$_{4}$とすると、インピーダンスＺは

Ｚ＝｛２／（ｊωＣ$_{1}$）｝＋２Ｒ$_{1}$＋２Ｒ$_{3}$

である。これから、等価回路に流れる電流Ｉは、印加電圧Ｖ$_{RS}$をインピーダンスＺで除したＩ＝Ｖ$_{RS}$／Ｚである。また、分圧抵抗回路３１で分圧された電圧信号Ｖ’$_{R}$、Ｖ’$_{S}$を、差動増幅回路１２で増幅した電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$は、

Ｖ’$_{RS}$＝（Ｒ$_{3}$＋Ｒ$_{4}$）×Ｉ＝２Ｒ$_{3}$×Ｉ

である。この式に上記した電流Ｉを求める式、及び上記した条件でのインピーダンスＺを求める式を代入すると、数２となる。

【００２６】

【数２】

数　２

$$V'_{RS}=\frac{2R_3}{\frac{2}{j\omega C_1}+2R_1+2R_3}\times V_{RS}=\frac{\omega^2C_1^2R_3(R_1+R_3)+j\omega C_1R_3}{1+\omega^2C_1^2(R_1+R_3)^2}\times V_{RS}$$

【００２７】

この数２を実部Ｒｅ｛Ｖ’$_{RS}$｝と虚部Ｉｍ｛Ｖ’$_{RS}$｝に分解すれば、次の数３及び数４となる。

【００２８】

【数３】

数　３

$$Re\{V'_{RS}\}=\frac{\omega^2C_1^2R_3(R_1+R_3)}{1+\omega^2C_1^2(R_1+R_3)^2}\times V_{RS}$$

【００２９】

【数４】

数　４

$$Im\{V'_{RS}\}=\frac{\omega C_1R_3}{1+\omega^2C_1^2(R_1+R_3)^2}\times V_{RS}$$

【００３０】

したがって、電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$の実効値Ｖ’$_{RSe}$は、次の数５となる。

【００３１】

【数５】

数　５

$$V'_{RS}=|V'_{RS}|=\sqrt{Re\{V'_{RS}\}^2+Im\{V'_{RS}\}^2}=V_{RSe}\times\sqrt{\left\{\frac{\omega^2C_1^2R_3(R_1+R_3)}{1+\omega^2C_1^2(R_1+R_3)^2}\right\}^2+\left\{\frac{\omega C_1R_3}{1+\omega^2C_1^2(R_1+R_3)^2}\right\}^2}$$

【００３２】

また、印加電圧Ｖ$_{RS}$に対する電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$の位相差θは、数６で表せる。

【００３３】

【数６】

数　６

$$\theta=\tan^{-1}\frac{Im\{V'_{RS}\}}{Re\{V'_{RS}\}}=\tan^{-1}\frac{\omega C_1R_3}{\omega^2C_1^2R_3(R_1+R_3)}=\tan^{-1}\frac{1}{\omega C_1(R_1+R_3)}$$

【００３４】

よく知られているように、負荷に印加の電圧Ｖ$_{RS}$に対する電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$の位相差θ、及び電流検出信号Ｉ’$_{R}$の位相差φは、図４（ａ）のベクトル図と図４（ｂ）の波形図で説明されている。

【００３５】
負荷に印加の電圧V_{RS}は、電圧検出部２１を介することにより、
$v'_{RS}=V'_{RSm}\sin(\omega t+\theta)$
と表され、また、負荷に流れる電流i_Rは電流検出部２２を介することにより、
$i'_R=I'_{Rm}\sin(\omega t+\varphi)$
と表される。
【００３６】
電圧検出部２１からの電圧検出信号V'_{RS}は、Ａ／Ｄ変換器２３によって所定の時間間隔でサンプリングしアナログ値をデジタル値に変換する。また、電流検出部２２からの電流検出信号i'_Rは、Ａ／Ｄ変換器２４によって所定の時間間隔でサンプリングしアナログ値をデジタル値に変換する。電圧検出部２１を介して得られ電圧検出信号v'_{RS}と、電流検出部２２を介して得られた電流検出信号i'_Rとから、電力ｐ’は次式で求まる。

$$p'=v'_{RS}\times i'_R$$

このデジタル値を、ＭＰＵ２５にて１周期Ｔの平均をとる積分演算することによって、平均電力Ｐ’として求められる。この平均電力Ｐ’は、位相差θ及び位相差φを含んだ次式でと表される。

$$P'=V'_{RSe}\times I'_{Re}\cos(\phi-\theta)$$

電圧検出信号V'_{RS}の位相差θがない（θ＝０）場合の平均電力をP_0'とすると、次のように表せる。

$$P_0'=V'_{RSe}\times I'_{Re}\cos\phi$$

したがって、位相差θによる電力計測の検出誤差εは、

$$\varepsilon(\%)=\{(P'-P_0')/P_0'\}\times 100$$

となる。

【００３７】
上記の位相差θと検出誤差εとの関係は、図５に示すように位相差が大きくなるのに従い増加するようになる。即ち、図５にそれぞれ位相差θが１度である平均電力Ｐ’の検出誤差の特性線ε１で、位相差θが２度である平均電力Ｐ’の検出誤差の特性線ε２で、位相差θが３度である平均電力Ｐ’の検出誤差の特性線ε３で示すように、電流検出信号Ｉ’$_R$の位相差φに応じて増加する。
【００３８】
図５の電流検出信号Ｉ’$_R$の位相差φが０～６０度の範囲で、平均電力Ｐ’の検出誤差を３％以下の検出誤差εにしたいときは、検出誤差の特性線ε１（θ＝１）に示されているように、電圧検出信号V'_{RS}の位相差θを１度以下とすればよい。なお、通常の変電回線で望まれる平均電力Ｐ’の検出誤差は１．５％である。
【００３９】
このことから、数６の電圧検出信号V'_{RS}の位相差θを求める式より、プローブ１２Ｒ、１２Ｓの各電極１２Ｒ１、１２Ｓ１が、絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの通電導体１１Ｒ１、１１Ｓ１との間で作る図２の絶縁被覆１１Ｒ２、１１Ｓ２部分中に示した静電容量C_1は、上記したように$C_1=C_2$としたことから、
$C_1\geqq 1/\{\omega\tan\theta(R_1+R_3)\}$
で求められる値に設定すれば良いことになる。これと類似した式で静電容量C_2も表される。このため、双方を静電容量Ｃ、分圧抵抗回路３１の入力抵抗R_Aと検出抵抗R_Bで表すと、
$C\geqq 1/\{\omega\tan\theta(R_A+R_B)\}$
の共通式で表記することができる。
【００４０】

通常、測定対象の変電線路に用いる絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの場合、絶縁被覆１１Ｒ２、１１Ｓ２の単位長さ当りの静電容量は、通電導体１１Ｒ１、１１Ｓ１の外形や、絶縁被覆１１Ｒ２、１１Ｓ２の外形及び比誘電率等によって決まる。本発明の場合は、絶縁被覆１１Ｒ２、１１Ｓ２の外面にプローブ１２Ｒ、１２Ｓを配置し、しかも各プローブ１２Ｒ、１２Ｓ内の電極１２Ｒ１、１２Ｓ１が電圧検出部２１内の分圧抵抗回路３１と接続されているから、分圧抵抗回路３１の入力抵抗$Ｒ_{Ａ}$と検出抵抗$Ｒ_{Ｂ}$の抵抗値を用いた上記式から、各静電容量$Ｃ_{1}$、$Ｃ_{2}$を、予め適切な値に設定することができる。

【００４１】

例えば、プローブ１２Ｒ、１２Ｓの各電極１２Ｒ１、１２Ｓ１で検出したい最小静電容量Ｃ（Ｆ）は、入力抵抗$Ｒ_{1}$＝１ＧΩ、検出抵抗$Ｒ_{3}$＝５ＭΩとし、印加電圧$Ｖ_{ＲＳ}$の周波数ｆ＝５０Ｈｚとすると、ω＝２πｆより、

$Ｃ＝\{１／２\pi\times５０\times tan１（１０^{9}＋１０^{6}）\}＝１８２\times１０^{12}$となる。

【００４２】

つまり、プローブ１２Ｒ、１２Ｓの各電極１２Ｒ１、１２Ｓ１が、絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの通電導体１１Ｒ１、１１Ｓ１間で作られる静電容量を、最小でも１８２ｐＦで検出する電極１２Ｒ１、１２Ｓ１に設定すれば、実用にあたっては絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓの直径寸法に関係なく交流電力を計測することができる。

【００４３】

静電容量$Ｃ_{1}$、$Ｃ_{2}$に対する電圧検出信号$Ｖ'_{ＲＳ}$を図６に示しており、印加電圧$Ｖ_{ＲＳ}$＝１００Ｖ ｒｍｓ、周波数ｆ＝５０Ｈｚ、$Ｒ_{1}＝Ｒ_{2}$＝１ＧΩ、$Ｒ_{3}＝Ｒ_{4}$＝５ＭΩ、差動増幅回路３２の増幅率を１としたときの特性線は、上記した静電容量$Ｃ_{1}＝Ｃ_{2}$の値１８２ｐＦ以上では平坦になる。このため、通電導体１１Ｒ１、１１Ｓ１と電極１２Ｒ１、１２Ｓ１間でそれぞれ形成される静電容量$Ｃ_{1}$、$Ｃ_{2}$を１８２ｐＦ以上に設定して検出すれば、電圧検出信号$Ｖ'_{ＲＳ}$を安定して得られることになる。

【００４４】

また、静電容量$Ｃ_{1}$、$Ｃ_{2}$に対する検出信号$Ｖ'_{ＲＳ}$の位相差θを図７に示しており、同様に印加電圧$Ｖ_{ＲＳ}$＝１００Ｖｒｍｓ、周波数ｆ＝５０Ｈｚ、$Ｒ_{1}＝Ｒ_{2}$＝１ＧΩ、$Ｒ_{3}＝Ｒ_{4}$＝５ＭΩ、差動増幅回路１２の増幅率＝１としたときの特性線は、静電容量$Ｃ_{1}＝Ｃ_{2}$の値１８２ｐＦ以上に設定して検出すると、電圧検出信号$Ｖ'_{ＲＳ}$の位相差θを１度以下の望ましい数値にするこができる。

【００４５】

それ故、本発明の如く交流電力測定装置を構成すれば、電圧検出手段を用いて非接触で検出する電圧と変流器で検出した電流を用いて、平均電力を希望する検出誤差の範囲に収めて計測することができる。しかも、電圧検出手段となるプローブは、絶縁電線の外径寸法を問わず適用できる利点があり、計測装置の電圧検出部の構造も簡単であるから、全体を複雑化することもなくなる。

【実施例２】

【００４６】

本発明の他の例を図２に示しており、この交流電力測定装置は負荷１０に至るＲ相、Ｓ相及びＴ相の３線式の絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓ、１１Ｔに適用したものである。絶縁電線１１Ｒ、１１Ｓ、１１Ｔの外面に、電圧検出手段のプローブ１２Ｒ、１２Ｓ、１２Ｔをそれぞれ配置し、負荷１０に印加される電圧$Ｖ_{ＲＳ}$、$Ｖ_{ＳＴ}$を非接触で検出する。プローブ１２Ｒ、１２Ｓ、１２Ｔが作る静電容量は、既に述べたように予め定めた値になるように設定して使用する。また、選択された二つの絶縁電線１１Ｒ、１１Ｔ側には変流器１３Ｒと１３Ｔを配置し、負荷１０に印加された電流$ｉ_{Ｒ}$、$ｉ_{Ｔ}$を検出する。

【００４７】

交流電力を計測する計測装置２０は、並列に配置する図２と同様な構成の電圧検出部２１、２１Ａと、並列に配置する電流検出部２２、２２Ａを備えており、これらにそれぞれアナログ信号値をデジタル信号値に変換するＡ／Ｄ変換器２３、２３Ａ及び２４、２４Ａが連なるようにし、他の部分は図１と同じにしている。

【００４８】

この計測装置２０では、電圧検出部２１、２１Ａを介して得た電圧検出信号Ｖ’$_{RS}$、Ｖ’$_{ST}$と、電流検出部２２、２２Ａを介して電流検出信号ｉ’$_{R}$、ｉ’$_{T}$を、Ａ／Ｄ変換器２３、２３Ａ及び２４、２４Ａで変換したデジタル信号値を用いてＭＰＵ２５で演算する。して平均電力Ｐを計測し、表示や出力することができる。これら信号から電力ｐ’は、２電力計法によって

$p' = (v'_{RS} \times i'_{R}) - (v'_{ST} \times i'_{T})$ であり、

このデジタル値を、ＭＰＵ２５にて１周期Ｔの平均をとる積分演算することによって、平均電力Ｐ’として求めることができる。このため、この実施例の３戦式の交流電力測定装置であっても、上記の実施例と同様な効果を達成することができる。

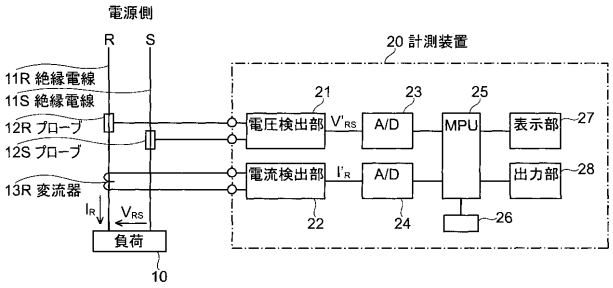
【符号の説明】

【００４９】

１１Ｒ、１１Ｓ、１１Ｔ…絶縁電線、１１Ｒ１、１１Ｓ１…通電導体、１１Ｒ２、１１Ｓ２…絶縁被覆、１２Ｒ、１２Ｓ、１２Ｔ…プローブ、１３Ｒ、１３Ｓ、１３Ｔ…変流器、２０…計測装置、２１、２１Ａ…電圧検出部、２２、２２Ａ…電流検出部、２３、２３Ａ、２４、２４Ａ、…アナログ／デジタル変換器、２５…演算処理装置、３１…分圧抵抗回路、３２…差動増幅回路。

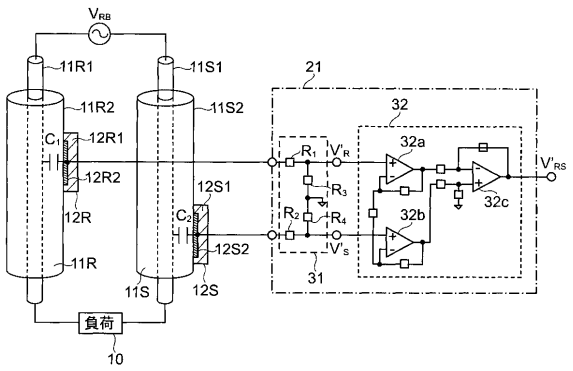
【図１】

図 1



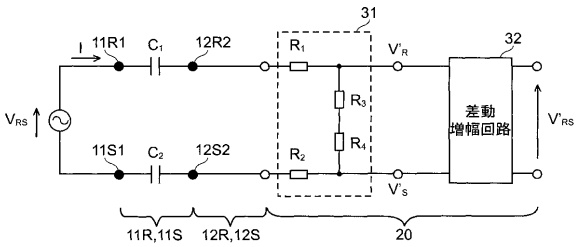
【図２】

図 2



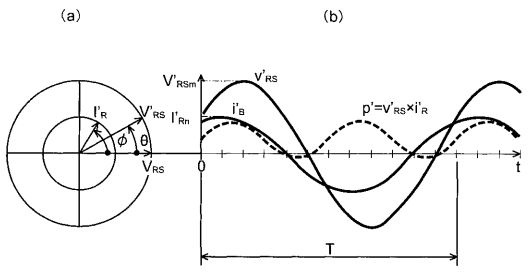
【図３】

図 3



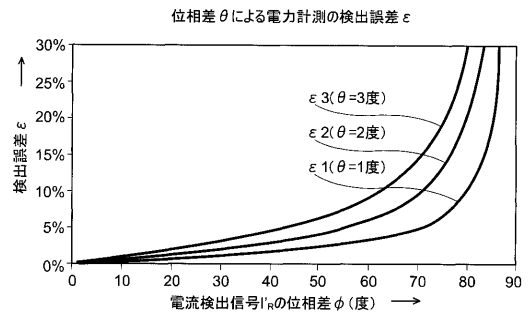
【図４】

図 4



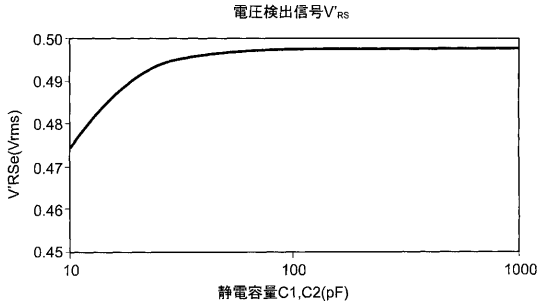
【図５】

図　5



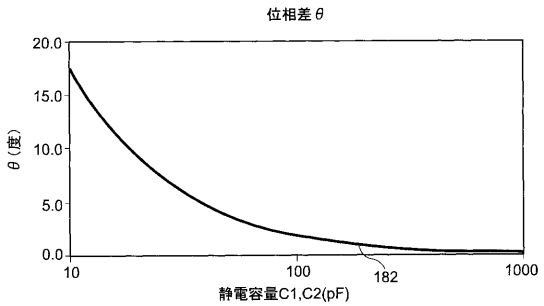
【図６】

図　6



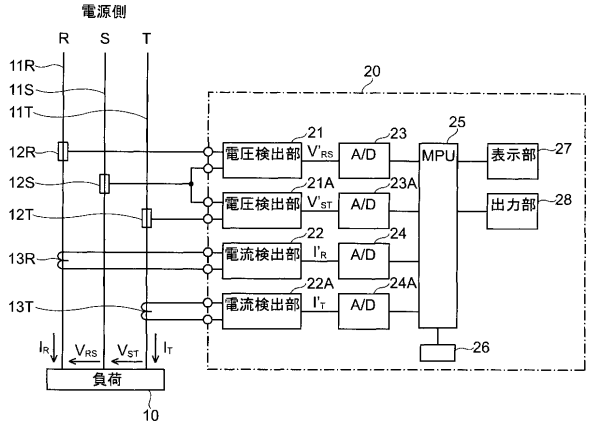
【図７】

図　7



【図８】

図　8



フロントページの続き

(72)発明者　宮本　章
茨城県ひたちなか市大字足崎字西原１４５０番地　株式会社日立エレクトリックシステムズ内
(72)発明者　高橋　松男
茨城県ひたちなか市大字足崎字西原１４５０番地　株式会社日立エレクトリックシステムズ内
(72)発明者　酒井　昭人
茨城県ひたちなか市大字足崎字西原１４５０番地　株式会社日立エレクトリックシステムズ内
(72)発明者　柳平　丈志
茨城県日立市中成沢町四丁目１２番１号　国立大学法人茨城大学　工学部内