

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2010-500864

(P2010-500864A)

(43) 公表日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.		F I			テーマコード (参考)
<b>H02H 3/34</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H02H 3/34</b>	<b>M</b>		<b>2G014</b>
<b>H02H 3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H02H 3/00</b>	<b>N</b>		<b>2G028</b>
<b>G01R 31/02</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G01R 31/02</b>			<b>5G058</b>
<b>G01R 27/18</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>G01R 27/18</b>			

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 41 頁)

(21) 出願番号	特願2009-524555 (P2009-524555)	(71) 出願人	509044958
(86) (22) 出願日	平成19年8月16日 (2007.8.16)		キム, ボーギョン
(85) 翻訳文提出日	平成21年4月16日 (2009.4.16)		大韓民国, ソウル 151-050, クワ
(86) 国際出願番号	PCT/KR2007/003913		ナック, ボンチョンボンードン, ドゥサ
(87) 国際公開番号	W02008/020713		ン アpartment 202-701
(87) 国際公開日	平成20年2月21日 (2008.2.21)	(74) 代理人	100084375
(31) 優先権主張番号	10-2006-0077160		弁理士 板谷 康夫
(32) 優先日	平成18年8月16日 (2006.8.16)	(74) 代理人	100121692
(33) 優先権主張国	韓国 (KR)		弁理士 田口 勝美
		(74) 代理人	100125221
			弁理士 水田 慎一
		(72) 発明者	キム, ボーギョン
			大韓民国, ソウル 151-050, クワ
			ナック, ボンチョンボンードン, ドゥサ
			ン アpartment 202-701
			最終頁に続く

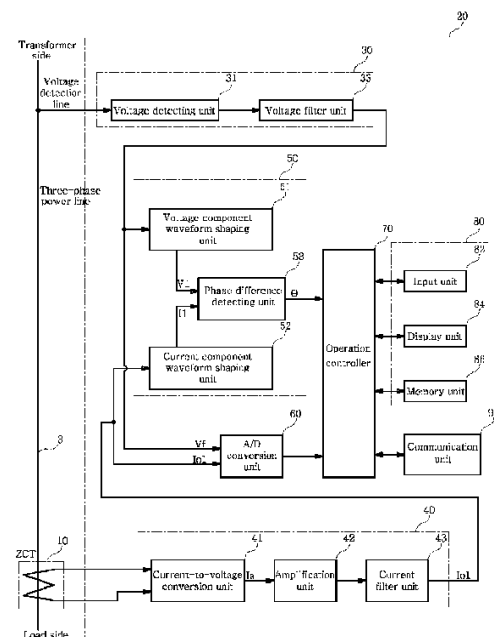
(54) 【発明の名称】 電線路の絶縁検出装置及び絶縁検出方法

## (57) 【要約】

【課題】電線路の絶縁検出装置及び絶縁検出方法を提供する。

【解決手段】本発明は電線路の3相各相の電圧成分を検出する電圧検出手段と、電線路と対地間に流れる零相漏れ電流を検出する零相変流器と、前記零相変流器で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換して、所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する漏れ電流検出手段と、前記電圧検出手段の3相各相の出力値と前記漏れ電流検出手段の出力値の位相差を検出する位相比較手段と、前記漏れ電流検出手段の出力値をデジタル成分に変換するアナログ/デジタル変換部と、各種データを読み取って出力する演算制御部及び入出力手段とで構成される。本発明によれば、負荷を含む電線路と対地間の絶縁状態と直接関係する有効分の漏れ電流値、又は絶縁状態とは直接関係しないが、常に存在する静電容量による無効分の漏れ電流値を計算して電線路の絶縁状態を検出し、遠隔制御することができる。

【選択図】図9



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

電線路の絶縁状態を検出する電線路の絶縁検出装置において、  
負荷を含む電線路の 3 相各相の電圧成分を所定の大きさに変換して一括的に 3 相各相の電圧を抽出する電圧検出手段 3 0 と、  
電線路と対地間に流れる零相漏れ電流を検出する零相変流器 1 0 と、  
前記零相変流器 1 0 で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換して、所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する漏れ電流検出手段 4 0 と、  
前記電圧検出手段 3 0 の 3 相各相の出力値と、前記漏れ電流検出手段 4 0 の出力値の位相差を検出する位相比較手段 5 0 と、  
前記漏れ電流検出手段 4 0 の出力値のアナログ成分をデジタル成分に変換するアナログ / デジタル変換部 6 0 と、  
前記位相比較手段 5 0 の出力値とアナログ / デジタル変換部 6 0 の出力値から各種データを読み取って出力し、演算及び制御する演算制御部 7 0 と、  
各種データを入力し表示する入出力手段 8 0 と有して構成され、絶縁状態を検出することを特徴とする電線路の絶縁検出装置。

10

**【請求項 2】**

負荷を含む電線路の電圧成分を所定の大きさに変換して、順次に 3 相各相の電圧成分を 1 相ずつ抽出する電圧検出手段 3 0 と、電線路と対地間に流れる零相漏れ電流を検出する零相変流器 1 0 と、前記零相変流器 1 0 で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換して、所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出する漏れ電流検出手段 4 0 と、前記電圧検出手段 3 0 の 3 相各相の出力値と、前記漏れ電流検出手段 4 0 の出力値の位相差を検出する位相比較手段 5 0 と、前記漏れ電流検出手段 4 0 の出力値のアナログ成分をデジタル成分に変換するアナログ / デジタル変換部 6 0 と、各種データを読み取って出力し、演算及び制御する演算制御部と、各種データを入力して表示する入出力手段 8 0 とを有して構成され、絶縁状態を検出することを特徴とする電線路の絶縁検出装置。

20

**【請求項 3】**

前記電圧検出手段 3 0 は、負荷を含む電線路の 3 相各相の電圧成分を検出して所定の大きさに変換する電圧検出部 3 1 と、前記電圧検出部 3 1 で変換された電圧成分から所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する電圧フィルタ部 3 3 とで構成されることを特徴とする請求項 1 に記載の電線路の絶縁検出装置。

30

**【請求項 4】**

前記電圧検出手段 3 0 は、負荷を含む電線路の 3 相各相の電圧成分を検出して所定の大きさに変換する電圧検出部 3 1 と、前記電圧検出部 3 1 で変換された電圧成分から 3 相のうち 1 相の電圧成分のみ選択する相選択部 3 2 と、前記相選択部 3 2 で選択された相の電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出する電圧フィルタ部 3 3 とで構成されることを特徴とする請求項 2 に記載の電線路の絶縁検出装置。

**【請求項 5】**

前記位相比較手段 5 0 は、前記電圧検出手段 3 0 で出力される電圧成分の波形を整形する電圧成分波形整形部 5 1 と、前記漏れ電流検出手段 4 0 で出力される漏れ電流成分の波形を整形する電流成分波形整形部 5 2 と、前記電流成分波形整形部 5 2 の出力成分の前記電圧成分波形整形部 5 1 の出力成分に対する位相差を検出する位相差検出部 5 3 とで構成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電線路の絶縁検出装置。

40

**【請求項 6】**

前記電圧検出部 3 1 は、3 相電線路の各相と対地間の同一のインピーダンスを有する抵抗、コンデンサー又はトランスのうちのいずれか 1 つで構成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電線路の絶縁検出装置。

**【請求項 7】**

50

前記漏れ電流検出手段 40 は、電線路と対地間の漏れ電流を検出するための零相変流器 10 と、前記零相変流器 10 で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換する電流 / 電圧変換部 41 と、前記電流 / 電圧変換部 41 で変換された漏れ電流成分を増幅する増幅部 42 と、前記増幅部 42 で増幅された漏れ電流成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する電流フィルタ部 43 とで構成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電線路の絶縁検出装置。

【請求項 8】

前記漏れ電流検出手段 40 は、電線路と対地間の漏れ電流を検出する零相変流器 10 と、前記零相変流器 10 で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換する電流 / 電圧変換部 41 と、前記電流 / 電圧変換部 41 で変換された漏れ電流成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出する電流フィルタ部 43 と、前記電流フィルタ部 43 で抽出された漏れ電流成分を増幅する増幅部 42 とで構成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の電線路の絶縁検出装置。

【請求項 9】

外部で遠隔監視することができる通信部をさらに有することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の絶縁検出装置。

【請求項 10】

電線路の対地間静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出できる電線路の絶縁検出方法において、

零相変流器の 2 次側で検出される零相漏れ電流成分の漏れ電流検出手段 40 で検出される漏れ電流成分  $I_{o1}$ 、電圧検出手段 30 により周波数成分のみ抽出した電圧成分  $V_f$ 、電圧検出手段 30 で出力される 3 相各相別の電圧成分  $V_f$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差を検出する段階と、各相別の漏れ電流成分  $I_{o1}$  の同相分 90 度位相分を計算する段階と、各相別の 90 度分ゼロ値を計算する段階と；

前記各相別の 90 度ゼロ値計算段階で計算されて記憶部に格納された各相別の有効分の漏れ電流又は無効分の漏れ電流に対する計算データ検証段階と、

前記計算データ検証段階で再計算された組合せ及び各相別の  $I_{o1}$ 、 $V_f$  検出段階のデータを外部に出力する表示又は / 及び出力段階とで構成されることを特徴とする電線路の絶縁検出方法。

【請求項 11】

電線路の対地間静電容量の平衡状態だけでなく不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出できる電線路の絶縁検出方法において、

零相変流器の 2 次側で検出される零相漏れ電流成分の漏れ電流検出手段 40 で検出される漏れ電流成分  $I_{o1}$ 、電圧検出手段 30 により周波数成分のみ抽出した電圧成分  $V_f$ 、電圧検出手段 30 で出力される 3 相各相別の電圧成分  $V_f$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差を検出する段階と、

各相別の漏れ電流成分  $I_{o1}$  の同相分 90 度位相分を計算する段階と、

各相別の同相分ゼロ値を計算する段階と、

前記各相別同相分のゼロ値計算段階で計算されて記憶部に格納された各相別の有効分の漏れ電流又は無効分の漏れ電流に対する計算データ検証段階と、

前記計算データ検証段階で再計算された組合せ及び各相別の  $I_{o1}$ 、 $V_f$  検出段階のデータを外部に出力する表示又は / 及び出力段階とで構成されることを特徴とする電線路の絶縁検出方法。

【請求項 12】

電線路の対地間静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出できる電線路の絶縁検出方法において、

零相変流器の 2 次側で検出される零相漏れ電流成分の漏れ電流検出手段 40 で検出される漏れ電流成分  $I_{o1}$ 、電圧検出手段 30 により周波数成分のみ抽出した電圧成分  $V_f$ 、電圧検出手段 30 で出力される 3 相各相別の電圧成分  $V_f$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差を検出する段階と、

各相別の漏れ電流成分 $I_{o1}$ の同相分90度位相分を計算する段階と、  
各相別の90度分ゼロ値を計算する段階と、各相別の同相分ゼロ値を計算する段階と、  
前記各相別同相分のゼロ値計算段階又は前記各相別の90度ゼロ値計算段階で計算されて記憶部に格納された各相別の有効分の漏れ電流又は無効分の漏れ電流に対する計算データ検証段階と、

前記計算データ検証段階で再計算された組合せ及び各相別の $I_{o1}$ 、 $V_f$ 検出段階のデータを外部に出力する表示又は/及び出力段階とで構成されることを特徴とする電線路の絶縁検出方法。

【請求項13】

前記各相別の90度分ゼロ値を計算する段階で絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値又は静電容量による無効分の漏れ電流値を検出する方法により、電線路と対地間の静電容量による無効分の漏れ電流が3相各相において零(ゼロ)になる無効分ゼロ漏れ電流値を計算することを特徴とする請求項10に記載の電線路の絶縁検出方法。

10

【請求項14】

前記各相別の同相分ゼロ値を計算する段階で絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値又は静電容量による無効分の漏れ電流値を検出する方法においては、電線路と対地間の絶縁抵抗による有効分の漏れ電流が3相各相において零(ゼロ)になる有効分のゼロ漏れ電流値を計算することを特徴とする請求項11に記載の電線路の絶縁検出方法。

【請求項15】

前記各相別の同相分ゼロ値を計算する段階で絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値又は静電容量による無効分の漏れ電流値を検出する方法においては、電線路と対地間の絶縁抵抗による有効分の漏れ電流と静電容量による無効分の漏れ電流が3相各相において零(ゼロ)になる有効分のゼロ漏れ電流値と無効分のゼロ漏れ電流値を計算することを特徴とする請求項12に記載の電線路の絶縁検出方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電線路の絶縁検出装置及び絶縁検出方法に関するものである。より詳細には、負荷を含む3相電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても負荷を含む電線路の絶縁抵抗及び静電容量を計算して、絶縁状態を正確に検出することができる絶縁検出装置及び方法に関する。

30

【0002】

本発明によれば、負荷を含む電線路と対地間の絶縁状態と直接関係する有効分の漏れ電流(或いは絶縁抵抗値)、若しくは絶縁状態とは直接関係しないが、常に存在する静電容量による無効分の漏れ電流(或いは静電容量値)を計算して、表示・警報・出力、及び通信部を介して遠隔制御することができる。

【背景技術】

【0003】

従来の電線路の負荷を含む絶縁状態を監視する方法は、変圧器の2次側に接地された接地系において、図1のように、接地線5に流れる零相漏れ電流 $I_o$ 成分を検出する方法や、負荷と電線路3の対地間に流れる零相漏れ電流 $I_o$ を検出する方法を使用した。本発明における「電線路」は、負荷を含む高圧配電線路と低圧配電線をいずれも含む電力供給線路を意味し、「零相変流器」は、零相漏れ電流成分を検出できる変流器を意味し、電圧検出線はワイヤ(wire)で直接連結して電圧成分を検出するかまたは非接触方式を使って電線路の電圧成分を検出することができることを意味する。

40

【0004】

このような従来の技術についてより詳細に説明する。

【0005】

図1に示すように、電圧を変換するための変圧器1と、開閉器2と、電線路3を介して負荷4に常用交流電圧が供給されている。

50

## 【 0 0 0 6 】

図 1 では、変圧器 1 の 2 次側が Y 結線となっており、Y 結線の中性点が接地線 5 を介して接地 6 に接地されている。電線路 3 と対地間には、絶縁状態と直接関係する絶縁抵抗 9 成分によって流れる有効分の漏れ電流  $I_r$  と、絶縁状態とは直接関係しないが、電線路 3 が長いことや、負荷 4 の入力端に存在するノイズフィルタ等の静電容量 8 成分によって流れる無効分の漏れ電流  $I_c$  が流れる。

## 【 0 0 0 7 】

前記 2 成分のベクトル和である零相漏れ電流 ( $I_o = I_r + I_c$ ) が変圧器の接地線 5 を介して流れるようになる。この零相漏れ電流  $I_o$  成分を変圧器 1 の 2 次側の接地線 5 の中間又は電線路 3 の 3 相を一括して通過させる零相変流器 10 の 2 次側で検出される漏れ電流である零相漏れ電流  $I_o$  値のみで絶縁状態を検出する方法が一般的に使用されている。このような零相漏れ電流  $I_o$  値を検出する方法を使用する電気機器としては、漏電遮断器、漏電警報器、漏電検出器、地絡検出器等がある。

10

## 【 0 0 0 8 】

図 1 に示す従来の零相漏れ電流  $I_o$  値のみで検出する方法は、電線路 3 又は負荷 4 と対地間の静電容量 8 の 3 相間不均衡が大きいと、絶縁状態とは直接関係しない静電容量 8 成分による無効分の漏れ電流  $I_c$  が大きくなり、絶縁抵抗 9 が大きい、即ち、絶縁状態の良好な電線路でも零相漏れ電流  $I_o$  が大きく検出されて絶縁不良として表示したり、静電容量 8 成分による無効分の漏れ電流  $I_c$  の大きさに応じて一定の絶縁抵抗 9 成分による有効分の漏れ電流  $I_r$  が流れても、零相変流器 10 の磁界特性のため、小さい有効分の漏れ電流  $I_r$  は、無効分の漏れ電流  $I_c$  の大きさによって検出される零相漏れ電流  $I_o$  が変化し、正確な絶縁検出を行うことができないという問題点がある。

20

## 【 0 0 0 9 】

このため、3 相電線路において電線路と対地間に存在する静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても正確に負荷 4 を含む電線路 3 の対地間の絶縁状態を監視できる絶縁検出装置及び絶縁検出方法が要求されてきた。

## 【 発明の概要 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 1 0 】

そこで、本発明は上記従来の問題点に鑑みてなされたものであって、本発明の目的は、負荷を含む 3 相電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても負荷を含む電線路の絶縁状態を正確に検出することができる絶縁検出装置を提供することである。

30

## 【 0 0 1 1 】

本発明のまた他の目的は、電線路と対地間の絶縁状態と直接関係する有効分の漏れ電流（或いは絶縁抵抗値）、又は絶縁状態とは直接関係しないが常に存在する静電容量による無効分の漏れ電流（或いは静電容量値）を計算して、表示、警報アラーム出力、及び通信部を通じた遠隔制御が可能な絶縁検出装置を提供することである。

## 【 0 0 1 2 】

本発明のまた他の目的は、負荷を含む 3 相電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても負荷を含む電線路の絶縁状態を正確に検出することができる絶縁検出方法を提供することである。

40

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 3 】

上記目的を達成するためになされた本発明による絶縁検出装置は、負荷を含む電線路の 3 相各相の電圧成分を所定の大きさに変換して、一括的に 3 相各相の電圧を抽出する電圧検出手段と、電線路と対地間に流れる零相漏れ電流を検出する零相変流器と、前記零相変流器から検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換して、所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する漏れ電流検出手段と、前記電圧検出手段の 3 相各相の出力値と前記漏れ電流検出手段の出力値の位相差を検出する位相比較手段と、前記漏れ電

50

流検出手段の出力値のアナログ成分をデジタル成分に変換させるアナログ／デジタル変換部と、各種データを読み取って出力し、演算と制御機能を有する演算制御部、及び各種データを入力して表示する入出力手段とを有して構成され、絶縁状態を検出することを特徴とする。

【0014】

前記漏れ電流検出手段は、電線路と対地間の漏れ電流を検出する零相変流器と、前記零相変流器から検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換する電流／電圧変換部と、前記電流／電圧変換部で変換された漏れ電流成分を増幅させる増幅部と、前記増幅部で増幅された漏れ電流成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する電流フィルタ部とで構成される。

10

【0015】

前記電圧検出手段は、負荷を含む電線路の3相各相の電圧成分を所定の大きさに変換して3相電圧を一括的に検出する電圧検出部と、前記電圧検出部で変換された電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する電圧フィルタ部とで構成される。

【0016】

前記位相比較手段は、前記電圧検出手段から出力される電圧成分の波形を整形するための電圧成分波形整形部と、前記漏れ電流検出手段から出力される漏れ電流成分の波形を整形するための電流成分波形整形部と、前記電流成分波形整形部の出力成分の前記電圧成分波形整形部の出力成分に対する位相差を検出する位相差検出部とで構成される。

20

【0017】

前記電圧検出部は、3相電線路の各相と対地間の同一のインピーダンスを有する抵抗又はコンデンサ又はトランスのうちのいずれか1つで構成される。

【0018】

前記入出力手段は、各種データを入力する入力部と、各種データを表示及び出力する表示部と、各種データを格納する記憶部とで構成される。

【0019】

また、本発明の目的を達成するためのまた他の絶縁検出装置は、負荷を含む電線路の電圧成分を所定の大きさに変換して、順次に3相を1相ずつ各相の電圧成分を抽出する電圧検出手段と、電線路と対地間に流れる零相漏れ電流を検出する零相変流器、前記零相変流器から検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換して、所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する漏れ電流検出手段と、前記電圧検出手段の3相各相の出力値と前記漏れ電流検出手段の出力値の位相差を検出する位相比較手段と、前記漏れ電流検出手段の出力値のアナログ成分をデジタル成分に変換させるアナログ／デジタル変換部と、各種データを読み取って出力し、演算と制御機能を有する演算制御部、及び各種データを入力して表示する入出力手段とを有して構成され、絶縁状態を検出することを特徴とする。

30

【0020】

前記電圧検出手段は、負荷を含む電線路の3相各相の電圧成分を検出して所定の大きさに変換する電圧検出部と、前記電圧検出部で変換された電圧成分のうち3相中の1相の電圧成分のみ選択する相選択部と、前記相選択部で選択された相の電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する電圧フィルタ部とで構成される。

40

【0021】

前記漏れ電流検出手段は、電線路と対地間の漏れ電流を検出する零相変流器、前記零相変流器で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換する電流／電圧変換部と、前記電流／電圧変換部で変換された漏れ電流成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する電流フィルタ部と、前記電流フィルタ部で抽出された漏れ電流成分を増幅させる増幅部とで構成される。

【0022】

50

また、本発明の絶縁検出装置は、外部からの遠隔監視が可能な通信部をさらに有することが好ましい。

【0023】

一方、本発明の絶縁検出方法は、電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出することができる電線路の絶縁検出方法において、絶縁検出装置の入力部で各種データを設定する段階と、前記入力部で設定された各種データや、記憶部にあらかじめ格納された各種データや、外部遠隔地から通信部を介して入力される各種データを読み取る段階と、零相変流器の2次側で検出される零相漏れ電流成分の漏れ電流検出手段40で検出される漏れ電流成分 $I_{o1}$ 、電圧検出手段により周波数成分のみ抽出した3相各相別の電圧成分 $V_f$ 、電圧検出手段30で出力される3相各相別の電圧成分 $V_f$ に対する漏れ電流成分 $I_{o1}$ の位相差を検出する段階と、各相別の漏れ電流成分 $I_{o1}$ の同相分と90度位相分を計算する段階と、各相別の90度分ゼロ値を計算する段階又は/及び各相別の同相分ゼロ値を計算する段階と、前記各相別の同相分ゼロ値の計算段階又は/及び前記各相別の90度ゼロ値の計算段階で計算されて記憶部に格納された各相別の有効分の漏れ電流又は無効分の漏れ電流に対する計算データ検証段階と、前記計算データ検証段階で再計算された組合せ及び各相別の $I_{o1}$ 、 $V_f$ 検出段階のデータを外部に出力する表示又は/及び出力段階とで構成される。

10

【0024】

本発明の第1絶縁検出方法は、電線路と対地間の静電容量による無効分の漏れ電流が3相各相において零(ゼロ)になる無効分の零漏れ電流値を計算して、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値又は静電容量による無効分の漏れ電流値を検出することを特徴とする。

20

【0025】

また、本発明の第2絶縁検出方法は、電線路と対地間の絶縁抵抗による有効分の漏れ電流が3相各相において零(ゼロ)になる有効分のゼロ漏れ電流値を計算して、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値又は静電容量による無効分の漏れ電流値を検出することを特徴とする。

【0026】

また、本発明の第3絶縁検出方法は、電線路と対地間の絶縁抵抗による有効分の漏れ電流と静電容量による無効分の漏れ電流が3相各相において零(ゼロ)になる有効分のゼロ漏れ電流値と無効分のゼロ漏れ電流値を計算して、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値又は静電容量による無効分の漏れ電流値を検出することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、負荷を含む3相電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても負荷を含む電線路の絶縁状態である絶縁抵抗による有効漏れ電流値又は絶縁抵抗値を正確に検出することができ、かつ、最も不良な相の情報も分かることができる。

【0028】

また、付加的に入力部に入力した警報レベル、又は記憶部に記憶された警報レベルと比較する方法で表示部に警報状態を表示したり、遠隔地にある遠隔制御装置と通信及び制御できる機能を有する通信部を介して遠隔地で検出された各種データや警報状態を遠隔監視することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】従来の漏れ電流の監視方法を説明する結線図。

【図2】本発明の絶縁検出装置の第1実施例の結線図。

【図3】本発明の絶縁検出装置の第2実施例の結線図。

【図4】本発明の絶縁検出装置の第3実施例の結線図。

【図5】本発明の絶縁検出装置の第4実施例の結線図。

【図6】本発明の絶縁検出装置の第5実施例の結線図。

50

【図 7】本発明の絶縁検出装置の第 6 実施例の結線図。

【図 8】図 2 ～ 図 7 に示す絶縁検出装置の第 1 実施例のブロック図。

【図 9】図 8 に示す絶縁検出装置の詳細回路図。

【図 10】図 2 ～ 図 7 に示す絶縁検出装置の第 2 実施例のブロック図。

【図 11】図 10 に示す絶縁検出装置の詳細回路図。

【図 12】図 8 及び図 9 に示す電圧検出手段の第 1 実施例の詳細回路図。

【図 13】図 8 及び図 9 に示す電圧検出手段の第 2 実施例の詳細回路図。

【図 14】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 1 実施例の詳細回路図。

【図 15】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 2 実施例の詳細回路図。

【図 16】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 3 実施例の詳細回路図。

【図 17】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 4 実施例の詳細回路図。

【図 18】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 5 実施例の詳細回路図。

【図 19】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 6 実施例の詳細回路図。

【図 20】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 7 実施例の詳細回路図。

【図 21】図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 8 実施例の詳細回路図。

【図 22】図 8 ～ 図 11 に示す漏れ電流検出手段の他の実施例の詳細回路図。

【図 23】図 8 ～ 図 11 に示す絶縁検出装置及び検出方法の動作フローの第 1 実施例。

【図 24】図 8 ～ 図 11 に示す絶縁検出装置及び検出方法の動作フローの第 2 実施例。

【図 25】図 8 ～ 図 11 に示す絶縁検出装置及び検出方法の動作フローの第 3 実施例。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下、本発明の実施例を添付の図面を参照して説明する。

【0031】

図 2 は、本発明の絶縁検出装置の第 1 実施例の結線図。図 3 は、本発明の絶縁検出装置の第 2 実施例の結線図。図 4 は、本発明の絶縁検出装置の第 3 実施例の結線図。図 5 は、本発明の絶縁検出装置の第 4 実施例の結線図。図 6 は、本発明の絶縁検出装置の第 5 実施例の結線図。図 7 は、本発明の絶縁検出装置の第 6 実施例の結線図。

【0032】

図 8 は、図 2 ～ 図 7 に示す絶縁検出装置の第 1 実施例のブロック図である。図 9 は、図 8 に示す絶縁検出装置の詳細回路図である。図 10 は、図 2 ～ 図 7 に示す絶縁検出装置の第 2 実施例のブロック図である。図 11 は、図 10 に示す絶縁検出装置の詳細回路図である。

【0033】

図 12 は、図 8 及び図 9 に示す電圧検出手段の第 1 実施例の詳細回路図である。図 13 は、図 8 及び図 9 に示す電圧検出手段の第 2 実施例の詳細回路図である。図 14 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 1 実施例の詳細回路図である。図 15 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 2 実施例の詳細回路図である。図 16 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 3 実施例の詳細回路図である。図 17 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 4 実施例の詳細回路図である。図 18 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 5 実施例の詳細回路図である。図 19 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 6 実施例の詳細回路図である。図 20 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 7 実施例の詳細回路図である。図 21 は、図 10 及び図 11 に示す電圧検出手段の第 8 実施例の詳細回路図である。図 22 は、図 8 ～ 図 11 に示す漏れ電流検出手段の他の実施例の詳細回路図である。図 23 乃至図 25 は、図 8 ～ 図 11 に示す本発明の実施例の動作フローチャートである。

【0034】

図 2 では、変圧器 1 の 2 次側結線が Y であり、中性点が接地され、電線路 3 の電圧成分を検出するための電圧検出線 (12、13、14) を用いて対地間の相電圧を検出し、電線路 3 の対地間に流れる零相漏れ電流成分を検出するための零相変流器 10 が電線路 3 の中間に設けられている。図 3 では、図 2 とほぼ同様であるが、電線路 3 の対地間に流れる

零相漏れ電流成分を検出するための零相変流器 10 が変圧器 1 の中性点の接地線 5 の中間に設けられている。

【0035】

図 4 は、図 2 とほぼ同様の実施形態であって、変圧器 1 の中性相 (N 相) が共に布設されている 3 相 4 線式でも実施可能であることを示している。図 5 では、変圧器 1 の 2 次側結線がデルタ ( ) であるが、T 相が一端接地されており、電圧検出線 (12、13、14) の接続位置が零相変流器 10 より負荷側方向でも実施可能であることを示している。図 6 では、変圧器 1 の 2 次側結線がデルタ ( ) で非接地方式を示し、図 7 は、図 2 とほぼ同様であるが、図 2 は相電圧を検出する方式であり、図 7 の実施形態は電圧検出線 (12、14) を用いて線間電圧を検出する方式を示す。

10

【0036】

上記図 2 ~ 図 7 のように 6 つの実施形態を示したが、後記に説明する電圧検出手段 30 の実施例のように 3 相中の 1 相の電圧成分のみ検出し、その他の 2 つの電圧成分は、位相を 120 度ずつシフトすることも可能である。また、3 相中の 2 相の電圧成分を検出し、残りの 1 つの電圧成分は、位相を 120 度 (或いは - 120 度) シフトすることも可能である。また、相電圧を検出する代りに線間電圧を検出することも可能である。また、変圧器 1 の中性点と接地 6 との間に地絡電流の大きさを制限するために抵抗が設けられる抵抗接地方式に適用する等、様々な実施形態があり得る。

【0037】

図 8 ~ 図 11 は、図 2 ~ 図 7 の絶縁検出装置 20 の実施例の詳細回路図を示し、図 8 ~ 図 9 では、3 相の電線路 3 の対地間の 3 相電圧成分が位相比較手段 50 に入力されている。図 10 ~ 図 11 では、3 相の電線路 3 の対地間の 3 相電圧成分が演算制御部 70 における RST 電圧制御信号に従って 1 相ずつ順次に位相比較手段 50 に入力されている。

20

【0038】

図 12 ~ 図 13 は、図 8 ~ 図 9 の電圧検出手段 30 の実施例の詳細回路図を示し、電線路 3 の 3 相各相の電圧成分が電圧検出線 (12、13、14) を介して入力されると、図 12 のように、各相ごとに抵抗  $R_v1$  と  $R_v2$  を利用して電圧を分割する。図 13 では、トランス TR を使用して所定電圧に低下させて電線路 3 の電圧成分を検出し、このようにして検出された電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出するための電圧フィルタ部 33 で構成する実施例を 2 つ示したが、抵抗の代わりに下記図 16 に示す実施例のように、コンデンサーを使用したり、上記のように検出する電線路 3 の相電圧成分の代わりに線間電圧成分を検出することもできる。

30

【0039】

図 14 ~ 図 21 は、図 10 ~ 図 11 の電圧検出手段 30 の実施例の詳細回路図を示し、3 相又は单相電圧成分を検出する多様な実施形態を示したが、線間電圧成分を検出したり、240 度移相部 312 の代りに位相を - 120 度シフトできる実施形態等、様々な実施形態があり得る。上記図 14 ~ 図 21 を参照してさらに説明すると、図 14 に示す実施例は、電線路 3 の 3 相各相の電圧成分が電圧検出線 (12、13、14) を介して入力されると、各相ごとに抵抗  $R_v1$  と  $R_v2$  を利用して電圧を分割し、演算制御部 70 で出力される RST 電圧制御信号に従って 3 相 RST 相の中から 1 つずつの相を選択するために、スイッチ  $sw1$  とともに構成された相選択部 32 により電線路 3 の電圧成分を検出し、前記相選択部 32 で検出された 3 相中の 1 つの電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出するための電圧フィルタ部 33 で構成されている。図 15 は、図 14 の実施例の抵抗の代わりにトランス TR を使用して電圧を分割する例を示し、図 16 は、図 14 の実施例の抵抗の代わりにコンデンサー ( $C_v1$ 、 $C_v2$ ) を使用して電圧を分割する例を示し、図 17 は、図 15 の実施例に、抵抗  $R_v$  をトランス TR の 2 次側と接地間に設けた例を示し、図 17 において抵抗  $R_v$  の代わりにコンデンサーを使用することも可能である。

40

【0040】

図 18 に示す実施例では、電線路 3 の 3 相各相の電圧成分が電圧検出線 (12、13、

50

14)を介して入力されると、トランスTRを通じて所定電圧に低下させ、演算制御部70から出力されるRST電圧制御信号に従って3相RST相のうち1つずつの相を選択するための相選択部32により選択された相の抵抗 $Rv1$ と接地に接続された抵抗 $Rv2$ とにより再び電圧を分割した電圧成分のうち前記電圧フィルタ部33で所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出するための電圧フィルタ部33とが結合されている。

#### 【0041】

図19は、図18の実施例のトランスTRを使用しない実施例を示し、本実施例で利用される抵抗 $Rv1$ 値は、上記図12～図18で利用される抵抗 $Rv1$ 値より高い抵抗値を使用することが好ましい。図20～図21の実施例では、電線路3の電圧成分を検出するために1相の電圧成分のみ検出して前記電圧検出部31で検出された電圧成分を120度及び240度位相をシフトして、他の2つの相の電圧成分を検出している。図20の実施例は、電線路3の電圧成分を検出するために1つの電圧検出線12を介して入力された、例えば、R相の電圧成分を電圧検出線12と接地間に接続された2つの抵抗( $Rv1$ 、 $Rv2$ )を利用して、分割されたR相の電圧成分が相選択部32のaに接続し、その他の2つのS相とT相の電圧成分は、前記R相の電圧成分を120度位相をシフトするための120度移相部311と240度位相をシフトするための240度移相部312を使用し、前記120度移相部311で出力されるR相の電圧成分と120度の位相差を有する電圧成分は、前記相選択部32のbに接続する。前記240度移相部312で出力されるR相の電圧成分と、240度の位相差を有する電圧成分は、前記相選択部32のcに接続し、演算制御部70で出力されるRST電圧制御信号に従って3相RST相のうち1つずつの相を選択するために、スイッチsw1とともに構成された相選択部32により電線路3の電圧成分を検出し、前記相選択部32で検出された3相中の1つの電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出するための電圧フィルタ部33で構成されており、抵抗 $Rv1$ 、 $Rv2$ 値は高い抵抗値を有することが好ましい。

#### 【0042】

図21は、図20の実施例で抵抗 $Rv1$ 、 $Rv2$ の代りにコンデンサ $Cv1$ 、 $Cv2$ を使用すること以外は同じであり、コンデンサ $Cv1$ 、 $Cv2$ の値として容量が小さな値を使用することが好ましい。ここでは図示されていないが、上記図20及び図21では、120度移相部311と240度移相部312を使用したが、240度移相部312の代りに-120度位相をシフトさせる-120度移相部を使用することもできる。2つの電圧検出線を用いて2つの相電圧又は線間電圧を検出して、電線路3の電圧成分を検出することが可能であることは、本発明に属する通常の知識を有する者であれば容易に実施できるであろう。

#### 【0043】

図22は、図8～図11の漏れ電流検出手段40の他の実施例の詳細回路図を示し、図9及び図11では、漏れ電流検出手段40が電流/電圧変換部41と増幅部42と電流フィルタ部43の順に構成されている。一方、図22では、漏れ電流検出手段40が電流/電圧変換部41と電流フィルタ部43と増幅部42の順に構成されており、電流/電圧変換部41と増幅部42の機能を共に有することも可能である。また、前記電流/電圧変換部41の漏れ電流検出手段40の内部ではなく、零相変流器10の2次巻線に設けることもでき、様々な実施形態があり得る。

#### 【0044】

図23乃至図25は、図8～図11の本発明の絶縁検出装置20の動作及び本発明の絶縁検出方法を説明するためのフローチャートである。

#### 【0045】

まず、本発明の図2、図8、図9及び図23について説明する。図2において、変圧器1は電圧を変換するための変圧器であって、開閉器2を介して電線路3に電力を供給する。符号5は安全のために変圧器1の中性点を接地6に接続するための接地線である。一方、開閉器2及び電線路3を介して負荷4に電力が供給されている状態で、負荷4を含む電線路3と対地間には、3相各々の対地間に絶縁劣化に直接関係する絶縁抵抗9を通じて対

地に有効分の漏れ電流  $I_r$  が流れる。

【0046】

前記有効分の漏れ電流  $I_r$  は、R 相と対地間の絶縁抵抗  $R_r$  に流れる  $I_{rr}$  と、S 相と対地間の絶縁抵抗  $R_s$  に流れる  $I_{rs}$  と、T 相と対地間の絶縁抵抗  $R_t$  に流れる  $I_{rt}$  のベクトル和である  $I_r = I_{rr} + I_{rs} + I_{rt}$  である。そして、負荷 4 を含む電線路 3 と対地間には、3 相各々の対地間に絶縁劣化とは直接関係しないが、電線路 3 が長いことや、負荷 4 の入力端のノイズを低減するためのノイズフィルタ等の設備によって発生する静電容量 8 を介して対地に無効分の漏れ電流  $I_c$  が流れる。前記無効分の漏れ電流  $I_c$  は、R 相と対地間の静電容量  $C_r$  に流れる  $I_{cr}$  と、S 層と対地間の静電容量  $C_s$  に流れる  $I_{cs}$  と、T 相と対地間の静電容量  $C_t$  に流れる  $I_{ct}$  のベクトル和である  $I_c = I_{cr} + I_{cs} + I_{ct}$  である。従って、電線路 3 と対地間に流れる漏れ電流である零相漏れ電流  $I_o$  は、前記有効分の漏れ電流  $I_r = I_{rr} + I_{rs} + I_{rt}$  と、前記無効分の漏れ電流  $I_c = I_{cr} + I_{cs} + I_{ct}$  のベクトル和 ( $I_o = I_r + I_c$ ) で表される。

10

【0047】

前記零相漏れ電流  $I_o$  の成分と電線路 3 の対地間の各相の電圧成分が分かれば、電線路 3 の絶縁状態である有効分の漏れ電流  $I_r$  と絶縁状態とが直接関係しないが、電線路 3 と対地間に流れる無効分の漏れ電流  $I_c$  を計算することができる。

【0048】

前記零相漏れ電流  $I_o$  成分を検出するために ZCT のような零相変流器 10 で検出し、さらに、電線路 3 の対地間 3 相各相の電圧成分を検出するために電圧検出線 (12、13、14) を使用する。前記電圧検出線 (12、13、14) と前記零相変流器 10 の 2 次側が図 8 に示される絶縁検出装置 20 に接続される。

20

【0049】

(第 1 実施例)

図 8 は、図 2 ~ 図 7 に示す絶縁検出装置の第 1 実施例のブロック図である。

【0050】

本発明の絶縁検出装置 20 は、電線路 3 の対地間の電圧成分を検出して所定の大きさに変換して、所定周波数以下の周波数成分又は所定帯域の周波数成分を抽出する電圧検出手段 30 と、負荷 4 を含む電線路 3 の対地間の零相漏れ電流  $I_o$  を検出する零相変流器 10 の 2 次側で検出された零相漏れ電流  $I_o$  成分を電圧成分に変換して、増幅及び所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出する漏れ電流検出手段 40 と、前記電圧検出手段 30 の 3 相各相に対する出力値と前記漏れ電流検出手段 40 の出力値の位相差を比較するための位相比較手段 50 と、前記漏れ電流検出手段 40 の出力値のアナログ成分をデジタル成分に変換するためのアナログ / デジタル変換部 60 と、各種データを読み取って出力し、演算と制御機能を有する演算制御部 70 と、各種データを入力して表示する入出力手段 80、及び外部で遠隔監視するための通信部 90 とを有して構成される。前記入出力手段 80 は、入力部 82 と、表示部 84 と、記憶部 86 とで構成される。

30

【0051】

図 9 に示すように、負荷を含む電線路 3 の 3 相電圧成分を検出するための電圧検出手段 30 は、電圧検出線 (12、13、14) により検出された 3 相電圧成分を所定の大きさに変換するための電圧検出部 31 と、前記電圧検出部 31 で変換された 3 相電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の成分を抽出するための電圧フィルタ部 33 とで構成され、前記漏れ電流検出手段 40 は、負荷 4 を含む電線路 3 の対地間の零相漏れ電流  $I_o$  成分を検出する零相変流器 10 の 2 次側で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換するための電流 / 電圧変換部 41 と、前記電流 / 電圧変換部 41 で変換された漏れ電流  $I_a$  成分を増幅するための増幅部 42 と、前記増幅部 42 で増幅された零相漏れ電流  $I_o$  成分に該当する漏れ電流成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出するための電流フィルタ部 43 とで構成され、前記位相比較手段 50 は、前記電圧検出手段 30 で出力される 3 相各相の電圧成分の波形を整形するための電圧成分波形整形部 51 と、前記漏れ電流検出手段 40 で出力される零相漏れ電流  $I_o$  成分に該当する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の波形を整形するための電流成分波形整形部 52 と、前記電圧成分

40

50

波形整形部 5 1 の出力に対する前記電流成分波形整形部 5 2 の出力の位相差を検出するための位相差検出部 5 3 とで構成され、上記図 8 では、前記アナログ / デジタル変換部 6 0 に入力される値が、前記漏れ電流検出手段 4 0 の出力値のみであるが、上記図 9 では、前記アナログ / デジタル変換部 6 0 に入力される値が前記漏れ電流検出手段 4 0 の出力値と、電圧成分の大きさをさらに検出するために前記電圧検出手段 3 0 の出力値 2 つのアナログ成分が入力される。

#### 【 0 0 5 2 】

これによって、上記で記述したアナログ / デジタル変換部 6 0 に入力される成分の数が 2 個である場合は電線路 3 の電圧成分値を読み取り、漏れ電流値のみならず絶縁抵抗値の計算にも使用する場合と、1 個である場合は漏れ電流値のみ計算し絶縁抵抗値を計算しない場合とによって異なるが、本発明の実施例では、絶縁状態の監視に必要な多様な値に表すために絶縁抵抗値の計算まで行う例を挙げて説明する。

#### 【 0 0 5 3 】

以下、絶縁検出装置 2 0 の第 1 実施例を示す図 9 と、絶縁検出装置 2 0 の動作フローチャートを示す図 2 3 を参照して詳細に説明する。

#### 【 0 0 5 4 】

図 2 3 に示す本発明の第 1 絶縁検出方法は、電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出することができる電線路の絶縁検出方法において、絶縁検出装置の入力部で各種データ設定を行う段階と、前記入力部で設定された各種データや、記憶部にあらかじめ格納された各種データや、外部遠隔地から通信部を通じて入力される各種データを読み取る段階と、零相変流器の 2 次側で検出される零相漏れ電流成分の漏れ電流検出手段 4 0 で検出される漏れ電流成分  $I_{o1}$ 、電圧検出手段により周波数成分のみ抽出した 3 相各相別の電圧成分  $V_f$ 、電圧検出手段 3 0 で出力される 3 相各相別の電圧成分  $V_f$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差を検出する段階と、各相別の漏れ電流成分  $I_{o1}$  の同相分 90 度位相分を計算する段階と、各相別 90 度分のゼロ値を計算する段階と、前記各相別の 90 度のゼロ値の計算段階で計算され記憶部に格納された各相別の有効分の漏れ電流又は無効分の漏れ電流に対する計算データの検証段階と、前記計算データの検証段階で再計算された組合せ及び各相別の  $I_{o1}$ 、 $V_f$  検出段階のデータを外部に出力する表示又は / 及び出力段階とで構成される。

#### 【 0 0 5 5 】

図 9 及び図 2 3 に示すように、絶縁検出装置 2 0 の記憶部 8 6 に格納された主要フローにおいて、キーパッドやスイッチ等の部品として絶縁検出装置 2 0 に使用される各種データ、例えば、複数個の絶縁検出装置 2 0 が設けられている場合、各絶縁検出装置 2 0 別の番号アドレス、警報設定値等のデータを設定できる機能を有する入力部 8 2 における各種データの設定 1 0 0 が行われる。次に、入力部 8 2 で設定された各種データや、記憶部 8 6 にあらかじめ格納された各種データや、外部遠隔地から通信部 9 0 を通じて入力される各種データを読み取る各種データの読み取り 1 1 0 動作が行われる。

#### 【 0 0 5 6 】

次に、各相別の  $I_{o1}$ 、 $V_f$  検出 1 2 0 が行われると、上記図 8 ~ 図 9 の零相変流器 1 0 の 2 次側で検出される零相漏れ電流成分  $I_o$  は、電流を電圧に変換する電流 / 電圧変換部 4 1 で電圧成分に変換され、増幅部 4 2 で増幅されて、電流フィルタ部 4 3 で所定周波数以下の周波数成分又は常用周波数帯域の周波数成分を抽出した零相漏れ電流に該当する成分  $I_{o1}$  をアナログ / デジタル変換部 6 0 及び位相比較手段 5 0 に出力する。前記アナログ / デジタル変換部 6 0 に入力された零相漏れ電流に該当する成分  $I_{o1}$  値は、デジタル値に変換されて、演算制御部 7 0 で読み取り、記憶部 8 6 に格納される。

#### 【 0 0 5 7 】

さらに、上記で説明したように、電圧検出線 ( 1 2 、 1 3 、 1 4 ) により入力される電線路 3 と対地間の 3 相各相の電圧成分は、図 1 2 ~ 図 1 3 に示す実施例、又は他の実施例である図 1 6 の電圧検出部 3 1 において抵抗やコンデンサー又はトランスを用いて絶縁検出装置 2 0 で使用可能な電圧に分割され、電圧フィルタ部 3 3 で所定周波数以下の周波数

成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出した3相各相に対するVf（R相はVf\_r、S相はVf\_s、T相はVf\_t）値を位相比較手段50及びアナログ／デジタル変換部60に出力される。前記アナログ／デジタル変換部60に入力された3相各相の対地間電圧成分Vf値をデジタル値に変換して、演算制御部70で読み取り、記憶部86に格納する。

#### 【0058】

前記位相比較手段50に入力された3相各相の対地間の3つの電圧成分Vf\_r、Vf\_s、Vf\_tを電圧成分波形整形部51で各々波形を整形した値と、前記漏れ電流検出手段40から出力された零相漏れ電流成分に該当する1つの漏れ電流成分Io1を電流成分波形整形部52で波形を整形した値を使用して、位相差検出部53では、前記電圧成分波形整形部51から出力される3つの3相各相別の電圧成分に対する、前記電流成分波形整形部52から出力される1つの漏れ電流成分との3つの位相差、即ち、R相電圧成分Vf\_rに対する漏れ電流成分Io1の位相差 $\theta_r$ と、S相電圧成分Vf\_sに対する漏れ電流成分Io1の位相差 $\theta_s$ と、T相電圧成分Vf\_tに対する漏れ電流成分Io1の位相差 $\theta_t$ を各々検出して、演算制御部70で読み取り、記憶部83に格納する。

#### 【0059】

上記のVf、Io、 $\theta$ 値の計算について例を挙げて説明する。説明を簡単にするために、前記零相変流器10を含む漏れ電流検出手段40の増幅関係係数を1であり、電圧検出手段30の増幅関係係数を0.001（つまり1/1000）と仮定する。

#### 【0060】

3相電線路3と対地間電圧は220V、周波数は60Hz、3相各相と対地間の絶縁抵抗に流れる漏れ電流、即ち、R相は $I_{rr} = 1\text{mA}$ 、S相は $I_{rs} = 40\text{mA}$ 、T相は $I_{rt} = 1\text{mA}$ であり、3相各相と対地間の静電容量に流れる漏れ電流、即ち、R相は $I_{cr} = 60\text{mA}$ 、S相は $I_{cs} = 20\text{mA}$ 、T相は $I_{ct} = 20\text{mA}$ である。

#### 【0061】

前記各相別のIo1、 $\theta$ 、Vf検出120のフローで検出されて記憶部86に格納された値は、Io1は76.3mA、Vf\_r、Vf\_s、Vf\_tは220mV、 $\theta_r$ は104.8、 $\theta_s$ は-15.2、 $\theta_t$ は-135.2である。

#### 【0062】

次に、各相別Io1の同相分90度位相分計算130が実行されると、前記各相別のIo1、 $\theta$ 、Vf検出120で検出されて記憶部86に格納されたIo1と $\theta_r$ 、 $\theta_s$ 、 $\theta_t$ 値を読み取り、3相の各相に対して零相漏れ電流に該当する漏れ電流Io1の電圧に対する同相分 $\cos$ と、電圧に対する90度位相分 $\sin$ 値を計算して記憶部86に格納する。より詳細には、R相の同相分漏れ電流Io1 $_{rr}$ は $I_{o1} \times \cos \theta_r$ 、R相の90度位相分の漏れ電流Io1 $_{cr}$ は $I_{o1} \times \sin \theta_r$ 、S相の同相分の漏れ電流Io1 $_{rs}$ は $I_{o1} \times \cos \theta_s$ 、S相の90度位相分の漏れ電流Io1 $_{cs}$ は $I_{o1} \times \sin \theta_s$ 、T相の同相分の漏れ電流Io1 $_{rt}$ は $I_{o1} \times \cos \theta_t$ 、T相の90度位相分の漏れ電流Io1 $_{ct}$ は $I_{o1} \times \sin \theta_t$ となる。

#### 【0063】

前記例の値を置換して計算すると、Io1 $_{rr} = -19.5\text{mA}$ 、Io1 $_{cr} = 73.8\text{mA}$ 、Io1 $_{rs} = 73.6\text{mA}$ 、Io1 $_{cs} = -20.0\text{mA}$ 、Io1 $_{rt} = -54.1\text{mA}$ 、Io1 $_{ct} = -53.8\text{mA}$ であり、R相電圧に対する零相漏れ電流Ioは $-19.5 + j73.8\text{mA}$ であり、S相電圧に対する零相漏れ電流Ioは $73.6 - j20.0\text{mA}$ であり、T相電圧に対する零相漏れ電流Ioは $-54.1 - j53.8\text{mA}$ である。

#### 【0064】

次の動作フローである各相別90度分のゼロ値計算140について説明する前に、前記値に関して3相各相の電圧に対する同相分の漏れ電流値と、電圧に対する90度位相分の漏れ電流値との関数関係について説明する。負荷4を含む電線路3の対地間に流れる零相漏れ電流Io成分は式1で表される。また、式1の3相電圧成分に対する零相漏れ電流をR相の電圧成分値に変換し、R相電圧と同相分の零相漏れ電流成分、つまり、Io1 $_{rr}$ に該当する値は式2で表され、R相電圧と90度位相分の零相漏れ電流成分、つまり、Io1 $_{cr}$ は式3で表される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

【 数 1 】

$$I_o^\circ = \frac{V_{R^\circ}}{R_r} + \frac{V_{S^\circ}}{R_s} + \frac{V_{T^\circ}}{R_t} + j(\omega C_r V_{R^\circ} + \omega C_s V_{S^\circ} + \omega C_t V_{T^\circ})$$

$$= I_{rr}^\circ + I_{cs}^\circ + I_{ct}^\circ + j(I_{cr}^\circ + I_{cs}^\circ + I_{ct}^\circ)$$

【 0 0 6 6 】

ここで V と I はベクトル関数である。

【 0 0 6 7 】

【 数 2 】

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct}$$

【 0 0 6 8 】

ここで I は実数値である。

【 0 0 6 9 】

【 数 3 】

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt}$$

【 0 0 7 0 】

ここで I は実数値である。

【 0 0 7 1 】

S 相及び T 相の同相分漏れ電流と、90 度分漏れ電流との関係式は、前記 R 相の同相分漏れ電流と 90 度分漏れ電流と、各々 120 度及び -120 度の位相差を有する。

【 0 0 7 2 】

前記式 2 及び 3 に示すように、R 相の同相分漏れ電流には R 相の絶縁抵抗により流れる有効分の漏れ電流  $I_{rr}$  だけでなく、S 相及び T 相の絶縁抵抗に流れる有効分の漏れ電流  $I_{rs}$ 、 $I_{rt}$  と、S 相と T 相の静電容量に流れる無効分の漏れ電流  $I_{cs}$ 、 $I_{ct}$  が共に含まれており、R 相の 90 度分漏れ電流には R 相の静電容量により流れる無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  だけでなく、S 相及び T 相の静電容量に流れる無効分の漏れ電流  $I_{cs}$ 、 $I_{ct}$  と、S 相及び T 相の絶縁抵抗に流れる有効分の漏れ電流  $I_{rs}$ 、 $I_{rt}$  がともに含まれていることが分かる。なお、従来の零相変流器により流れる零相漏れ電流  $I_o$  を検出するだけでは正確な絶縁状態が検知できないことも式 2 及び 3 から類推することができる。

【 0 0 7 3 】

各相別同相分のゼロ値計算方法としては 3 つの計算方法がある。

【 0 0 7 4 】

第 1 の方法は、無効分の漏れ電流  $I_c = 0$  となる無効分のゼロ漏れ電流値を計算する場合であり、第 2 の方法は、有効分の漏れ電流  $I_r = 0$  となる有効分のゼロ漏れ電流値を計算する場合であり、第 3 の方法は、無効分の漏れ電流  $I_c = 0$ 、有効分の漏れ電流  $I_r = 0$  であるとき、有効分のゼロ漏れ電流値と無効分のゼロ漏れ電流値を計算する場合である。

【 0 0 7 5 】

1) 無効分の漏れ電流  $I_c = 0$  となる無効分のゼロ漏れ電流値を計算する場合

【 0 0 7 6 】

まず、各相別 90 度分のゼロ値計算 140 の実行過程を説明する (図 23 参照)。

【 0 0 7 7 】

3 相各相別に無効分の漏れ電流値が零 (ゼロ) になる静電容量による無効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、静電容量による無効分の漏れ電流  $I_c$  がゼロになる場合、零相変流器 10 の 2 次側にどの成分の有効分の漏れ電流が流れるかを調べるため

10

20

30

40

50

である。簡単に言えば、静電容量による無効分の漏れ電流を3相全て平衡にするためであるが、ゼロ値よりやや大きい所定の値を選定することもできる。まずR相の場合を計算すると、 $I_{o1cr}$ がゼロになる、つまり、前記式3の値がゼロになるために、零相変流器10の1次巻線に別途にどの相のどの程度の大きさの無効分ゼロ漏れ電流 $I_{c'}$ を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部86に格納されたR相の $I_{o1rr}$ 、 $I_{o1cr}$ と、S相の $I_{o1rs}$ 、 $I_{o1cs}$ と、T相の $I_{o1rt}$ 、 $I_{o1ct}$ をそれぞれ読み取り、まずR相の90度無効分の漏れ電流が零(ゼロ)になるように、即ち、式3の値が零(ゼロ)になるための $I_{cr'}$ 値、 $I_{cs'}$ 値、 $I_{ct'}$ 値を求め、前記 $I_{cr'}$ 値と $I_{cs'}$ 値と $I_{ct'}$ 値を次のように式2にそれぞれ代入したR相電圧の同相分の漏れ電流値 $I_{o1rr'}$ は式4で表され、式3の値に代入したR相の電圧の90度位相分の漏れ電流値 $I_{o1cr'}$ は式5で表される。

10

【0078】

【数4】

$I_{cr'}$  値を代入すると、

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct} = -19.5$$

$I_{cs'}$  値を代入すると、

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{cs} + I_{cs'}) + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct} = -19.5 - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs'}$$

$I_{ct'}$  値を代入すると、

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{ct} + I_{ct'}) = -19.5 + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct'}$$

20

【0079】

【数5】

$I_{cr'}$  値を代入すると、

$$(I_{cr} + I_{cr'}) - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 + I_{cr'}$$

$I_{cs'}$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{(I_{cs} + I_{cs'})}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 - \frac{I_{cs'}}{2}$$

30

$I_{ct'}$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{(I_{ct} + I_{ct'})}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 - \frac{I_{ct'}}{2}$$

【0080】

前記式5の値がゼロになる $I_{cr'} = -73.8$ 、 $I_{cs'} = 147.6$ 、 $I_{ct'} = 147.6$ であるので、前記値を前記式4にそれぞれ代入すると、 $-19.5 + j0$ 、 $-147.3 + j0$ 、 $108.3 + j0$ であり、前記R相における $I_{cr'}$ 、 $I_{cs'}$ 、 $I_{ct'}$ 値を記憶部86に格納する。

40

【0081】

次に、前記R相と同様の方法でS相とT相に対して各々計算すると下記の通りになる。

【0082】

S相の無効分の漏れ電流値がゼロになる $I_{cr'} = -40.0$ 、 $I_{cs'} = 20.0$ 、 $I_{ct'} = -40.0$ であり、前記のようにそれぞれ代入すると、 $39.9 + j0$ 、 $73.6 + j0$ 、 $108.3 + j0$ であり、前記S相における $I_{cr'}$ 、 $I_{cs'}$ 、 $I_{ct'}$ 値を記憶部86に格納する。

【0083】

T相の無効分の漏れ電流値がゼロになる $I_{cr'} = -107.5$ 、 $I_{cs'} = -107.5$ 、 $I_{ct'} = 53.8$ であり、前記のようにそれぞれ代入すると、 $39.0 + j0$ 、 $-147.3$

50

+j0、-54.1+j0であり、前記T相における $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$ 値を記憶部86に格納する。

【0084】

次に、計算データ検証160の実行過程を説明する。

【0085】

前記各相別の90度ゼロ値計算140フローで計算されて記憶部86に格納された各相別の無効分の漏れ電流がゼロになる $I_c'$ 値を読み取り、前記各相別 $I_o1$ の同相分位相分計算130の実行結果であるR相電圧に対する零相漏れ電流 $I_o = 19.5 + j73.8$  (mA)、S相電圧に対する零相漏れ電流 $I_o = 73.6 - j20.0$  (mA)、T相電圧に対する零相漏れ電流 $I_o = -54.1 - j53.8$  (mA)を使用して、どの相の同相分と90度分が大きい或いは小さいかを検出する。まず、大きい値に関しては、同相分のうち最大値はS相の+73.6であるので、S相の同相分が+プラスされる場合は、S相の有効分の漏れ電流 $I_{rs}$ 又はR相の無効分の漏れ電流 $I_{cr}$ 値が、T相の有効分の漏れ電流 $I_{rt}$ 又はR相の有効分の漏れ電流 $I_{rr}$ 又はT相の無効分の漏れ電流 $I_{ct}$ 値より大きい場合であり、90度分のうち最大値はR相の+73.8であるので、R相の90度分が+プラスされる場合は、R相の無効分の漏れ電流 $I_{cr}$ 又はS相の有効分の漏れ電流 $I_{rs}$ 値が、S相の無効分の漏れ電流 $I_{cs}$ 又はT相の無効分の漏れ電流 $I_{ct}$ 又はT相の有効分の漏れ電流 $I_{cr}$ 値より大きい場合の組合せであって、上記の場合は2つの場合の条件を満たしているので、小さな場合を調べても同様に、電線路3と対地間に流れる零相漏れ電流成分のうち絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値はS相が、静電容量による無効分の漏れ電流値はR相が最も大きい。これにより、無効分の漏れ電流が零(ゼロ)になる各場合において、R相に該当しS相の同相分漏れ電流が+である場合の条件は、S相の無効分の漏れ電流値がゼロになる $I_{cr}' = -40$ であり、この時、S相の同相分の有効分の漏れ電流値は+39である。従って、実際の電線路3と対地間に流れる静電容量による無効分の漏れ電流は、R相に+40 (mA)程度他の相よりも多く流れており、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流は、S相に+39 (mA)程度他の相よりも多く流れることが分かる。

【0086】

2) 有効分の漏れ電流 $I_r = 0$ になる有効分ゼロ漏れ電流値を計算する場合

【0087】

図24に示す本発明の第2絶縁検出方法は、電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出できる電線路の絶縁検出方法において、絶縁検出装置の入力部で各種データ設定を行う段階と、前記入力部で設定された各種データや、記憶部にあらかじめ格納された各種データや、外部遠隔地で通信部を通じて入力される各種データを読み取る各種データ読取段階と、電線路の対地間の静電容量の平衡状態だけでなく、不均衡になっても電線路の絶縁状態を検出できる電線路の絶縁検出方法において、零相変流器の2次側で検出される零相漏れ電流成分の漏れ電流検出手段40で検出される漏れ電流成分 $I_o1$ 、電圧検出手段により周波数成分のみ抽出した3相各相別の電圧成分 $V_f$ 、電圧検出手段30で出力される3相各相別の電圧成分 $V_f$ に対する漏れ電流成分 $I_o1$ の位相差を検出する段階と、各相別の漏れ電流成分 $I_o1$ の同相分90度位相分を計算する段階と、各相別の同相分ゼロ値を計算する段階と、前記各相別同相分のゼロ値計算段階で計算されて記憶部に格納された各相別の有効分漏れ電流又は無効分の漏れ電流に対する計算データ検証段階と、前記計算データ検証段階で再計算された組合せ及び各相別の $I_o1$ 、 $V_f$ 検出段階のデータを外部に出力する表示又は/及び出力段階とで構成される。

【0088】

図23と共通する部分は説明を省略し、各相別同相分のゼロ値計算150の実行過程について説明する。3相各相別有効分の漏れ電流値 $I_r$ が零(ゼロ)になる絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値 $I_r$ を計算する。この値を計算する理由は、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流 $I_r$ がゼロになる場合、零相変流器10の2次側に無効分の漏れ電流 $I_c$ がどの程度流れるかを調べるためである。簡単に言えば、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流 $I_r$ を3相全て

平衡にするためであるが、ゼロ値よりやや大きい所定の値を選定することもできる。

【 0 0 8 9 】

まず R 相の場合を計算すると  $lo1rr = 0$ 、即ち、前記式 2 の値がゼロになるために零相変流器 10 の 1 次巻線に別途にどの相の有効分ゼロ漏れ電流  $lr'$  を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部 86 に格納された R 相の  $lo1rr$ 、 $lo1cr$  と、S 相の  $lo1rs$ 、 $lo1cs$  と、T 相の  $lo1rt$ 、 $lo1ct$  をそれぞれ読み取り、まず R 相の同相分有効分の漏れ電流が零（ゼロ）になるように、即ち、式 2 の値が零（ゼロ）になるための  $lrr'$  値、 $lrs'$  値、 $lrt'$  値を求め、前記  $lrr'$  値と  $lrs'$  値と  $lrt'$  値を次式 3 にそれぞれ代入した R 相電圧の 90 度分位相分の漏れ電流値  $lo1cr'$  は式 6 で表され、式 2 の値に代入した R 相の電圧の同相分の漏れ電流値  $lo1rr'$  は式 7 で表される。

10

【 0 0 9 0 】

【数 6】

$lrr'$  値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8$$

$lrs'$  値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} (Irs + lrs') - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8 + \frac{\sqrt{3} lrs'}{2}$$

$lrt'$  値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} (Irt + lrt') = 73.8 - \frac{\sqrt{3} lrt'}{2}$$

20

【 0 0 9 1 】

【数 7】

$lrr'$  値を代入すると、

$$(lrr - lrr') - \frac{Irs}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + lrr'$$

$lrs'$  値を代入すると、

$$lrr - \frac{(Irs + lrs')}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + \frac{lrs'}{2}$$

30

$lrt'$  値を代入すると、

$$lrr - \frac{Irs}{2} - \frac{(Irt + lrt')}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + \frac{lrt'}{2}$$

【 0 0 9 2 】

前記式 7 の値がゼロになる  $lrr' = 19.5$ 、 $lrs' = -39$ 、 $lrt' = -39$  であるので、前記値を前記式 6 にそれぞれ代入すると、 $0 + j73.8$ 、 $0 + j40$ 、 $0 + j107.6$  であり、前記 R 相における  $lrr'$ 、 $lrs'$ 、 $lrt'$  値を記憶部 86 に格納する。

40

【 0 0 9 3 】

次に、前記 R 相と同様の方法で S 相と T 相に対して各々計算すると下記の通りになる。

【 0 0 9 4 】

S 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる  $lrr' = 147.3$ 、 $lrs' = -73.7$ 、 $lrt' = 147.3$  であり、上記のようにそれぞれ代入すると  $0 - j147.5$ 、 $0 - j20$ 、 $0 + j107.5$  であり、前記 S 相における  $lrr'$ 、 $lrs'$ 、 $lrt'$  値を記憶部 86 に格納する。

【 0 0 9 5 】

T 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる  $lrr' = -108.3$ 、 $lrs' = -108.3$ 、 $lrt' = 54.1$  であり、上記のようにそれぞれ代入すると  $0 - j147.5$ 、 $0 + j40.0$

50

、 $0 - j53.8$  であり、前記 T 相における  $I_{rr}'$ 、 $I_{rs}'$ 、 $I_{rt}'$  値を記憶部 86 に格納する。

【0096】

次に、計算データ検証 160 の実行過程について説明する。

【0097】

前記各相別同相分のゼロ値計算 150 で計算されて記憶部 86 に格納された有効分の漏れ電流  $I_r$  がゼロになる  $I_r'$  値を読み取り、前記各相別  $I_{o1}$  の同相分の位相分計算 130 の実行結果である R 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = 19.5 + j73.8$  (mA)、S 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = 73.6 - j20.0$  (mA)、T 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = -54.1 - j53.8$  (mA) を使用して、どの相の同相分及び 90 度分が大きいかわきいかを調べる。

【0098】

まず、大きい値に関して、同相分のうち最大値は S 相の  $+73.6$  であるので、S 相の同相分が + プラスされる場合は、S 相の有効分の漏れ電流  $I_{rs}$  又は R 相の無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  値が、T 相の有効分の漏れ電流  $I_{rt}$  又は R 相の有効分の漏れ電流  $I_{rr}$  又は T 相の無効分の漏れ電流  $I_{ct}$  値より大きい場合であり、90 度分のうち最大値は R 相の  $+73.8$  であるので、R 相の 90 度分が + プラスされる場合は、R 相の無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  又は S 相の有効分の漏れ電流  $I_{rs}$  値が、S 相の無効分の漏れ電流  $I_{cs}$  又は T 相の無効分の漏れ電流  $I_{ct}$  又は T 相の有効分の漏れ電流  $I_{cr}$  値より大きい場合の組合せであって、前記場合は 2 つの場合の条件を満たしているので、小さな場合を調べても同様に、電線路 3 と対地間に流れる零相漏れ電流成分のうち絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値は S 相が、静電容量による無効分の漏れ電流値は R 相が最も大きい。従って、有効分の漏れ電流が零 (ゼロ) になる各場合において、R 相に該当して R 相の 90 度分漏れ電流が + である場合の条件は、R 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{rs}' = -39$  であり、この時 R 相の 90 度分の無効分の漏れ電流値は  $+40$  である。よって、実際の電線路 3 と対地間に流れる静電容量による無効分の漏れ電流は、R 相に  $+40$  (mA) 程度他の相よりも多く流れており、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流は、S 相に  $+39$  (mA) 程度他の相よりも多く流れることが分かる。

【0099】

3) 無効分の漏れ電流  $I_c = 0$ 、有効分の漏れ電流  $I_c = 0$  である時、有効分ゼロ漏れ電流値と無効分ゼロ漏れ電流値を計算する場合。

【0100】

図 25 に示す本発明の第 3 の検出方法は、図 23 及び図 24 を結合した方法である。既に図 23 及び図 24 で説明した段階は省略し、各相別 90 度分のゼロ値計算 140 の実行について説明する。

【0101】

3 相各相別に無効分の漏れ電流値が零 (ゼロ) になる静電容量による無効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、静電容量による無効分の漏れ電流  $I_c$  がゼロになる場合、零相変流器 10 の 2 次側にはどの成分の有効分の漏れ電流が流れるかを調べるためである。簡単に言えば、静電容量による無効分の漏れ電流を 3 相全て平衡にするためである。まず、R 相の場合を計算すると、 $I_{o1cr}$  がゼロになる、つまり、前記式 3 の値がゼロになるために、零相変流器 10 の 1 次巻線に別途にどの相のどの程度の大きさの無効分ゼロ漏れ電流  $I_c'$  を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部 86 に格納された R 相の  $I_{o1rr}$ 、 $I_{o1cr}$  と、S 相の  $I_{o1rs}$ 、 $I_{o1cs}$  と、T 相の  $I_{o1rt}$ 、 $I_{o1ct}$  を各々読み取り、まず R 相の 90 度無効分の漏れ電流が零 (ゼロ) になるように、即ち、式 3 の値が零 (ゼロ) になるための  $I_{cr}'$  値、 $I_{cs}'$  値、 $I_{ct}'$  値を求め、前記  $I_{cr}'$  値と  $I_{cs}'$  値と  $I_{ct}'$  値を前記式 2 にそれぞれ代入した R 相電圧の同相分の漏れ電流値  $I_{o1rr}'$  は式 8 で示され、式 3 の値に代入した R 相の電圧の 90 度位相分の漏れ電流値  $I_{o1cr}'$  は式 9 で示される。

【0102】

10

20

30

40

50

## 【数 8】

Icr' 値を代入すると、

$$Irr - \frac{Irs}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5$$

Ics' 値を代入すると、

$$Irr - \frac{Irs}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} (Ics + Ics') + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics'$$

Ict' 値を代入すると、

$$Irr - \frac{Irs}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} (Ict + Ict') = -19.5 + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict'$$

10

## 【0103】

## 【数 9】

Icr' 値を代入すると、

$$(Icr + Icr') - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8 + Icr'$$

Ics' 値を代入すると、

$$Icr - \frac{(Ics + Ics')}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8 - \frac{Ics'}{2}$$

20

Ict' 値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{(Ict + Ict')}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8 - \frac{Ict'}{2}$$

## 【0104】

前記式 9 の値がゼロになる  $Icr' = -73.8$ 、 $Ics' = 147.6$ 、 $Ict' = 147.6$  であるので、前記値を前記式 8 にそれぞれ代入すると、 $-19.5 + j0$ 、 $-147.3 + j0$ 、 $108.3 + j0$  であり、前記 R 相における  $Icr'$ 、 $Ics'$ 、 $Ict'$  値を記憶部 86 に格納する。

30

## 【0105】

次に、前記 R 相と同様の方法で S 相と T 相に対して各々計算すると下記の通りになる。

## 【0106】

S 相の無効分の漏れ電流値がゼロになる  $Icr' = -40.0$ 、 $Ics' = 20.0$ 、 $Ict' = -40.0$  であり、上記の通りそれぞれ代入すると、 $39.9 + j0$ 、 $73.6 + j0$ 、 $108.3 + j0$  であり、前記 S 相における  $Icr'$ 、 $Ics'$ 、 $Ict'$  値を記憶部 86 に格納する。

## 【0107】

T 相の無効分の漏れ電流値がゼロになる  $Icr' = -107.5$ 、 $Ics' = -107.5$ 、 $Ict' = 53.8$  であり、上記の通りそれぞれ代入すると、 $39.0 + j0$ 、 $-147.3 + j0$ 、 $-54.1 + j0$  であり、前記 T 相における  $Icr'$ 、 $Ics'$ 、 $Ict'$  値を記憶部 86 に格納する。

40

## 【0108】

次に、各相別の同相分のゼロ値計算 150 の実行過程について説明する。

## 【0109】

前記各相別 90 度分のゼロ値計算 140 のフローとほぼ同様の方法で、3 相各相別に有効分の漏れ電流値が零（ゼロ）になる絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流  $I_r$  がゼロになる場合、零相変流器 10 の 2 次側に無効分の漏れ電流がどの程度流れるかを調べるためである。簡単に言えば、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流を 3 相全て平衡にするためである。まず R 相の場合

50

を計算すると、 $Io1rr$ がゼロになる、つまり、前記式2の値がゼロになるために、零相変流器10の1次巻線に別途にどの相の有効分のゼロ漏れ電流 $Ir'$ を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部86に格納されたR相の $Io1rr$ 、 $Io1cr$ と、S相の $Io1rs$ 、 $Io1cs$ と、T相の $Io1rt$ 、 $Io1ct$ を各々読み取り、まずR相の同相分有効分の漏れ電流が零（ゼロ）になるように、即ち、式2の値が零（ゼロ）になるための $Irr'$ 値、 $Irs'$ 値、 $Irt'$ 値を求め、前記 $Irr'$ 値と $Irs'$ 値と $Irt'$ 値を、次のように前記式3にそれぞれ代入したR相電圧の90度分位相分の漏れ電流値 $Io1cr'$ は次の式10で表される。また、式2の値に代入したR相電圧の同相分の漏れ電流値 $Io1rr'$ は式11で表される。

【0110】

【数10】

10

$Irr'$  値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8$$

$Irs'$  値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} (Irs + Irs') - \frac{\sqrt{3}}{2} Irt = 73.8 + \frac{\sqrt{3} Irs'}{2}$$

$Irt'$  値を代入すると、

$$Icr - \frac{Ics}{2} - \frac{Ict}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} Irs - \frac{\sqrt{3}}{2} (Irt + Irt') = 73.8 - \frac{\sqrt{3} Irt'}{2}$$

20

【0111】

【数11】

$Irr'$  値を代入すると、

$$(Irr - Irr') - \frac{Irs}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + Irr'$$

$Irs'$  値を代入すると、

$$Irr - \frac{(Irs + Irs')}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + \frac{Irs'}{2}$$

30

$Irt'$  値を代入すると、

$$Irr - \frac{Irs}{2} - \frac{(Irt + Irt')}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + \frac{Irt'}{2}$$

【0112】

前記式11の値がゼロになる $Irr' = 19.5$ 、 $Irs' = -39$ 、 $Irt' = -39$ であるので、前記値を前記式10にそれぞれ代入すると、 $0 + j73.8$ 、 $0 + j40$ 、 $+j107.6$ であり、前記R相における $Irr'$ 、 $Irs'$ 、 $Irt'$ 値を記憶部86に格納する。

40

【0113】

次に、前記R相と同様の方法でS相とT相に対して各々計算すると下記の通りになる。

【0114】

S相の有効分の漏れ電流値がゼロになる $Irr' = 147.3$ 、 $Irs' = -73.7$ 、 $Irt' = 147.3$ であり、上記の通りそれぞれ代入すると、 $0 - j147.5$ 、 $0 - j20$ 、 $0 + j107.5$ であり、前記S相における $Irr'$ 、 $Irs'$ 、 $Irt'$ 値を記憶部86に格納する。

【0115】

T相の有効分の漏れ電流値がゼロになる $Irr' = -108.3$ 、 $Irs' = -108.3$ 、 $Irt' = 54.1$ であり、上記の通りそれぞれ代入すると、 $0 - j147.5$ 、 $0 + j40.0$ 、 $0 - j53.8$ であり、前記T相における $Irr'$ 、 $Irs'$ 、 $Irt'$ 値を記憶部86に格納する

50

。

## 【 0 1 1 6 】

次いで、計算データ検証 1 6 0 が実行されると、前記各相別の 9 0 度ゼロ値計算 1 4 0 フローで計算されて記憶部 8 6 に格納された各相別の無効分の漏れ電流がゼロになる  $I_{c'}$  値と、前記各相別の同相分のゼロ値計算 1 5 0 により計算されて記憶部 8 6 に格納された有効分の漏れ電流がゼロになる  $I_{r'}$  値をそれぞれケース別に組み合わせて、零相漏れ電流に該当する  $I_o$  値がゼロになる場合の組合せを検出する。各ケース別に組み合わせて再計算して、 $I_o$  値がゼロになり、前記ケースは S 相の絶縁抵抗による漏れ電流が最も大きい値に対する場合であるので、選択された組合せは  $I_{rs'} = -39.0$ 、 $I_{cr'} = -40.0$  の組合せである。前記結果によれば、S 相の絶縁抵抗による有効分の漏れ電流が他の R 相及び T 相より 3 9 mA 程度大きく、R 相の静電容量による無効分の漏れ電流が他の S 相及び T 相より 4 0 mA 程度大きいことを意味する。即ち、S 相は絶縁抵抗が最も低い絶縁不良であり、R 相の対地間の静電容量値が最も大きいことが分かる。

10

## 【 0 1 1 7 】

図 2 3 乃至図 2 5 に示す表示 & 出力 ( 1 7 0 ) の実行について説明する。

## 【 0 1 1 8 】

前記計算データ検証 ( 1 6 0 ) 動作フローで再度計算された組合せ及び各相別  $I_o1$ 、 $V_f$  検出 1 2 0 動作フローの結果を示すもので、有効分の漏れ電流 ( $I_{or} = 39 \text{ mA}$ )、無効分の漏れ電流 ( $I_{oc} = 40 \text{ mA}$ )、零相漏れ電流 ( $I_o = 76.3 \text{ mA}$ )、最大絶縁不良である相の情報 (例えば上記の例では S 相)、最大に静電容量による無効分の漏れ電流が流れる相の情報 (例えば上記の例では T 相) 等、検出されたデータを表示部 8 4 に表示する。さらに、前記各相別の  $I_o1$ 、 $V_f$  検出 ( 1 2 0 ) 動作フローで検出された電線路 3 と対地間の相電圧値を前記有効分の漏れ電流  $I_{or} = 39 \text{ mA}$  に対する絶縁抵抗値 R、又は前記無効分の漏れ電流  $I_{oc} = 40 \text{ mA}$  に対する静電容量値 C 等のデータも出力して表示することができる。

20

## 【 0 1 1 9 】

ここで絶縁抵抗値 R は式 1 2 で表され、静電容量値 C は式 1 3 で表される。式 1 2 及び 1 3 において、電圧増幅係数は電圧検出手段 3 0 の増幅関連係数であり、零相変流器 1 0 を含む漏れ電流検出手段 4 0 の増幅関連係数を 1 と仮定する。

30

## 【 0 1 2 0 】

[ 数 1 2 ]

絶縁抵抗値 ( R ) = 電圧電圧増幅係数  $\times V_f / I_{or}$

## 【 0 1 2 1 】

[ 数 1 3 ]

静電容量値 ( C ) =  $I_c / ( 2 \pi f \times \text{電圧増幅係数} \times V_f )$

## 【 0 1 2 2 】

そして、通信部 9 0 を通じて様々な形態の通信方式 ( RS - 232、RS - 485、RS - 422、CDMA、電力線通信 ) 等を用いて、外部に上記のようなデータを出力することができる。

40

## 【 0 1 2 3 】

さらに、前記各種データのうちあらかじめ記憶部 8 6 に格納されているか、或いは入力部 8 2 を介して入力されるか、或いは通信部 9 0 を介して入力される警報設定値と比較して、有効漏れ電流値 ( $I_{or}$  又は  $I_r$ ) より大きいか、絶縁抵抗値 R より小さい場合は、警報アラーム出力を表示部 8 4 に表示したり、通信部 9 0 を介してアラームを出力することができる。

## 【 0 1 2 4 】

( 第 2 実施例 )

本発明の絶縁検出装置の第 2 実施例を説明する。

## 【 0 1 2 5 】

図 2 3 乃至図 2 5 は、図 1 0 及び図 1 1 で説明した第 1 実施例と同様に、第 2 実施例で

50

も使用できる絶縁検出装置及び検出方法に関する動作フローチャートである。

【0126】

図10は、図2～図7で使用される絶縁検出装置の第2実施例のブロック図である。

【0127】

本発明の絶縁検出装置20は、電線路3の対地間の電圧成分を検出して所定の大きさに変換して、順次に選択された相の電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出する電圧検出手段30と、負荷4を含む電線路3の対地間の零相漏れ電流 $I_0$ を検出する零相変流器10の2次側で検出された零相漏れ電流 $I_0$ 成分を電圧成分に変換して、増幅及び所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出する漏れ電流検出手段40と、前記電圧検出手段30の3相各相に対する出力値と前記漏れ電流検出手段40の出力値の位相差を比較するための位相比較手段50と、前記漏れ電流検出手段40の出力値のアナログ成分をデジタル成分に変換するためのアナログ/デジタル変換部60と、各種データを読み取って出力し、演算及び制御機能を有する演算制御部70と、各種データを入力して表示する入出力手段80と、及び外部で遠隔監視するための通信部90とを有して構成される。前記入出力手段80は、入力部82と、表示部84と、記憶部86とで構成される。

【0128】

図11に示すように、負荷を含む電線路3の3相電圧成分を検出するための電圧検出手段30は、電圧検出線(12、13、14)により検出された電圧成分を所定の大きさに変換するための電圧検出部31と、前記電圧検出部31で変換された3相電圧成分のうち、順次に前記演算制御部70で制御出力信号のRST電圧制御信号によって3相のうちの1相の電圧成分を選択するための相選択部32と、前記相選択部32で選択された相の電圧成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出するための電圧フィルタ部33とで構成され、前記漏れ電流検出手段40は、負荷4を含む電線路3の対地間の零相漏れ電流 $I_0$ 成分を検出する零相変流器10の2次側で検出された漏れ電流成分を電圧成分に変換するための電流/電圧変換部41と、前記電流/電圧変換部41で変換された零相漏れ電流 $I_0$ 成分を増幅するための増幅部42と、前記増幅部42で増幅された零相漏れ電流 $I_0$ 成分に該当する漏れ電流成分のうち所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出するための電流フィルタ部43とで構成される。

【0129】

前記位相比較手段50は、前記電圧検出手段30で出力される3相各相の電圧成分の波形を整形するための電圧成分波形整形部51と、前記漏れ電流検出手段40から出力される零相漏れ電流 $I_0$ 成分に該当する漏れ電流成分の波形を整形するための電流成分波形整形部52と、前記電圧成分波形整形部51の出力に対する前記電流成分波形整形部52の出力の位相差を検出するための位相差検出部53とで構成される。図10では、前記アナログ/デジタル変換部60に入力される値は、前記漏れ電流検出手段40の出力値のみであるが、図11では、前記アナログ/デジタル変換部60に入力される値として、前記漏れ電流検出手段40の出力値と、前記電圧検出手段30の出力値の2つのアナログ成分が入力されており、電線路3の電圧成分値を読み取り、漏れ電流値だけでなく絶縁抵抗値の計算にも使用する場合と、漏れ電流値のみ計算して絶縁抵抗値は計算しない場合とによって異なるが、本発明の実施例では、絶縁状態の監視に必要な多様な値で表すために絶縁抵抗値の計算まで行う実施例を説明する。

【0130】

以下、絶縁検出装置20の第2実施例である図11及び絶縁検出装置20の動作フローチャートである図23を参照して詳細に説明する。

【0131】

図11及び図23に示すように、絶縁検出装置20の記憶部86に格納された主要フローにおいて、キーパッドやスイッチ等の部品として絶縁検出装置20で使用される各種データ、例えば、複数個の絶縁検出装置20が設置されている場合、各絶縁検出装置20別の番号アドレス、警報設定値等のデータを設定できる機能を有する入力部82における各

種データ設定 100 が行われる。次に、入力部 82 で設定された各種データや、記憶部 86 にあらかじめ格納された各種データや、外部遠隔地から通信部 90 を介して入力される各種データを読み取る各種データ読取 110 動作が行われる。

#### 【0132】

次に、各相別の  $I_{o1}$ 、 $V_f$  検出 120 が実行されると、上記図 10 ~ 図 11 の零相変流器 10 の 2 次側で検出される零相漏れ電流成分  $I_o$  は、電流を電圧に変換する電流 / 電圧変換部 41 で電圧成分に変換され、増幅部 42 で増幅され、電流フィルタ部 43 で所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出した零相漏れ電流に該当する成分  $I_{o1}$  をアナログ / デジタル変換部 60 及び位相比較手段 50 に出力する。前記アナログ / デジタル変換部 60 に入力された零相漏れ電流に該当する成分  $I_{o1}$  値をデジタル値に変換して、演算制御部 70 で読み取り記憶部 86 に格納する。

10

#### 【0133】

そして、電圧検出線 (12、13、14) により入力される電線路 3 と対地間の 3 相各相の電圧成分は、図 14 ~ 図 21 で示す実施例と同様の電圧検出部 31 において抵抗やコンデンサ、又はトランス、又は 120 度移相部 311、及び 240 度移相部 312 を利用して、絶縁検出装置 20 で使用可能な電圧に分割される。

#### 【0134】

前記電圧検出部 31 で出力される 3 相各相の電圧成分を検出するために、演算制御部 70 における RST 電圧制御信号により、まず R 相の選択を指示する制御信号によって相選択部 32 で  $sw1$  を a に接続すると、R 相の電圧成分が電圧フィルタ部 33 に入力される。前記相選択部 32 により選択された R 相の電圧成分は、電圧フィルタ部 33 で所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出した  $V_f$  (即ち、R 相の  $V_{f\_r}$  に該当する) 値を位相比較手段 50 及びアナログ / デジタル変換部 60 に出力する。前記アナログ / デジタル変換部 60 に入力された対地間電圧成分  $V_{f\_r}$  値をデジタル値に変換して、演算制御部 70 で読み取り、記憶部 86 に格納する。そして、前記位相比較手段 50 に入力された対地間の電圧成分  $V_{f\_r}$  を電圧成分波形整形部 51 で波形を整形した値と、前記漏れ電流検出手段 40 で出力された零相漏れ電流成分に該当する 1 つの漏れ電流成分  $I_{o1}$  を電圧成分波形整形部 52 で波形を整形した値を利用して、位相差検出部 53 では前記電圧成分波形整形部 51 で出力される電圧成分に対する前記電流成分波形整形部 52 で出力される 1 つの漏れ電流成分との位相差、即ち、R 相電圧成分  $V_{f\_r}$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差  $\theta_r$  を検出し、演算制御部 70 で読み取り、記憶部 83 に格納する。

20

30

#### 【0135】

次に、演算制御部 70 における RST 電圧制御信号により、まず S 相の選択を指示する制御信号によって相選択部 32 で  $sw1$  を b に接続すると、S 相の電圧成分が電圧フィルタ部 33 に入力される。前記相選択部 32 により選択された S 相の電圧成分は、電圧フィルタ部 33 で所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出した  $V_f$  (即ち、S 相の  $V_{f\_s}$  に該当する) 値を位相比較手段 50 及びアナログ / デジタル変換部 60 に出力する。前記アナログ / デジタル変換部 60 に入力された対地間電圧成分  $V_{f\_s}$  値をデジタル値に変換して演算制御部 70 で読み取り、記憶部 86 に格納する。そして、前記位相比較手段 50 に入力された対地間の電圧成分  $V_{f\_s}$  を電圧成分波形整形部 51 で波形を整形した値と、前記漏れ電流検出手段 40 で出力された零相漏れ電流成分に該当する 1 つの漏れ電流成分  $I_{o1}$  を電圧成分波形整形部 52 で波形を整形した値を用いて、位相差検出部 53 では前記電圧成分波形整形部 51 で出力される電圧成分に対する前記電流成分波形整形部 52 で出力される 1 つの漏れ電流成分との位相差、即ち、S 相電圧成分  $V_{f\_s}$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差  $\theta_s$  を検出して、演算制御部 70 で読み取り、記憶部 83 に格納する。

40

#### 【0136】

次に、演算制御部 70 における RST 電圧制御信号により、まず T 相の選択を指示する制御信号によって相選択部 32 で  $sw1$  を c に接続すると、T 相の電圧成分が電圧フィルタ部 33 に入力される。前記相選択部 32 により選択された T 相の電圧成分は、電圧フィル

50

タ部 3 3 で所定周波数以下の周波数成分又は商用周波数帯域の周波数成分を抽出した  $V_f$  (即ち、T 相の  $V_{f\_t}$  に該当する) 値を位相比較手段 5 0 及びアナログ / デジタル変換部 6 0 に出力する。前記アナログ / デジタル変換部 6 0 に入力された対地間電圧成分  $V_{f\_t}$  値をデジタル値に変換して演算制御部 7 0 で読み取り、記憶部 8 6 に格納する。そして、前記位相比較手段 5 0 に入力された対地間の電圧成分  $V_{f\_t}$  を電圧成分波形整形部 5 1 で波形を整形した値と、前記漏れ電流検出手段 4 0 で出力された零相漏れ電流成分に該当する 1 つの漏れ電流成分  $I_{o1}$  を電流成分波形整形部 5 2 で波形を整形した値を用いて、位相差検出部 5 3 では前記電圧成分波形整形部 5 1 から出力される電圧成分に対する前記電流成分波形整形部 5 2 から出力される 1 つの漏れ電流成分との位相差、即ち、T 相電圧成分  $V_{f\_t}$  に対する漏れ電流成分  $I_{o1}$  の位相差  $\theta$  を検出して、演算制御部 7 0 で読み取り、記憶部 8 3

10

#### 【0137】

上述の  $V_f$ 、 $I_o$ 、 $\theta$  値の計算について例をあげて説明する。説明を簡単にするために、前記零相変流器 1 0 を含む漏れ電流検出手段 4 0 の増幅関係数は 1、電圧検出手段 3 0 の増幅関係数は 0.001 (即ち  $1/1000$ ) と仮定すると、3 相電線路 3 と対地間電圧は 220V、周波数は 60Hz であり、3 相各相と対地間の絶縁抵抗に流れる漏れ電流、つまり R 相は  $I_{rr} = 1\text{mA}$ 、S 相は  $I_{rs} = 40\text{mA}$ 、T 相は  $I_{rt} = 1\text{mA}$  であり、3 相各相と対地間の静電容量に流れる漏れ電流、つまり R 相は  $I_{cr} = 60\text{mA}$ 、S 相は  $I_{cs} = 20\text{mA}$ 、T 相は  $I_{ct} = 20\text{mA}$  である。

20

#### 【0138】

前記各相別の  $I_{o1}$ 、 $\theta$ 、 $V_f$  検出 120 のフローから検出されて記憶部 8 6 に格納された値は  $I_{o1}$  は 76.3mA、 $V_{f\_r}$ 、 $V_{f\_s}$ 、 $V_{f\_t}$  は 220mV、 $\theta_r$  は 104.8、 $\theta_s$  は -15.2、 $\theta_t$  は -135.2 である。

#### 【0139】

次に、各相別  $I_{o1}$  の同相分の 90 度位相分計算 130 を行う場合、前記各相別の  $I_{o1}$ 、 $\theta$ 、 $V_f$  検出 120 で検出されて記憶部 8 6 に格納された  $I_{o1}$  と  $\theta_r$ 、 $\theta_s$ 、 $\theta_t$  値を読み取り、3 相の各相に対して零相漏れ電流に該当する漏れ電流  $I_{o1}$  の電圧に対する同相分  $\cos$  と、電圧に対する 90 度位相分 ( $\sin$ ) 値を計算して記憶部 8 6 に格納する。より詳細に説明すると、R 相の同相分の漏れ電流  $I_{o1rr}$  は  $I_{o1} \cos \theta_r$  であり、R 相の 90 度位相分の漏れ電流  $I_{o1cr}$  は  $I_{o1} \sin \theta_r$  であり、S 相の同相分の漏れ電流  $I_{o1rs}$  は  $I_{o1} \cos \theta_s$  であり、S 相の 90 度位相分の漏れ電流  $I_{o1cs}$  は  $I_{o1} \sin \theta_s$  であり、T 相の同相分の漏れ電流  $I_{o1rt}$  は  $I_{o1} \cos \theta_t$  であり、T 相の 90 度位相分の漏れ電流  $I_{o1ct}$  は  $I_{o1} \sin \theta_t$  である。

30

#### 【0140】

上記例で説明した値を置換して計算すると下記の通りである。即ち、 $I_{o1rr} = -19.5\text{mA}$ 、 $I_{o1cr} = 73.8\text{mA}$ 、 $I_{o1rs} = 73.6\text{mA}$ 、 $I_{o1cs} = -20.0\text{mA}$ 、 $I_{o1rt} = -54.1\text{mA}$ 、 $I_{o1ct} = -53.8\text{mA}$  であって、R 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o$  は  $-19.5 + j73.8$  (mA) であり、S 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o$  は  $73.6 - j20$  (mA) であり、T 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o$  は  $-54.1 - j53.8$  (mA) である。

40

#### 【0141】

上記計算値に関して、3 相各相の電圧に対する同相分の漏れ電流値と電圧に対する 90 度位相分の漏れ電流値との関数関係を説明する。負荷 4 を含む電線路 3 の対地間に流れる零相漏れ電流  $I_o$  成分は式 14 で表される。式 14 の 3 相電圧成分に対する零相漏れ電流を R 相の電圧成分値に変換し、R 相電圧と同相分の零相漏れ電流成分、即ち、 $I_{o1rr}$  に該当する値は式 15 で表され、R 相電圧と 90 度位相分の零相漏れ電流成分、即ち、 $I_{o1cr}$  は式 16 で表される。

#### 【0142】

【数 1 4】

$$I_o^\circ = \frac{V_{R^\circ}}{R_r} + \frac{V_{S^\circ}}{R_s} + \frac{V_{T^\circ}}{R_t} + j(\omega C_r V_{R^\circ} + \omega C_s V_{S^\circ} + \omega C_t V_{T^\circ})$$

$$= I_{rr}^\circ + I_{cs}^\circ + I_{ct}^\circ + j(I_{cr}^\circ + I_{cs}^\circ + I_{ct}^\circ)$$

【0 1 4 3】

ここで、VとIはベクトル関数である。

【0 1 4 4】

【数 1 5】

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct}$$

10

【0 1 4 5】

ここで、Iは実数値である。

【0 1 4 6】

【数 1 6】

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt}$$

【0 1 4 7】

ここで、Iは実数値である。

20

【0 1 4 8】

S相とT相の同相分の漏れ電流と90度分の漏れ電流の関係式は、前記R相の同相分の漏れ電流及び90度分の漏れ電流と、各々120度及び-120度の位相差を有する。

【0 1 4 9】

前記式15及び式16のように、R相の同相分の漏れ電流にはR相の絶縁抵抗によって流れる有効分の漏れ電流 $I_{rr}$ だけでなく、S相及びT相の絶縁抵抗に流れる有効分の漏れ電流 $I_{rs}$ 、 $I_{rt}$ と、S相及びT相の静電容量に流れる無効分の漏れ電流 $I_{cs}$ 、 $I_{ct}$ が共に含まれており、R相の90度分の漏れ電流にはR相の静電容量によって流れる無効分の漏れ電流 $I_{cr}$ だけでなく、S相及びT相の静電容量に流れる無効分の漏れ電流 $I_{cs}$ 、 $I_{ct}$ と、S相及びT相の絶縁抵抗に流れる有効分の漏れ電流 $I_{rs}$ 、 $I_{rt}$ が共に含まれていることが分かる。そして、従来の零相変流器により流れる零相漏れ電流 $I_o$ の検出だけでは正確な絶縁状態を検知することができないことも、前記式15及び式16から類推できる。

30

【0 1 5 0】

1) 図23の各相別の90度分のゼロ値計算140について説明する。

【0 1 5 1】

3相各相別に無効分の漏れ電流値が零(ゼロ)になる静電容量による無効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、静電容量による無効分の漏れ電流 $I_c$ がゼロになる場合、零相変流器10の2次側にどの成分の有効分の漏れ電流が流れるかを調べるためである。簡単に言えば、静電容量による無効分の漏れ電流を3相全て平衡にするためである。まずR相の場合を計算すると、 $I_{o1cr}$ がゼロになる、即ち、前記式16の値がゼロになるために、零相変流器10の1次巻線に別途にどの相のどの程度の大きさの無効分ゼロ漏れ電流 $I_c'$ を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部86に格納されたR相の $I_{o1rr}$ 、 $I_{o1cr}$ と、S相の $I_{o1rs}$ 、 $I_{o1cs}$ と、T相の $I_{o1rt}$ 、 $I_{o1ct}$ をそれぞれ読み取り、まずR相の90度無効分の漏れ電流が零(ゼロ)になるように、即ち、式3の値が零(ゼロ)になるための $I_{cr}'$ 値、 $I_{cs}'$ 値、 $I_{ct}'$ 値を求め、前記 $I_{cr}'$ 値と $I_{cs}'$ 値と $I_{ct}'$ 値を次のように前記式15にそれぞれ代入したR相電圧の同相分の漏れ電流値 $I_{o1rr}'$ は式17で表され、式16の値に代入したR相の電圧の90度位相分の漏れ電流値 $I_{o1cr}'$ は式18で表される。

40

【0 1 5 2】

50

## 【数 17】

$I_{cr}'$  値を代入すると、

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct} = -19.5$$

$I_{cs}'$  値を代入すると、

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{cs} + I_{cs}') + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct} = -19.5 - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs}'$$

$I_{ct}'$  値を代入すると、

$$I_{rr} - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{ct} + I_{ct}') = -19.5 + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct}'$$

10

## 【0153】

## 【数 18】

$I_{cr}'$  値を代入すると、

$$(I_{cr} + I_{cr}') - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 + I_{cr}'$$

$I_{cs}'$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{(I_{cs} + I_{cs}')}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 - \frac{I_{cs}'}{2}$$

20

$I_{ct}'$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{(I_{ct} + I_{ct}')}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 - \frac{I_{ct}'}{2}$$

## 【0154】

前記式 18 の値がゼロになる  $I_{cr}' = -73.8$ 、 $I_{cs}' = 147.6$ 、 $I_{ct}' = 147.6$  であるので、前記値を前記式 17 にそれぞれ代入すると、 $-19.5 + j0$ 、 $-147.3 + j0$ 、 $108.3 + j0$  であり、前記 R 相における  $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$  値を記憶部 86 に格納する。

30

## 【0155】

次に、前記 R 相と同様の方法で S 相と T 相に対して各々計算すると下記の通りになる。

## 【0156】

S 相の無効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{cr}' = -40.0$ 、 $I_{cs}' = 20.0$ 、 $I_{ct}' = -40.0$  であり、上記のようにそれぞれ代入すると  $39.9 + j0$ 、 $73.6 + j0$ 、 $108.3 + j0$  であり、前記 S 相における  $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$  値を記憶部 86 に格納する。

## 【0157】

T 相の無効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{cr}' = -107.5$ 、 $I_{cs}' = -107.5$ 、 $I_{ct}' = 53.8$  であり、上記のようにそれぞれ代入すると  $39.0 + j0$ 、 $-147.3 + j0$ 、 $-54.1 + j0$  であり、前記 T 相における  $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$  値を記憶部 86 に格納する。

40

## 【0158】

次に、計算データ検証 160 の実行過程について説明する。

## 【0159】

前記各相別の 90 度ゼロ値計算 140 フローで計算されて記憶部 86 に格納された各相別無効分の漏れ電流がゼロになる  $I_{c'}$  値を読み取り、前記各相別 101 の同相分の位相分計算 130 の実行結果である R 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = 19.5 + j73.8$  (mA)、S 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = 73.6 - j20.0$  (mA)、T 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = -54.1 - j53.8$  (mA) を利用して、どの相の同相分と 90 度分

50

が大きいか或いは小さいかを検査する。まず大きい値に関しては、同相分のうち最大値は S 相の + 73.6 であるので、S 相の同相分が + (プラス) される場合は、S 相の有効分の漏れ電流  $I_{rs}$  又は R 相の無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  値が、T 相の有効分の漏れ電流  $I_{rt}$  又は R 相の有効分の漏れ電流  $I_{rr}$  又は T 相の無効分の漏れ電流  $I_{ct}$  値より大きい場合であり、90 度分のうち最大値は R 相の + 73.8 であるので、R 相の 90 度分が + (プラス) される場合は、R 相の無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  又は S 相の有効分の漏れ電流  $I_{rs}$  値が、S 相の無効分の漏れ電流  $I_{cs}$  又は T 相の無効分の漏れ電流  $I_{ct}$  又は T 相の有効分の漏れ電流  $I_{cr}$  値より大きい場合の組合せであり、前記場合は 2 つの場合の条件を満たしているので、小さな場合を調べても同様に電線路 3 と対地間に流れる零相漏れ電流成分のうち、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値は S 相が、静電容量による無効分の漏れ電流値は R 相が最も大きい。よって、無効分の漏れ電流が零 (ゼロ) になる各場合において、R 相に該当し S 相の同相分漏れ電流が + である場合の条件は、S 相の無効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{cr}' = -40$  であり、この時、S 相の同相分の有効分の漏れ電流値は + 39 である。従って、実際の電線路 3 と対地間に流れる静電容量による無効分の漏れ電流は、R 相が + 40 (mA) 程度他の相より多く流れており、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流は、S 相が + 39 (mA) 程度他の相より多く流れることが分かる。

10

【0160】

2) 各相別同相分のゼロ値計算 150 について説明する。

【0161】

図 24 において、各相別同相分のゼロ値計算 150 が実行されると、3 相各相別に有効分の漏れ電流値が零 (ゼロ) になる絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流  $I_r$  がゼロになる場合、零相変流器 10 の 2 次側に無効分の漏れ電流がどの程度流れるかを調べるためである。簡単に言えば、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流を 3 相全て平衡にするためである。まず R 相の場合を計算すると、 $I_{o1rr}$  がゼロになる、即ち、前記式 2 の値がゼロになるために零相変流器 10 の 1 次巻線に別途にどの相の有効分ゼロ漏れ電流  $I_r'$  を流すべきかを計算するものである。

20

【0162】

既に説明した、記憶部 86 に格納された R 相の  $I_{o1rr}$ ,  $I_{o1cr}$  と、S 相の  $I_{o1rs}$ ,  $I_{o1cs}$  と、T 相の  $I_{o1rt}$ ,  $I_{o1ct}$  をそれぞれ読み取り、まず R 相の同相分有効分の漏れ電流が零 (ゼロ) になるように、即ち式 15 の値が零 (ゼロ) になるための  $I_{rr}'$  値、 $I_{rs}'$  値、 $I_{rt}'$  値を求め、前記  $I_{rr}'$  値と  $I_{rs}'$  値と  $I_{rt}'$  値を次のように式 16 にそれぞれ代入した R 相電圧の 90 度位相分の漏れ電流値  $I_{o1cr}'$  は式 19 で表され、式 15 の値に代入した R 相の電圧の同相分の漏れ電流値  $I_{o1rr}'$  は式 20 で表される。

30

【0163】

【数 19】

$I_{rr}'$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8$$

40

$I_{rs}'$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{rs} + I_{rs}') - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 + \frac{\sqrt{3} I_{rs}'}{2}$$

$I_{rt}'$  値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{rt} + I_{rt}') = 73.8 - \frac{\sqrt{3} I_{rt}'}{2}$$

【0164】

## 【数 20】

$I_{rr}'$  値を代入すると、

$$(I_{rr}-I_{rr}')-\frac{I_{rs}}{2}-\frac{I_{rt}}{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}I_{cs}+\frac{\sqrt{3}}{2}I_{ct}=-19.5+I_{rr}'$$

$I_{rs}'$  値を代入すると、

$$I_{rr}-\frac{(I_{rs}+I_{rs}')}{2}-\frac{I_{rt}}{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}I_{cs}+\frac{\sqrt{3}}{2}I_{ct}=-19.5+\frac{I_{rs}'}{2}$$

$I_{rt}'$  値を代入すると、

$$I_{rr}-\frac{I_{rs}}{2}-\frac{(I_{rt}+I_{rt}')}{2}-\frac{\sqrt{3}}{2}I_{cs}+\frac{\sqrt{3}}{2}I_{ct}=-19.5+\frac{I_{rt}'}{2}$$

10

## 【0165】

前記式 20 の値がゼロになる  $I_{rr}' = 19.5$ 、 $I_{rs}' = -39$ 、 $I_{rt}' = -39$  であるので、前記値を前記式 19 にそれぞれ代入すると  $0 + j73.8$ 、 $0 + j40$ 、 $0 + j107.6$  であり、前記 R 相における  $I_{rr}'$ 、 $I_{rs}'$ 、 $I_{rt}'$  値を記憶部 86 に格納する。

## 【0166】

次に、前記 R 相と同様の方法で S 相と T 相に対して各々計算すると下記の通りになる。

## 【0167】

20

S 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{rr}' = 147.3$ 、 $I_{rs}' = -73.7$ 、 $I_{rt}' = 147.3$  であり、上記のようにそれぞれ代入すると  $0 - j147.5$ 、 $0 - j20$ 、 $0 + j107.5$  であり、前記 S 相における  $I_{rr}'$ 、 $I_{rs}'$ 、 $I_{rt}'$  値を記憶部 86 に格納する。

## 【0168】

T 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{rr}' = -108.3$ 、 $I_{rs}' = -108.3$ 、 $I_{rt}' = 54.1$  であり、上記のようにそれぞれ代入すると  $0 - j147.5$ 、 $0 + j40.0$ 、 $0 - j53.8$  であり、前記 T 相における  $I_{rr}'$ 、 $I_{rs}'$ 、 $I_{rt}'$  値を記憶部 86 に格納する。

## 【0169】

30

次いで計算データ検証 160 が実行されると、前記各相別同相分のゼロ値計算 150 のフローで計算されて記憶部 86 に格納された有効分の漏れ電流がゼロになる  $I_{r'}$  値を読み取り、前記各相別  $I_{o1}$  の同相分の位相分計算 130 の実行結果である R 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = 19.5 + j73.8$  (mA)、S 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = 73.6 - j20.0$  (mA)、T 相電圧に対する零相漏れ電流  $I_o = -54.1 - j53.8$  (mA) を利用して、どの相の同相分及び 90 度分が大きいかを調べる。まず大きい値に関しては、同相分のうち最大値は S 相の  $+73.6$  であるので、S 相の同相分が  $+$  (プラス) される場合は、S 相の有効分の漏れ電流  $I_{rs}$  又は R 相の無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  値が、T 相の有効分の漏れ電流  $I_{rt}$  又は R 相の有効分の漏れ電流  $I_{rr}$  又は T 相の無効分の漏れ電流  $I_{ct}$  値より大きい場合であり、90 度分のうち最大値は R 相の  $+73.8$  であるので、R 相の 90 度分が  $+$  (プラス) される場合は、R 相の無効分の漏れ電流  $I_{cr}$  又は S 相の有効分の漏れ電流  $I_{rs}$  値が、S 相の無効分の漏れ電流  $I_{cs}$  又は T 相の無効分の漏れ電流  $I_{ct}$  又は T 相の有効分の漏れ電流  $I_{cr}$  値より大きい場合の組合せであり、前記場合は 2 つの場合の条件を満たしているので、小さな場合を調べても同様に、電線路 3 と対地間に流れる零相漏れ電流成分のうち絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値は S 相が、静電容量による無効分の漏れ電流値は R 相が最も大きい。よって、有効分の漏れ電流が零 (ゼロ) になる各場合において、R 相に該当し R 相の 90 度分漏れ電流が  $+$  である場合の条件は、R 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる  $I_{rs}' = -39$  であり、この時 R 相の 90 度分の無効分の漏れ電流値は  $+40$  である。従って、実際の電線路 3 と対地間に流れる静電容量による無効分の漏れ電流は、R 相が  $+40$  (mA) 程度他の相より多く流れており、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流は、S 相が  $+39$  (mA) 程度他の相より多く流れることが分かる。

40

50

## 【 0 1 7 0 】

3) 図 25 の各相別 90 度分のゼロ値計算 140 及び各相別同相分のゼロ値計算 150 について説明する。

## 【 0 1 7 1 】

A. 各相別 90 度分のゼロ値計算 140

## 【 0 1 7 2 】

3 相各相別に無効分の漏れ電流値が零 (ゼロ) になる静電容量による無効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、静電容量による無効分の漏れ電流  $I_c$  がゼロになる場合、零相変流器 10 の 2 次側にどの成分の有効分の漏れ電流が流れるかを調べるためである。簡単に言えば、静電容量による無効分の漏れ電流を 3 相全て平衡にするためである。まず R 相の場合を計算すると、 $I_{o1cr}$  がゼロになる、即ち、前記式 20 の値がゼロになるために零相変流器 10 の 1 次巻線に別途にどの相のどの程度の大きさの無効分のゼロ漏れ電流  $I_c'$  を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部 86 に格納された R 相の  $I_{o1rr}$ 、 $I_{o1cr}$  と、S 相の  $I_{o1rs}$ 、 $I_{o1cs}$  と、T 相の  $I_{o1rt}$ 、 $I_{o1ct}$  をそれぞれ読み取り、まず R 相の 90 度無効分の漏れ電流が零 (ゼロ) になるように、即ち、式 16 の値が零 (ゼロ) になるための  $I_{cr}'$  値、 $I_{cs}'$  値、 $I_{ct}'$  値を求め、前記  $I_{cr}'$  値と  $I_{cs}'$  値と  $I_{ct}'$  値を次のように前記式 15 にそれぞれ代入した R 相の電圧の同相分の漏れ電流値  $I_{o1rr}'$  は式 21 で表され、式 16 の値に代入した R 相の電圧の 90 度位相分の漏れ電流値  $I_{o1cr}'$  は式 22 で表される。

## 【 0 1 7 3 】

## 【 数 2 1 】

$I_{cr}'$  値を代入すると、

$$I_{rr}' - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct} = -19.5$$

$I_{cs}'$  値を代入すると、

$$I_{rr}' - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{cs} + I_{cs}') + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct} = -19.5 - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs}'$$

$I_{ct}'$  値を代入すると、

$$I_{rr}' - \frac{I_{rs}}{2} - \frac{I_{rt}}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{cs} + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{ct} + I_{ct}') = -19.5 + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{ct}'$$

## 【 0 1 7 4 】

## 【 数 2 2 】

$I_{cr}'$  値を代入すると、

$$(I_{cr} + I_{cr}') - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 + I_{cr}'$$

$I_{cs}'$  値を代入すると、

$$I_{cr}' - \frac{(I_{cs} + I_{cs}')}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 - \frac{I_{cs}'}{2}$$

$I_{ct}'$  値を代入すると、

$$I_{cr}' - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{(I_{ct} + I_{ct}')}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 - \frac{I_{ct}'}{2}$$

## 【 0 1 7 5 】

前記式 22 の値がゼロになる  $I_{cr}' = -73.8$ 、 $I_{cs}' = 147.6$ 、 $I_{ct}' = 147.6$  であるので、前記値を前記式 21 にそれぞれ代入すると  $-19.5 + j0$ 、 $-147.3$

+j0、108.3+j0であり、前記R相における $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$ 値を記憶部86に格納する。

【0176】

次に、前記R相と同様の方法でS相とT相に対して各々計算すると下記の通りになる。

【0177】

S相の無効分の漏れ電流値がゼロになる $I_{cr}' = -40.0$ 、 $I_{cs}' = 20.0$ 、 $I_{ct}' = -40.0$ であり、上記のようにそれぞれ代入すると39.9+j0、73.6+j0、108.3+j0であり、前記S相における $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$ 値を記憶部86に格納する。

【0178】

T相の無効分の漏れ電流値がゼロになる $I_{cr}' = -107.5$ 、 $I_{cs}' = -107.5$ 、 $I_{ct}' = 53.8$ であり、上記のようにそれぞれ代入すると39.0+j0、-147.3+j0、-54.1+j0であり、前記T相における $I_{cr}'$ 、 $I_{cs}'$ 、 $I_{ct}'$ 値を記憶部86に格納する。

【0179】

B．各相別同相分のゼロ値計算150

【0180】

図25の各相別同相分のゼロ値計算150実行について説明する。前記各相別90度分のゼロ値計算140のフローとほぼ同様の方法で3相各相別に有効分の漏れ電流値が零(ゼロ)になる絶縁抵抗による有効分の漏れ電流値を計算する。この値を計算する理由は、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流 $I_r$ がゼロになる場合、零相変流器10の2次側には無効分の漏れ電流がどの程度流れるかを調べるためである。簡単に言えば、絶縁抵抗による有効分の漏れ電流を3相全て平衡にするためである。まずR相の場合を計算すると、 $I_{o1rr}$ がゼロになる、即ち、前記式11の値がゼロになるために零相変流器10の1次巻線に別途にどの相の有効分のゼロ漏れ電流 $I_r'$ を流すべきかを計算するものである。既に説明した、記憶部86に格納されたR相の $I_{o1rr}$ 、 $I_{o1cr}$ と、S相の $I_{o1rs}$ 、 $I_{o1cs}$ と、T相の $I_{o1rt}$ 、 $I_{o1ct}$ をそれぞれ読み取り、まずR相の同相分有効分の漏れ電流が零(ゼロ)になるように、即ち、式15の値が零(ゼロ)になるための $I_{rr}'$ 値、 $I_{rs}'$ 値、 $I_{rt}'$ 値を求め、前記 $I_{rr}'$ 値と $I_{rs}'$ 値と $I_{rt}'$ 値を次のように前記式16にそれぞれ代入したR相電圧の90度位相分の漏れ電流値 $I_{o1cr}'$ は式23で表され、式15の値に代入したR相の電圧の同相分の漏れ電流値 $I_{o1rr}'$ は式24で表される。

【0181】

【数23】

$I_{rr}'$ 値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8$$

$I_{rs}'$ 値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{rs} + I_{rs}') - \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rt} = 73.8 + \frac{\sqrt{3} I_{rs}'}{2}$$

$I_{rt}'$ 値を代入すると、

$$I_{cr} - \frac{I_{cs}}{2} - \frac{I_{ct}}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} I_{rs} - \frac{\sqrt{3}}{2} (I_{rt} + I_{rt}') = 73.8 - \frac{\sqrt{3} I_{rt}'}{2}$$

【0182】

## 【数 2 4】

Irr' 値を代入すると、

$$(Irr - Irr') - \frac{Irs}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + Irr'$$

Irs' 値を代入すると、

$$Irr - \frac{(Irs + Irs')}{2} - \frac{Irt}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + \frac{Irs'}{2}$$

Irt' 値を代入すると、

$$Irr - \frac{Irs}{2} - \frac{(Irt + Irt')}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2} Ics + \frac{\sqrt{3}}{2} Ict = -19.5 + \frac{Irt'}{2}$$

## 【0 1 8 3】

前記式 2 4 の値がゼロになる Irr' = 19.5、Irs' = -39、Irt' = -39 であるので、前記値を前記式 2 3 にそれぞれ代入すると 0 + j73.8、0 + j40、0 + j107.6 であり、前記 R 相における Irr'、Irs'、Irt' 値を記憶部 8 6 に格納する。

## 【0 1 8 4】

次に、前記 R 相と同様の方法で S 相と T 相に対して各々計算すると下記の通りになる。

## 【0 1 8 5】

S 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる Irr' = 147.3、Irs' = -73.7、Irt' = 147.3 であり、上記のようにそれぞれ代入すると 0 - j147.5、0 - j20、0 + j107.5 であり、前記 S 相における Irr'、Irs'、Irt' 値を記憶部 8 6 に格納する。

## 【0 1 8 6】

T 相の有効分の漏れ電流値がゼロになる Irr' = -108.3、Irs' = -108.3、Irt' = 54.1 であり、上記のようにそれぞれ代入すると 0 - j147.5、0 + j40.0、0 - j53.8 であり、前記 T 相における Irr'、Irs'、Irt' 値を記憶部 8 6 に格納する。

## 【0 1 8 7】

次いで、計算データ検証 1 6 0 実行について説明する。前記各相別 9 0 度ゼロ値計算 1 4 0 のフローで計算され記憶部 8 6 に格納された各相別の無効分の漏れ電流がゼロになる Icr' 値と、前記各相別同相分のゼロ値計算 1 5 0 のフローで計算され記憶部 8 6 に格納された有効分の漏れ電流がゼロになる Irr' 値をそれぞれケース別に組み合わせて、零相漏れ電流に該当する Io 値がゼロになる場合の組合せを検出する。各ケース別に組み合わせて再計算して Io 値がゼロになり、前記ケースは S 相の絶縁抵抗による漏れ電流が最も大きな値に対する場合であるので、選択された組合せは Irs' = -39.0、Icr' = -40.0 組合せである。前記結果によれば、S 相の絶縁抵抗による有効分の漏れ電流が、他の R 相と T 相より 3 9 mA 程度大きく、R 相の静電容量による無効分の漏れ電流が、他の S 相と T 相より 4 0 mA 程度大きいことを意味する。即ち、S 相は絶縁抵抗が最も低い絶縁不良であり、R 相の対地間静電容量値が最も大きいことが分かる。

## 【0 1 8 8】

図 2 3 乃至図 2 5 に示す表示 & 出力 1 7 0 実行について説明する。

## 【0 1 8 9】

前記計算データ検証 1 6 0 の動作フローで再び計算された組合せ及び各相別 Io1、Vf 検出 1 2 0 の動作フローの結果を示すもので、有効分の漏れ電流 Ior = 3 9 mA、無効分の漏れ電流 Ioc = 4 0 mA、零相漏れ電流 Io = 7 6.3 mA、最大に絶縁不良である相の情報（例えば、上記例では S 相）、最大に静電容量による無効分の漏れ電流が流れる相の情報（例えば、上記例では T 相）等、検出されたデータを表示部 8 4 に表示する。そして、前記各相別の Io1、Vf 検出 1 2 0 の動作フローで検出された電線路 3 と対地間の相電圧値を前記有効分の漏れ電流 Ior = 3 9 mA に対する絶縁抵抗値 R、又は前記無効分の漏れ電

10

20

30

40

50

流  $I_{oc} = 40 \text{ mA}$  に対する静電容量値  $C$  等のようなデータも表示出力することができる。

【0190】

ここで、絶縁抵抗値  $R$  は式 13 で表され、静電容量値  $C$  は式 14 で表される。そして、式 13 及び式 14 において、電圧増幅係数は、電圧検出手段 30 の増幅関連係数であり、零相変流器 10 を含む漏れ電流検出手段 40 の増幅関連係数は 1 と仮定する。

【0191】

また、通信部 90 を介して様々な形態の通信方式 ( $RS - 232$ 、 $RS - 485$ 、 $RS - 422$ 、 $CDMA$ 、電力線通信等) を利用して外部に上記のようなデータを出力することも可能である。

【0192】

さらにまた、前記各種データのうちあらかじめ記憶部 86 に格納されているか、或いは入力部 82 を介して入力されているか、或いは通信部 90 を介して入力されている警報設定値と比較して、有効漏れ電流値  $I_{or}$  又は  $I_r$  より大きいのか、絶縁抵抗値  $R$  より小さい場合、警報アラーム出力を表示部 84 に表示したり、通信部 90 を介してアラームを出力することができる。

【0193】

(他の実施例)

他の実施例として図 3 ~ 図 7 は、変圧器 1 の 2 次側結線がワイ結線でも、デルタ結線でも実施することができ、3 相 3 線式でも 3 相 4 線式でも実施することができ、非接地方式でも実施することができ、電線路 3 の電圧成分を相電圧を検出して実施することもでき、線間電圧を検出して実施することもできる等、多様な形態に実施可能であることを説明する。

【0194】

図 3 は、本発明の絶縁検出装置の第 2 実施例の結線図であって、第 1 実施例の図 2 と異なる。図 2 の実施例では、零相漏れ電流  $I_o$  を検出する ZCT のような零相変流器 10 の設置位置を電線路 3 の中間に設置して、負荷 4 を含む電線路 3 の絶縁状態を検出しており、図 3 の実施例では、零相変流器 10 の設置位置を変圧器 1 の接地線 5 の中間に設置している。他は第 1 実施例と同様である。

【0195】

次に、本発明の絶縁検出装置の第 3 実施例の結線図である図 4 は、第 1 実施例の図 2 とほぼ同様で、中性相  $N$  を使用する 3 相 4 線式でも実施可能であることを説明するための結線図として、絶縁検出装置 20 の動作フロー及び検出方法は上記説明と同様である。

【0196】

次に、本発明の絶縁検出装置の第 4 実施例の結線図である図 5 は、変圧器 1 の 2 次側結線がデルタ結線であり、デルタ結線の 1 つの相が接地された電線路 3 でも実施可能であることを説明するための結線図として、絶縁検出装置 20 の動作フロー及び検出方法は上記説明と同様である。

【0197】

次に、本発明の絶縁検出装置の第 5 実施例の結線図である図 6 は、変圧器 1 の 2 次側結線がデルタ結線であり、接地されていない非接地方式でも実施可能であることを説明するための結線図として、絶縁検出装置 20 の動作フロー及び検出方法は上記説明と同様である。

【0198】

次に、本発明の絶縁検出装置の第 6 実施例の結線図である線間電圧を検出して電線路 3 の絶縁状態を監視することを説明するための結線図であり、絶縁検出装置 20 の動作フロー及び検出方法は上記説明と同様である。

【0199】

上記したような本発明の実施例である図 9 及び図 11 に示される漏れ電流検出手段 40 は、零相変流器 10 を介して漏れ電流成分を検出して、前記漏れ電流成分を電流 / 電圧変換部 41 で電圧成分に変換し、前記電圧成分に変換された値を増幅部 42 を通じて増幅し

10

20

30

40

50

、この増幅された値を電流フィルタ部４３でフィルタリングするという構成であるが、漏れ電流検出手段の他の実施例である図２２では、零相変流器１０を介して漏れ電流成分を検出して、前記漏れ電流成分を電流／電圧変換部４１で電圧成分に変換した後、まず電流フィルタ部４３でフィルタリングしてから増幅部４２で増幅するように構成されているという差がある。

#### 【０２００】

本発明の実施例では、電圧検出部３１で使われる抵抗またはコンデンサの容量に３相とも等しい値を適用したが、３相別に同じではない所定の値を適用する実施例もあり得て、本発明の実施例のような機能を持つ位相角と漏れ電流を計測することができる機能を持った力率計及び漏れ電流計または電力計を使って各相別で計測して実施する実施例もあり得る。

10

#### 【０２０１】

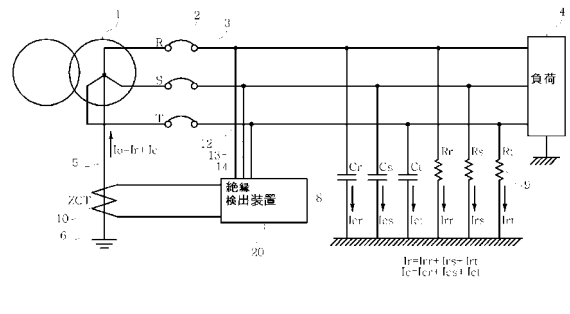
以上、本発明の好ましい実施例について詳細に説明したが、本発明の技術的範囲は上記の実施例には限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲で定義されている本発明の基本概念を利用して多様な変形及び改良が可能であろう。それらの変形及び改良形態も本発明の技術的範囲に属すると解されるべきである。

#### 【符号の説明】

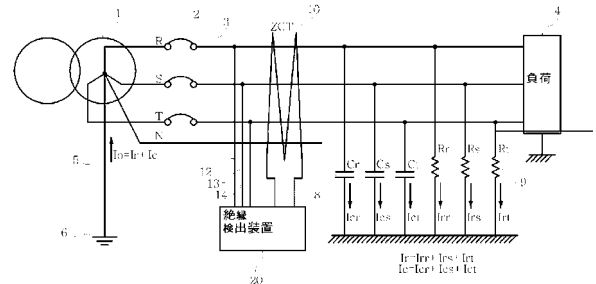
#### 【０２０２】

1	変圧器	
2	開閉器	20
3	電線路	
4	負荷	
5	接地線	
6	接地	
8	静電容量	
9	絶縁抵抗	
10	零相変流器	
12、13、14	電圧検出線	
20	絶縁検出装置	
30	電圧検出手段	30
31	電圧検出部	
32	相選択部	
33	電圧フィルタ部	
40	漏れ電流検出手段	
41	電流／電圧変換部	
42	増幅部	
43	電流フィルタ部	
50	位相比較手段	
51	電圧成分波形整形部	
52	電流成分波形整形部	40
53	位相差検出部	
60	アナログ／デジタル変換部	
70	演算制御部	
80	入出力手段	
82	入力部	
84	表示部	
86	記憶部	
90	通信部	

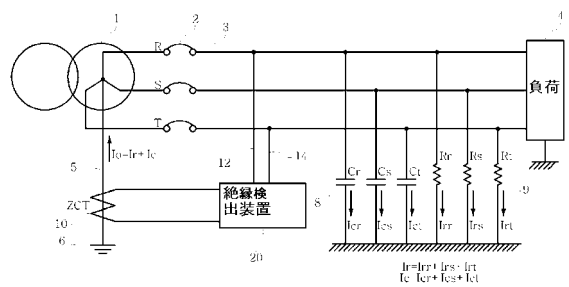
【 図 3 】



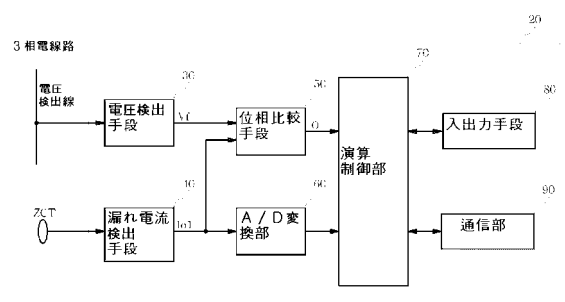
【 図 4 】



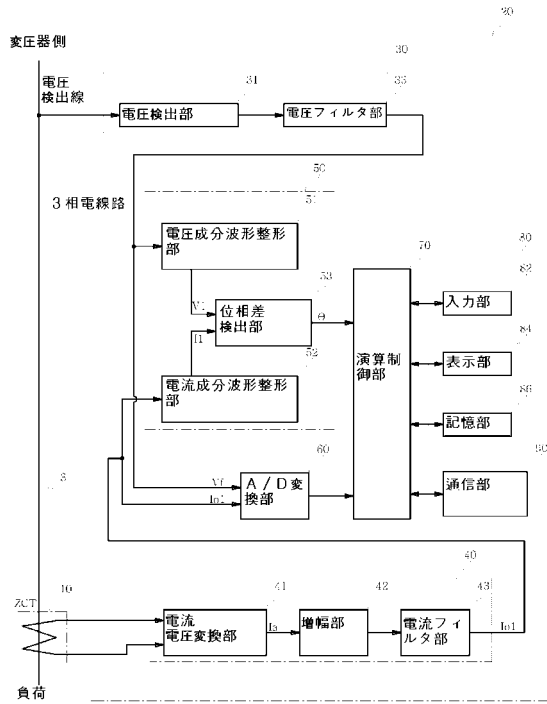
【 図 7 】



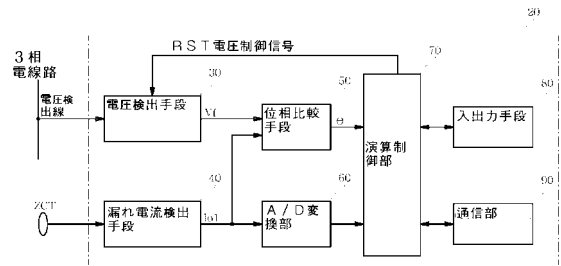
【 図 8 】



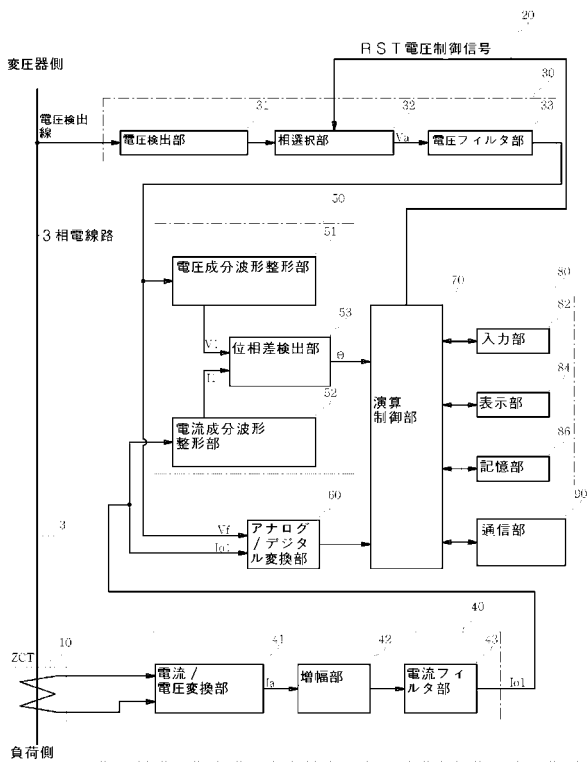
【図 9】



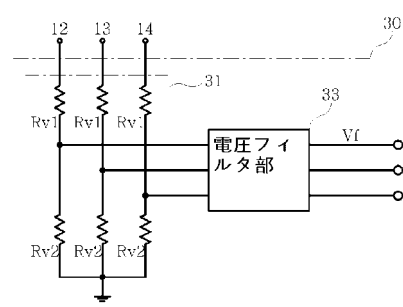
【図 10】



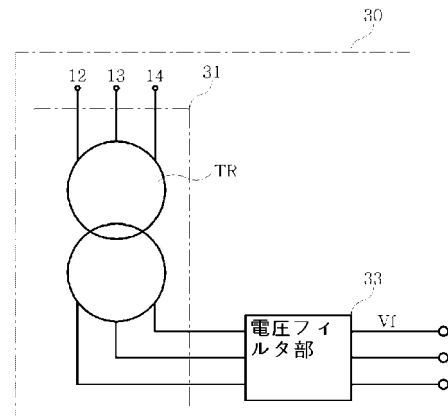
【図 11】



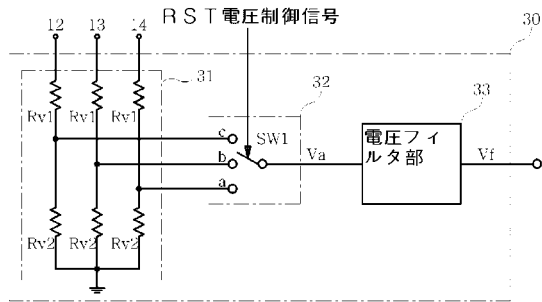
【図 12】



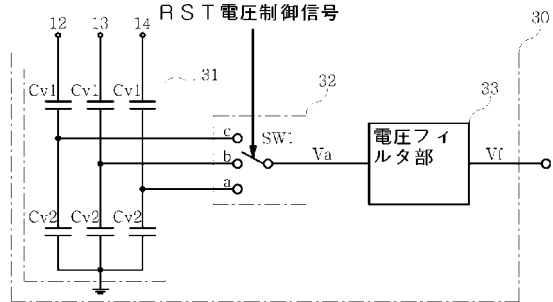
【図 13】



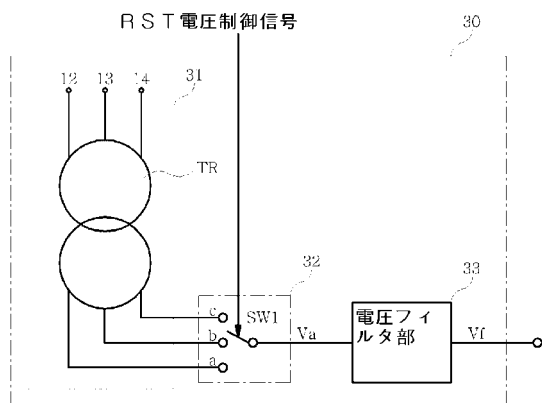
【図 14】



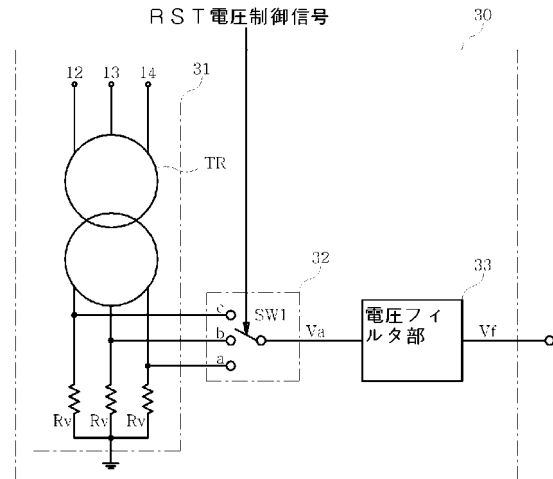
【図 16】



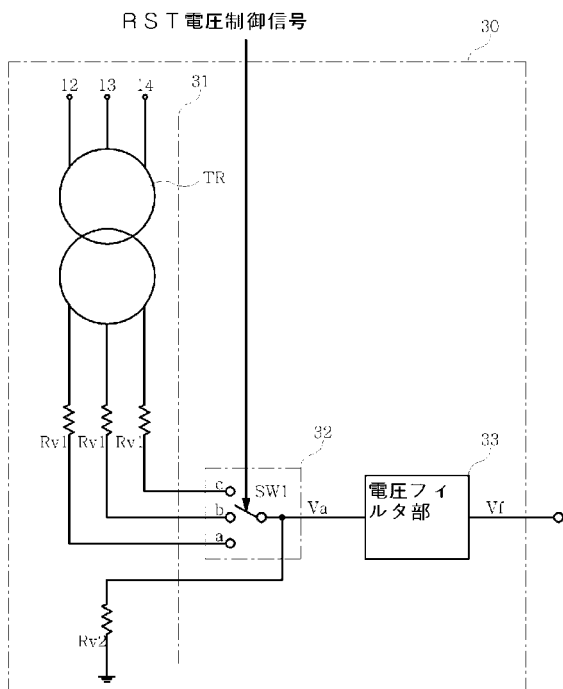
【図 15】



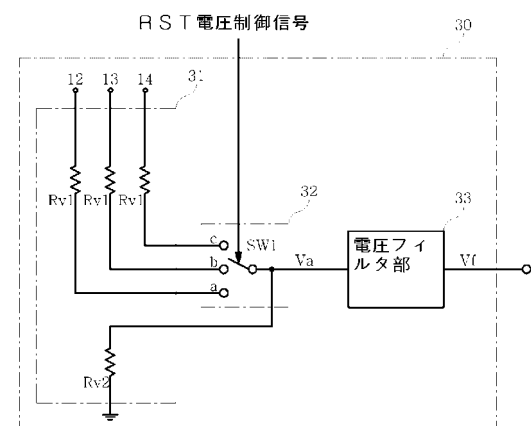
【図 17】



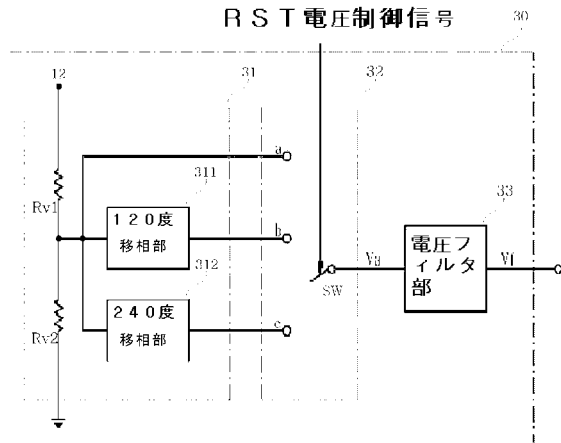
【図 18】



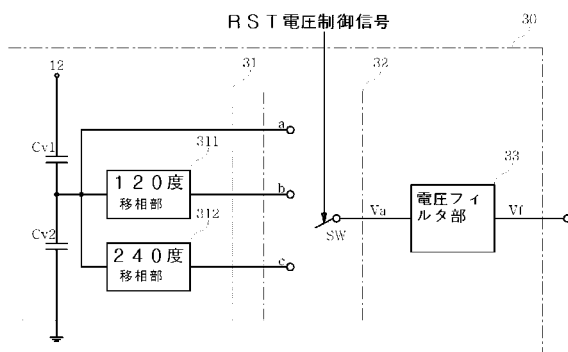
【図 19】



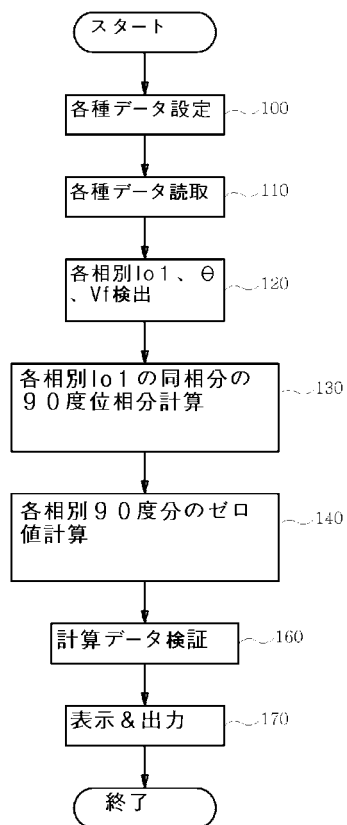
【図 20】



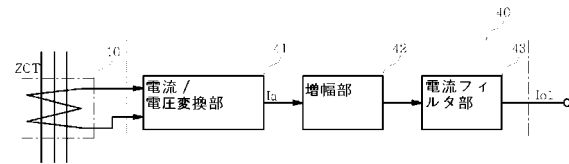
【図 21】



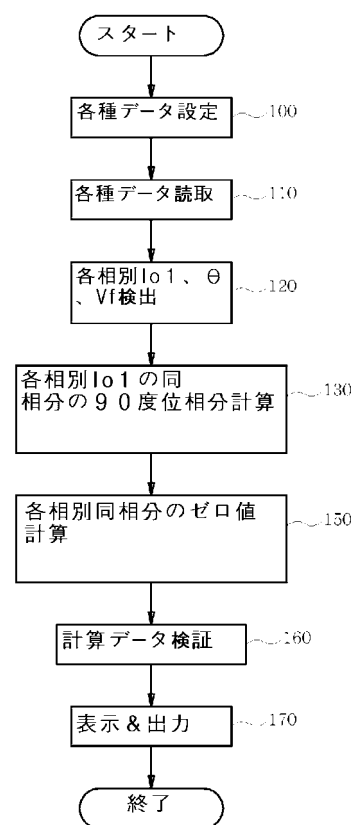
【図 23】



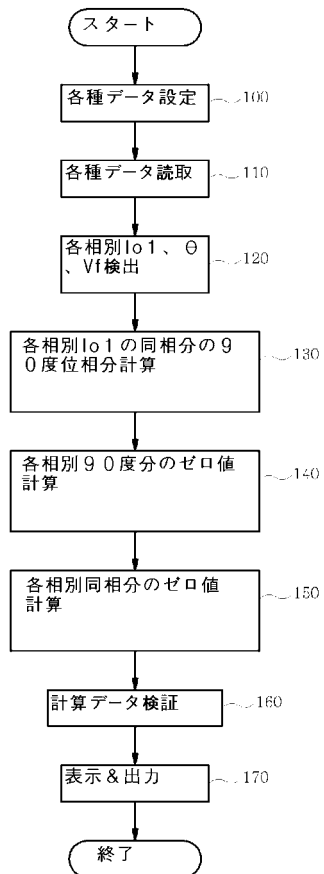
【図 22】





【図 24】



【図 25】



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. <b>PCT/KR2007/003913</b>
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G01R 31/02(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 8 : G01R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean Utility models and applications for Utility Models since 1975 Japanese Utility models and applications for Utility Models since 1975		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  eKIPASS(KIPO internal) "Power Line," " Power cable", "Insulation", "Leakage current"		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP2005227132A (MEIDENSHA CO.) 25 Aug. 2005 See Abstract, Paragraph [0008] ~ Paragraph [0070], Figures 1, 2, Claims 1, 4	1-15
A	JP07311230A (SUMITOMO ELECTRIC IND LTD) 28 Nov. 1995 See Abstract, Paragraph [0007] ~ Paragraph [0026], Figures 1, 2, Claims 1, 2	1-15
A	JP07253444A (MITSUBISHI DENKI BILL TECHNO SERVICE) 03 Dec. 1995 See Abstract, Paragraph [0011] ~ Paragraph [0023], Figure 1	1-15
A	KR20-0401675Y1 (Kim, Bokyeong) 21 Nov. 2005 See Abstract, Page 3 ~ Page 6, Figures 5, 10 (English version is available on K-PION: <a href="http://kposd.kipo.go.kr:8088/up/kpion/">http://kposd.kipo.go.kr:8088/up/kpion/</a> )	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search  27 NOVEMBER 2007 (27.11.2007)		Date of mailing of the international search report  <b>27 NOVEMBER 2007 (27.11.2007)</b>
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office 920 Dunsan-dong, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer  OH, EUNG GIE  Telephone No. 82-42-481-5929 

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2007/003913**

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP2005227132A	25.08.2005	None	
JP07311230A	28.11.1995	JP3430627B2	28.07.2003
JP07253444A	03.10.1995	JP3009323B2	14.02.2000
KR20-0401675Y1	14.11.2005	None	

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 2G014 AA15 AA17 AA19 AB33 AC15  
2G028 AA05 BF01 CG03 CG07 DH01 FK01 GL03 GL07 HN16 MS01  
5G058 BB03 BC03 BC16 BD14 CC02 CC09