

明 細 書

発明の名称：放電検出装置

技術分野

[0001] 本発明は、放電検出装置に関するものである。

背景技術

[0002] 特開2019-184480号公報（特許文献1）には、電気回路で発生した放電を検出するための放電検出構造が開示されている。この放電検出構造は、例えば、分電盤を構成する分岐ブレーカに組み込まれることにより、屋内配線などの電気回路に電氣的に接続される。電気回路には、図示しない負荷が電氣的に接続される。負荷とは、例えば、照明器具、ディスプレイ、エアコンディショナー、冷蔵庫などの電力を消費して動作する機器を意味する。放電検出構造は、ローパスフィルタ部、ハイパスフィルタ部、判定部及び遮断部を備える。ローパスフィルタ部は、分岐ブレーカを構成する開閉スイッチの二次側に電氣的に接続される。ハイパスフィルタ部は、ローパスフィルタ部の二次側に電氣的に接続される。判定部は、ハイパスフィルタ部を構成する検出部に電氣的に接続される。遮断部は、判定部に電氣的に接続される。電気回路又は負荷において、トラッキング、ショート断線、漏電などの事故が生じた場合には、電線間又は電極間で放電が発生する。放電が発生した場合には、電気回路の電圧又は電流にノイズが重畳される。ハイパスフィルタ部は、電圧又は電流に重畳された高周波帯域のノイズを検出する。判定部は、ハイパスフィルタ部によって検出されたノイズに基づいて、放電が発生したか否かを判定する。放電が発生したと判定した場合、遮断部は、分岐ブレーカの開閉スイッチに信号を送信し、開閉スイッチを閉状態から開状態に切り替えることにより、分岐ブレーカを遮断させる。一方、ローパスフィルタ部は、一の分岐ブレーカに電氣的に接続された電気回路で発生した放電のノイズが、他の分岐ブレーカに組み込まれた放電検出構造に伝播することを防止する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開 2 0 1 9 － 1 8 4 4 8 0 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特開 2 0 1 9 － 1 8 4 4 8 0 号公報に開示されている従来の放電検出構造は、一の分岐ブレーカに組み込まれ、一の分岐ブレーカの二次側に電氣的に接続された電気回路で発生した放電のノイズを検出する。複数の分岐ブレーカのそれぞれに組み込まれた放電検出構造の相互におけるノイズの伝播は、ローパスフィルタ部によって防止される。このため、判定部による「放電が発生した」との判定結果は、特定の分岐ブレーカの二次側に電氣的に接続された一の電気回路で放電が発生したことを意味する。

[0005] しかし、従来の放電検出構造は、分電盤に供給される電源の送電方式が単相交流であることを前提としている。電源の送電方式が三相交流である場合、判定部は、放電が発生した一の電気回路を特定することができない。すなわち、電源の送電方式が単相交流である場合、電源に重畳される放電のノイズは、1つの交流波形のピーク値の前後に現れる。しかし、電源の送電方式が三相交流である場合、例えば、三相三線式である場合、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のうち、いずれか一の相間に電氣的に接続された一の電気回路で発生した放電のノイズが、他の2つの相間のそれぞれに電氣的に接続された他の電気回路に伝播する。ローパスフィルタ部は、一の相間から他の2つの相間へのノイズの伝播を防止することができない。このため、放電のノイズは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの交流波形のピーク値の前後に現れる。このため、判定部は、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のうちのいずれが放電の発生源であるかを特定することができない。

[0006] ここで、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれに、従来

の放電検出構造を設けることが考えられる。3つの放電検出構造によって、三相交流の3つの交流波形のそれぞれで放電が発生したか否かを判定することが可能となる。さらに、3つの放電検出構造のそれぞれが「放電が発生した」と判定した場合は、3つの放電検出構造のそれぞれが検出した放電のノイズを比較することによって、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のうちのいずれが放電の発生源であるかを特定することができる。しかし、このような装置は、3つの放電検出構造、及びこれらの放電検出構造によって検出された放電のノイズを比較するための少なくとも1つの演算部を必要とするため、部品点数が多すぎて現実的ではない。

[0007] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、1つの判定部によって、三相交流の電気回路で放電が発生したか否かを判別することができ、放電の発生源を特定することが可能な放電検出装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] (1) 上記の目的を達成するために、本発明の放電検出装置は、三相交流の電源回路から供給される交流電源に重畳される高周波帯域のノイズに基づいて、放電の発生を検出する放電検出装置であって、前記電源回路の第1相、第2相及び第3相のうちの2つの相間に電気的に接続され、前記交流電源から所定の周波数成分を抽出する少なくとも1つのフィルタ部と、前記フィルタ部の出力を増幅する増幅部と、前記増幅部の出力を平滑化する平滑部と、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれについて、ノイズの計測開始点を設定する位相角設定部と、前記ノイズの計測開始点に基づいて、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の1周期を分割する複数の領域を定義する位相分割部と、前記平滑部の出力に含まれる所定の周波数のノイズを検出し、前記位相分割部によって定義される複数の領域のうち、前記ノイズの検出タイミングと一致する少なくとも1つの領域を特定し、前記ノイズの発生源が、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれであ

るかを特定する判定部と、を備える。

[0009] (2) 好ましくは、上記(1)の放電検出装置において、前記位相角設定部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれか1つの相間の電圧波形又は電流波形に基づいて、第1のノイズの計測開始点を決定し、前記第1のノイズの計測開始点、及び第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の位相角のずれに基づいて、他の2つの相間について、第2及び第3のノイズの計測開始点を決定する。

[0010] (3) 好ましくは、上記(1)の放電検出装置において、前記位相角設定部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形に基づいて、これらの3つの相間のそれぞれについて、前記ノイズの計測開始点を決定する。

[0011] (4) 好ましくは、上記(1)の放電検出装置において、前記位相分割部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の1周期について、ピーク値の前後の時間を含むピーク時間領域と、0値の前後の時間を含むゼロクロス時間領域とを定義し、前記判定部は、前記ピーク時間領域における前記平滑部の第1出力と、前記ゼロクロス時間領域における前記平滑部の第2出力との差の値を算出し、前記差の値が第1閾値以上である場合、放電が発生したと判定し、及び放電の発生源が、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれであるかを特定する。

[0012] (5) 好ましくは、上記(1)の放電検出装置において、前記位相分割部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の1周期について、ピーク値の前後の時間を含むピーク時間領域を定義し、前記判定部は、前記ノイズの検出タイミングが前記ピーク時間領域と一致する場合、前記ノイズの発生源が、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれであるかを特定する。

[0013] (6) 好ましくは、上記(4)の放電検出装置において、前記判定部は、前

記ゼロクロス時間領域における前記平滑部の第2出力が、前記第1の閾値よりも小さい値の第2の閾値以上であるか否かを判定し、前記第2出力が前記第2の閾値以上である場合、放電が発生したか否かの判定ができないことを報知する。

[0014] (7) 好ましくは、上記(4)の放電検出装置において、前記判定部は、前記ゼロクロス時間領域における前記平滑部の第2出力が、前記第1の閾値よりも小さい値の第2の閾値以上であるか否かを判定し、前記第2出力が前記第2の閾値以上である場合、前記増幅部の増幅率を減少させる。

発明の効果

[0015] 本発明の放電検出装置は、1つの判定部によって、三相交流の電気回路で放電が発生したか否かを判別することができ、放電の発生源を特定することが可能である。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の第1実施形態に係る放電検出装置が設けられた三相三線式の電気回路を示す概略図である。

[図2]図2は、図1中のS相－T相間に電氣的に接続された電気回路で放電が発生したことを示す概略図である。

[図3]図3Aは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形を示す。図3Bは、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図3Cは、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図3Dは、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。

[図4]図4Aは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形を示すものである。図4Bは、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図4Cは、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図4Dは、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図4A～図4D中の3つの鎖線は、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれにおけるノイズの計測開始

点を示す。

[図5]図5 Aは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形を示すものである。図5 Bは、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図5 Cは、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図5 Dは、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図5 A～図5 D中の3つの鎖線は、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれにおけるノイズの計測開始点を示す。

[図6]図6 Aは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形を示すものである。図6 Bは、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図6 Cは、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図6 Dは、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形を示す。図6 A～図6 D中の3つの鎖線は、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれにおけるノイズの計測開始点を示す。図6 Eは、R相－S相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、図6 Bの出力波形との関係を示す。図6 Fは、S相－T相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、図6 Cの出力波形との関係を示す。図6 Gは、T相－R相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、図6 Dの出力波形との関係を示す。

[図7]図7 Aは、R相－S相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示す。図7 Bは、S相－T相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示す。図7 Cは、T相－R相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示す。図7 Dは、図7 A、図7 B及び図7 Cのそれぞれのピーク時間領域A、A

’及びゼロクロス時間領域B、B’と、時間tとの関係を示す表である。

[図8]図8Aは、R相－S相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示すものであり、出力波形には、継続的に検出される放電のノイズが含まれる。図8Bは、S相－T相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示すものであり、出力波形には、継続的に検出される放電のノイズが含まれる。図8Cは、T相－R相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示すものであり、出力波形には、継続的に検出される放電のノイズが含まれる。

[図9]図9は、S相－T相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示すものであり、出力波形には、継続的に検出される放電のノイズが含まれる。

[図10]図10Aは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形を示すものである。図10Bは、R相－S相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形と、第2閾値との関係を示す。図10Cは、S相－T相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形と、第2閾値との関係を示す。図10Dは、T相－R相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’及びゼロクロス時間領域B、B’と、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形と、第2閾値との関係を示す。図10Eは、図10Bの出力波形と第2閾値と第3閾値との関係を示す。図10Fは、図10Cの出力波形と第2閾値と第3閾値との関係を示す。図10Gは、図10Dの出力波形と第2閾値と第3閾値との関係を示す。

[図11]図11Aは、R相－S相間の電圧波形のピーク時間領域A、A’と、

R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示す。図11Bは、S相－T相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'と、S相－T相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示す。図11Cは、T相－R相間の電圧波形のピーク時間領域A、A'と、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形との関係を示す。図11Dは、図11A、図11B及び図11Cのそれぞれのピーク時間領域A、A'と、時間tとの関係を示す表である。

[図12]図12Aは、本発明の第2実施形態に係る放電検出装置が設けられた三相三線式の電気回路を示す概略図である。図12Bは、R相－S相間の電圧波形と、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部の出力波形とを示す。図12Cは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形のピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'と、時間tとの関係を規定した論理テーブルである。

発明を実施するための形態

[0017] 1. 第1実施形態に係る放電検出装置

図1は、本発明の第1実施形態に係る放電検出装置1が電氣的に接続された三相三線式の電気回路を示す。図1に示される電気回路は、デルタ結線された電源回路、デルタ結線された3つの負荷、及び本実施形態の放電検出装置1で構成される。電源回路は、R相の電圧線、S相の電圧線及びT相の電圧線を備える。R相、S相及びT相のそれぞれの電圧線には、例えば、位相角が 120° ずつずれた200Vの交流電源が供給される。交流電源は、3本の電線を介して、デルタ結線された3つの負荷に供給される。3つの負荷のそれぞれは、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のいずれかに電氣的に接続される。本実施形態の放電検出装置1は、3つのフィルタ部21、増幅部22、位相角設定部23、位相分割部24、平滑部25及び判定部26で構成される。

[0018] 1. 1 フィルタ部

図1に示される3つのフィルタ部21のそれぞれは、R相－S相間、S相

－T相間、T相－R相間のいずれかに電氣的に接続される。フィルタ部21は、例えば、CR回路であり、コンデンサと抵抗とが直列に接続された構成となっている。例えば、屋内配線又は負荷において放電が発生した場合は、交流電源に高周波ノイズが重畳される。フィルタ部21は、遮断周波数よりも高い周波数成分を減衰させずに通過させる。これにより、交流電源の電圧又は電流に重畳された高周波帯域のノイズが検出される。

[0019] ここで、三相三線式の電気回路において放電が発生した場合のノイズの伝播について、図2及び図3A～図3Dを参照しつつ説明する。図2に示されるように、例えば、S相－T相間に電氣的に接続された電気回路で放電が発生したと仮定する。この放電によって生じたノイズは、図3Aに示されるS相－T相間の電圧波形に重畳され、電圧波形のピーク値の前後に現れる。このノイズは、S相－T相間の電圧波形に電氣的に接続されたフィルタ部21によって検出される。図3Cは、S相－T相間の電圧波形に電氣的に接続されたフィルタ部21の出力波形を示す。図3Cの出力波形は、電圧波形の2周期に相当するものであり、2つのノイズが含まれる。

[0020] 三相三線式の電気回路では、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のうち、いずれか一の相間に電氣的に接続された一の電気回路で発生した放電のノイズが、他の2つの相間のそれぞれに電氣的に接続された他の電気回路に伝播する。このため、図3Cに示されるS相－T相間の放電のノイズは、R相－S相間、T相－R相間のそれぞれに電氣的に接続された他の電気回路に伝播し、R相－S相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形に重畳される。R相－S相間の電圧波形に重畳されたノイズは、R相－S相間に電氣的に接続されたフィルタ部21によって検出される。T相－R相間の電圧波形に重畳されたノイズは、T相－R相間に電氣的に接続されたフィルタ部21によって検出される。図3Bは、R相－S相間の電圧波形に電氣的に接続されたフィルタ部21の出力波形を示す。図3Dは、T相－R相間の電圧波形に電氣的に接続されたフィルタ部21の出力波形を示す。図3B及び図3Dのいずれの出力波形にも、図3Cの出力波形に対応する2つのノイズが含ま

れる。

[0021] 本実施形態の放電検出装置 1 は、放電によって生じたノイズが伝播することによって、3つのフィルタ部 2 1 のそれぞれがノイズを検出した場合に、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のうちのいずれが放電の発生源であるかを特定することが可能である。放電の発生源は、主として、位相角設定部 2 3、位相分割部 2 4 及び判定部 2 6 によって特定される。位相角設定部 2 3、位相分割部 2 4 及び判定部 2 6 については、後に詳述する。

[0022] 1. 2 増幅部

図 1 に示される増幅部 2 2 は、3つのフィルタ部 2 1 のそれぞれの出力側に電氣的に接続される。増幅部 2 2 は、例えば、3つのフィルタ部 2 1 のそれぞれの出力を 2 0 倍に増幅する。ここで、増幅部 2 2 によって増幅されたノイズは、短い間隔で「0」と「1」とが交互に繰り返される波形を描く。このような短い断続的な波形に基づいて、放電が発生したか否かを判定することは難しい。そこで、増幅部 2 2 によって増幅されたノイズは、平滑部 2 5 によって平滑化される。平滑部 2 5 については、後に詳述する。

[0023] 1. 3 位相角設定部

図 1 に示される位相角設定部 2 3 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれについて、ノイズの計測開始点を設定する。ノイズの計測開始点は、例えば、図 3 A に示される R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの電圧波形に基づいて決定することが可能である。R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれのノイズの計測開始点は、図 4 A 中の 3 つの鎖線で示される電圧波形の 45° の時点とすることが好ましい。電圧波形の 45° の時点は、後述するピーク時間領域 A、A' の開始点である。なお、ノイズの計測開始点は、後述するゼロクロス時間領域 B、B' の開始点としてもよい。

[0024] ここで、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれのノイズの計測開始点は、いずれか 1 つの電圧波形に基づいて決定することも可能である。例えば、R 相－S 相間の電圧波形に基づいて、R 相－S 相間のノイズ

の計測開始点を決定する。次に、R相－S相間のノイズの計測開始点に基づいて、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれのノイズの計測開始点を決定する。具体的に、図1に示されるデルタ結線の場合、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形の位相角は 120° ずつずれる。それぞれの電圧波形の1周期は 16.7ms である。それぞれの電圧波形が 60Hz である場合、S相－T相間のノイズの計測開始点は、R相－S相間のノイズの計測開始点から $16.7\text{ms} \times 1/3$ 遅らせた時点となる。T相－R相間のノイズの計測開始点は、R相－S相間のノイズの計測開始点から $16.7\text{ms} \times 2/3$ 遅らせた時点となる。

[0025] なお、本実施形態では、図1に示される電源回路及び3つの負荷をいずれもデルタ結線した構成となっているが、これに限定されるものではない。本実施形態の放電検出装置1が電氣的に接続される三相交流の電気回路は、電源回路及び3つの負荷の一方又は両方をY（スター）結線した構成としてもよい。電源回路がY結線されている場合であっても、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形の位相角のずれに基づいて、それぞれの電圧波形のノイズの計測開始点を決定することが可能である。

[0026] 1. 4 位相分割部

図1に示される位相分割部24は、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれのノイズの計測開始点及び電圧波形の1周期の値に基づいて、ピーク値の前後の時間を含むピーク時間領域、及び0値の前後の時間を含むゼロクロス時間領域を定義する。位相分割部24は、例えば、所定のタイミングでパルスを出力することによって、複数周期にわたるピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'の特定を可能する（図6E～図6Gを参照）。後述する判定部26は、位相分割部24から出力されるパルスに基づいて、複数周期にわたるピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'を特定する。

[0027] 1. 5 平滑部

図1に示される平滑部25は、増幅部22によって増幅された出力を平滑

化する。平滑化は、例えば、増幅されたノイズの波形のピークを繋げる処理である。上述したように、増幅部 2 2 によって増幅されたノイズは、短い間隔で「0」と「1」とが交互に繰り返される波形を描く。平滑化されたノイズの波形は、増幅されたノイズの波形中の「1」のピークを繋げた線を描く。なお、平滑部 2 5 は、増幅部 2 2 によって増幅されたノイズの最大値を保持すること（ピークホールド）により、ノイズの波形を平滑化するものであってもよい。平滑部 2 5 がノイズの波形を平滑化することにより、信号レベルの瞬間的な変動が、判定部 2 6 の判定結果に悪影響を与えない。

[0028] なお、図 3 B～図 3 D、図 4 B～図 4 D、図 5 B～図 5 D、図 6 B～図 6 G、図 7 A～図 7 C、図 8 A～図 8 C、図 9、図 10 B～図 10 G、図 11 A～図 11 C、図 12 B のそれぞれに示されるノイズの波形は、3 つのフィルタ部 2 1 の出力波形であり、平滑部 2 5 によって平滑化されたノイズ波形ではない。

[0029] 1. 6 判定部

図 1 に示される判定部 2 6 として、例えば、マイクロコントローラユニット (MCU)、マイクロコンピュータ又はプロセッサなどの演算装置が用いられる。判定部 2 6 は、位相角設定部 2 3、位相分割部 2 4 及び平滑部 2 5 のそれぞれの出力側に電氣的に接続される。位相角設定部 2 3、位相分割部 2 4 及び平滑部 2 5 のそれぞれの出力は、判定部 2 6 に入力される。

[0030] 第 1 に、判定部 2 6 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの電圧波形のノイズの計測開始点を、位相角設定部 2 3 から取得する（図 6 A～図 6 D 中の 3 つの鎖線を参照）。第 2 に、判定部 2 6 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの電圧波形の複数周期にわたるピーク時間領域 A、A' 及びゼロクロス時間領域 B、B' を特定するためのパルスを、位相分割部 2 4 から取得する（図 6 E～図 6 G を参照）。第 3 に、判定部 2 6 は、平滑部 2 5 によって平滑化されたノイズの波形を取得する。そして、判定部 2 6 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれで計測されたノイズの波形に基づいて、放電が発生したか否かを

判定する処理、及び放電の発生源を特定する処理を実行する。

[0031] 図6E～図6Gに示されるように、判定部26は、位相角設定部23によって設定されたノイズの計測開始点、及び位相分割部24から入力されるパルスに基づいて、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形の複数周期にわたるピーク時間領域A、A'及びゼロクロス時間領域B、B'を特定する。

[0032] 次に、判定部26は、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する。次に、判定部26は、第1出力と第2出力との差Cの値に基づいて、放電が発生したか否かを判定する。引き続き、判定部26は、電圧波形の複数周期にわたり、ピーク時間領域A'、A及びゼロクロス時間領域B'、Bを特定し、第1出力と第2出力との差Cの値を繰り返し算出し、放電が発生したか否かを判定する。判定部26は、第1出力と第2出力との差Cの値が、予め定められた第1の閾値以上の場合に「放電が発生した」と判定する。

[0033] 例えば、図7A～図7Cに示されるように、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれでノイズの波形が計測されたと仮定する。

[0034] まず、判定部26は、R相－S相間で計測されたノイズの波形について、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する。この場合、差Cは、第1の閾値未満である負の値となるので、判定部26は、「放電が発生した」と判定しない。

[0035] 次に、判定部26は、S相－T相間で計測されたノイズの波形について、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する。この場合、差Cは、第1の閾値以上の正の値となるので、判定部26は、「放電が発生した」と判定する。

[0036] 次に、判定部26は、T相－R相間で計測されたノイズの波形について、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域B

における平滑部 25 の第 2 出力との差 C の値を算出する。この場合、差 C は、第 1 の閾値未満である 0 となるので、判定部 26 は、「放電が発生した」と判定しない。

[0037] その後、判定部 26 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの判定結果に基づいて、放電の発生源が「S 相－T 相間」であることを特定する。

[0038] 図 7 D は、図 7 A、図 7 B 及び図 7 C のそれぞれのピーク時間領域 A、A' 及びゼロクロス時間領域 B、B' と、時間 t との関係を示す表である。上述した判定部 26 による R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの判定は、時間 t 1 ～時間 t 14 の間に実行される。R 相－S 相間の判定には、時間 t 1 ～時間 t 8 の間で取得されたノイズの波形データが用いられる。S 相－T 相間の判定には、時間 t 4 ～時間 t 11 の間で取得されたノイズの波形データが用いられる。T 相－R 相間の判定には、時間 t 7 ～時間 t 14 の間で取得されたノイズの波形データが用いられる。

[0039] ピーク時間領域 A における平滑部 25 の第 1 出力と、ゼロクロス時間領域 B における平滑部 25 の第 2 出力との差 C の値を算出する場合に、第 1 出力及び第 2 出力のそれぞれの値は、加算値又は平均値である。具体的に、図 7 D において、R 相－S 相間のピーク時間領域 A における平滑部 25 の第 1 出力の値は、時間 t 1 ～t 4 における平滑部 25 の出力の加算値又は平均値である。R 相－S 相間のゼロクロス時間領域 B における平滑部 25 の第 2 出力の値は、時間 t 5 ～t 8 における平滑部 25 の出力の加算値又は平均値である。S 相－T 相間のピーク時間領域 A における平滑部 25 の第 1 出力の値は、時間 t 4 ～t 7 における平滑部 25 の出力の加算値又は平均値である。S 相－T 相間のゼロクロス時間領域 B における平滑部 25 の第 2 出力の値は、時間 t 8 ～t 11 における平滑部 25 の出力の加算値又は平均値である。T 相－R 相間のピーク時間領域 A における平滑部 25 の第 1 出力の値は、時間 t 7 ～t 10 における平滑部 25 の出力の加算値又は平均値である。T 相－R 相間のゼロクロス時間領域 B における平滑部 25 の第 2 出力の値は、時間

$t_{11} \sim t_{14}$ における平滑部25の出力の加算値又は平均値である。

[0040] なお、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する場合に、1つの第1出力の値、及び1つの第2出力の値を用いてもよい。例えば、図7Dにおいて、R相－S相間のピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力の値は、時間 $t_1 \sim t_4$ における平滑部25の出力のうちのいずれか1つの値（例えば、時間 t_4 ）である。R相－S相間のゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力の値は、時間 $t_5 \sim t_8$ における平滑部25の出力のうちのいずれか1つの値（例えば、時間 t_5 ）である。S相－T相間のピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力の値は、時間 $t_4 \sim t_7$ における平滑部25の出力のうちのいずれか1つの値（例えば、時間 t_7 ）である。S相－T相間のゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力の値は、時間 $t_8 \sim t_{11}$ における平滑部25の出力のうちのいずれか1つの値（例えば、時間 t_8 ）である。T相－R相間のピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力の値は、時間 $t_7 \sim t_{10}$ における平滑部25の出力のうちのいずれか1つの値（例えば、時間 t_{10} ）である。T相－R相間のゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力の値は、時間 $t_{11} \sim t_{14}$ における平滑部25の出力のうちのいずれか1つの値（時間 t_{11} ）である。

[0041] 本実施形態の放電検出装置1は、それぞれ1つの増幅部22、位相角設定部23、位相分割部24、平滑部25及び判定部26によって、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれについて、放電が発生したか否かを判定することができる。このため、放電検出装置1の部品点数を極めて少なく抑えることが可能である。

[0042] 1. 7 放電判定時間

図7A～図7Dの例示において、判定部26は、差Cの値が第1の閾値以上となった場合に「放電が発生した」と判定する。しかし、図1に示される三相三線式の電気回路を構成する負荷が、第1の閾値以上のノイズを突発的

に生じさせる場合がある。判定部 26 が、負荷の突発的なノイズを放電と誤判定しないために、第 1 の閾値以上のノイズの継続性を、放電が発生したか否かの判定の条件とすることが好ましい。

[0043] 図 8 A～図 8 C は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれに電氣的に接続されたフィルタ部 21 の出力波形を示す。図 8 A～図 8 C のそれぞれに示される出力波形には、継続的に検出される放電のノイズが含まれる。図 8 A～図 8 C において、放電の発生源は、S 相－T 相間に電氣的に接続された回路であり、この放電のノイズが、R 相－S 相間、T 相－R 相間のそれぞれに電氣的に接続された回路に伝播したと仮定する。

[0044] 判定部 26 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれについて、平滑部 25 によって平滑化されたノイズの波形を取得する。次に、判定部 26 は、位相角設定部 23 によって設定されたノイズの計測開始点、及び位相分割部 24 から入力されるパルスに基づいて、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの電圧波形の複数周期にわたるピーク時間領域 A、A' 及びゼロクロス時間領域 B、B' を特定する。判定部 26 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれについて、ピーク時間領域 A、A' における平滑部 25 の第 1 出力と、ゼロクロス時間領域 B、B' における平滑部 25 の第 2 出力との差 C の値を算出する。

[0045] この演算処理の結果、図 8 A に示される R 相－S 相間、及び図 8 C に示される T 相－R 相間では、第 1 の閾値以上の差 C の値が算出されない。図 8 B に示される S 相－T 相間において、第 1 の閾値以上の差 C の値が算出される。

[0046] 具体的に、判定部 26 は、図 8 B 中の C101 において、ピーク時間領域 A における平滑部 25 の第 1 出力と、ゼロクロス時間領域 B における平滑部 25 の第 2 出力との差 C の値を算出する。この場合、差 C は、第 1 の閾値以上の正の値となる。ここで、判定部 26 は、予め定められた放電判定時間が経過するまでの間、S 相－T 相間における第 1 の閾値以上の差 C の値が算出された回数をカウントする。

[0047] 放電判定時間は、例えば、500msとする。R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のそれぞれの電圧波形は60Hzであり、電圧波形の1周期は16.7msである。判定部26は、電圧波形の1周期に1回、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する。判定部26は、第1の閾値以上の差Cの値が算出された場合に「1」を加算する。そして、判定部26は、500msが経過した時点での加算値が、例えば「15」以上となった場合に「放電が発生した」と判定する。この結果、判定部26は、負荷の突発的なノイズを放電と誤判定することがない。

[0048] 本実施形態では、判定部26は、図8C中のC101、C103、C105、C107・・・において、電圧波形の正の半周期に対応する領域A、Bの出力に基づいて差Cを算出し、第1の閾値以上の差Cの値が算出された場合に「1」を加算するが、これに限定されるものではない。判定部26は、図8C中のC102、C104、C106、C108・・・において、電圧波形の負の半周期に対応する領域A'、B'の出力に基づいて差Cを算出し、差Cの値が第1の閾値以上の場合に「1」を加算してもよい。

[0049] また、本実施形態では、判定部26は、500msの放電判定時間内に、第1の閾値以上の差Cの値が連続して算出された場合に「1」を加算する。図8B中のC103、C105、C107・・・のいずれか1つにおいて、第1の閾値未満の差Cの値が算出された場合、判定部26は、加算値を「0」にリセットする。

[0050] 1. 8 継続性判断時間

図8A～図8Cに示される例示において、判定部26は、500msの放電判定時間内に、第1の閾値以上のノイズが15回以上連続した場合に「放電が発生した」と判定する。しかし、放電のノイズが、瞬間的に減衰する場合がある。例えば、図8B中のC107において、ノイズが瞬間的に第1の閾値未満に減衰した場合、第1の閾値以上のノイズの連続が断たれるために、判定部26は、第1の閾値以上の差Cが算出された回数を「0」にリセッ

トする。つまり、判定部26は、放電が発生していないと誤判定する。

[0051] このようなノイズの瞬間的な減衰による誤判定を防止するために、判定部26は、ノイズが第1の閾値未満に減衰した時間の長さを判断することが好ましい。そして、ノイズが第1の閾値未満に減衰した時間が、予め定められた継続性判断時間以内であれば、判定部26は、第1の閾値以上の差Cの値が算出された回数を「0」にリセットしない。継続性判断時間は、例えば、電圧波形の半周期の長さ（8.35ms）とする。

[0052] 図9は、S相-T相間に電氣的に接続されたフィルタ部21の出力波形を示す。図9に示される出力波形には、継続的に検出される放電のノイズが含まれる。図9中のC101、C103、C105において、第1の閾値以上のノイズが3回連続して検出される。次に、C107において、第1の閾値未満のノイズが検出される。その後、C109・・・C129、C131において、第1の閾値以上のノイズが12回連続して検出される。

[0053] 判定部26は、図9中のC107において、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する。この場合、差Cは、第1の閾値未満の正の値となる。ここで、判定部26は、C101、C103、C105における第1の閾値以上の差Cの値が算出された回数「3」をリセットしない。

[0054] 次に、判定部26は、図9中のC109において、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値を算出する。この場合、差Cは、第1の閾値以上の正の値となる。ここで、判定部26は、図9中のC107における差Cの値が第1の閾値未満に減少した時間、つまり、ノイズが閾値未満に減衰した時間が、継続性判断時間以内であると判断する。この判断の結果、第1に、判定部26は、500msの放電判定時間の計測を継続させる。第2に、判定部26は、図9中のC107における第1閾値未満の差Cの値が算出された回数「0」を「3」に加算する。第3に、判定部26は、図9中のC109における第1の閾値以上の差Cの値が算出された回数「1」を「3」に加算す

る。

[0055] その後、判定部26は、C111・・・C129、C131において、第1の閾値以上の差Cの値を11回連続して算出する。この結果、500msの放電判定時間内に、第1の閾値以上の差Cの値が算出された回数が「15」となり、判定部26は、「放電が発生した」と判定する。

[0056] 仮に、図9中のC109における差Cの値が第1閾値未満であった場合、第1に、判定部26は、500msの放電判定時間の計測を終了させる。第2に、判定部26は、C101、C103、C105における第1の閾値以上の差Cの値が算出された回数「3」をリセットする。その後、第1の閾値以上の差Cの値が算出された場合、判定部26は、放電判定時間の計測を開始し、上述した処理を繰り返す。

[0057] 1. 9 負荷が生じさせるノイズへの対策

図1に示される三相三線式の電気回路では、R相－S相間、S相－T相間、T相－R相間のいずれかに電氣的に接続された負荷がノイズを生じさせる場合がある。図10Cは、S相－T相間に電氣的に接続された電気回路で放電が発生し、且つこの電気回路を構成する負荷がノイズを生じさせた場合のフィルタ部21の出力波形を示す。図10Cに示されるS相－T相間の出力波形においては、放電のノイズが、ノイズの計測開始点の直後のピーク時間領域Aに現れ、且つ負荷のノイズが、このピーク時間領域Aの前後のそれぞれのゼロクロス時間領域Bに現れる。負荷のノイズは、図10Bに示されるR相－S相間の出力波形、及び図10Dに示されるT相－R相間の出力波形にも現れる。

[0058] 図10Cに示されるS相－T相間の出力波形において、ピーク時間領域Aにおける平滑部25の第1出力と、ゼロクロス時間領域Bにおける平滑部25の第2出力との差Cの値が、第1の閾値未満となる可能性がある。この結果、判定部26は、放電が発生したにも拘わらず、放電が発生していないと誤判定する。

[0059] このような負荷のノイズによる判定部26の誤判定を防止するために、第

1の閾値よりも小さい値の第2の閾値を設定する。判定部26は、ゼロクロス時間領域B、B'における平滑部25の第2出力が、第2の閾値以上であるか否かを判定する。第2出力が第2の閾値以上である場合、判定部26は、放電が発生したか否かの判定ができないことを報知する。例えば、判定部26は、スピーカから出力される音、LEDの光、ディスプレイの表示などによって、放電が発生したか否かの判定ができないことを報知する。

[0060] 図10Bに示されるR相-S相間の出力波形、及び図10Dに示されるT相-R相間の出力波形においても、判定部26は、ゼロクロス時間領域B、B'における平滑部25の第2出力が、第2の閾値以上であるか否かを判定することが好ましい。第2出力が第2の閾値以上である場合、判定部26は、放電が発生したか否かの判定ができないことを報知する。

[0061] 図10E～図10Gに示される出力波形は、いずれも第2の閾値を超える負荷のノイズを含む。負荷のノイズは、出力波形中の最初の放電のノイズの前から後までの期間にわたり継続する。第2の閾値を超える負荷のノイズが継続する場合は、図1に示される増幅部22の増幅率を減少させる。これにより、ゼロクロス時間領域B、B'における平滑部25の第2出力を、第2の閾値以下に低下させることができる。この結果、判定部26は、負荷のノイズに影響を受けることなく、放電が発生したか否かを判定することが可能となる。

[0062] ここで、ノイズを生じさせる負荷がOFFになれば、図10E～図10Gに示される出力波形中の負荷のノイズは消失する。この場合、図1に示される増幅部22の増幅率を標準の設定値に戻すことが好ましい。増幅部22の増幅率は、放電検出装置1の放電の検出限界を決定する。増幅部22の増幅率が高いほど、放電検出装置1は、より小さい放電を検出することが可能となる。このため、負荷のノイズが消失した後は、増幅部22の減少された増幅率を標準の設定値まで増加させることが好ましい。

[0063] 増幅部22の増幅率を標準の設定値に戻すために、第2の閾値よりも小さい値の第3の閾値を設定する。図10E～図10Gに示されるように、判定

部 2 6 は、ゼロクロス時間領域 B、B' における平滑部 2 5 の第 2 出力が、第 3 の閾値以上であるか否かを判定する。第 2 出力が第 3 の閾値未満である場合、判定部 2 6 は、増幅部 2 2 の増幅率を標準の設定値まで増加させる。なお、第 2 の閾値を超える負荷のノイズが継続する場合、増幅部 2 2 の増幅率は、ゼロクロス時間領域 B、B' における平滑部 2 5 の第 2 出力が第 3 の閾値以上になる値に減少させる。

[0064] 1. 1 0 ピーク時間領域のみに基づく判定

図 1 1 A～図 1 1 C は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれに電氣的に接続されたフィルタ部 2 1 の出力波形を示す。判定部 2 6 は、図中のピーク時間領域 A における平滑部 2 5 の第 1 出力のみに基づいて、放電が発生したか否かを判定することも可能である。つまり、ピーク時間領域 A' における平滑部 2 5 の第 1 出力、及びゼロクロス時間領域 B、B' における平滑部 2 5 の第 2 出力は、いずれも放電が発生したか否かの判定に用いない。

[0065] 放電のノイズは、発生源となる電気回路が電氣的に接続された R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のいずれかの電圧波形のピーク値の前後に現れる。図 1 1 A～図 1 1 C に示される出力波形において、判定部 2 6 は、ピーク時間領域 A における平滑部 2 5 の第 1 出力が第 1 の閾値以上であるか否かを判定する。ピーク時間領域 A における平滑部 2 5 の第 1 出力が第 1 の閾値以上であるのは、図 1 1 B に示される S 相－T 相間の出力波形のみである。したがって、判定部 2 6 は、図 1 1 D に示される時間 t 4～t 7 のタイミングで「放電が発生した」と判定し、及び放電の発生源が「S 相－T 相間」であると特定する。

[0066] なお、電動ドリルや電動ミキサーなどのモータを備えた機器には、正常な動作中に、第 1 の閾値を超えるレベルのノイズを継続的に生じさせるものがある。負荷の正常な動作によって生じたノイズは、交流電源の電圧波形におけるピーク時間領域 A、A' 及びゼロクロス時間領域 B、B' の全体に重畳される。この結果、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれ

において、ピーク時間領域 A における平滑部 25 の第 1 出力が第 1 の閾値以上となる場合がある。このような場合、判定部 26 は、放電が発生したか否かの判定ができないことを報知する。又は、判定部 26 は、図 1 に示される増幅部 22 の増幅率を減少させることにより、負荷のノイズが第 1 の閾値未満となるようにする。

[0067] 2. 第 2 実施形態に係る放電検出装置

上述した第 1 実施形態の放電検出装置 1 は、図 1 に示される 3 つのフィルタ部 21 を備えているが、フィルタ部 21 は、少なくとも 1 つあればよい。図 12A は、本発明の第 2 実施形態に係る放電検出装置 1 が電氣的に接続された三相三線式の電気回路を示す。第 2 実施形態の放電検出装置 1 は、例えば、R 相－S 相間に電氣的に接続された 1 つのフィルタ部 21 を備える。図 12A に示される増幅部 22、位相角設定部 23、位相分割部 24、平滑部 25 及び判定部 26 は、いずれも第 1 実施形態と同じ構成である。但し、第 2 実施形態における判定部 26 の処理は、第 1 実施形態と異なる。

[0068] 2. 1 ノイズの計測開始点の設定

位相角設定部 23 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれについて、ノイズの計測開始点を設定する。まず、位相角設定部 23 は、R 相－S 相間の電圧波形に基づいて、R 相－S 相間のノイズの計測開始点を決定する。R 相－S 相間のノイズの計測開始点は、図 12C 中の時間 t_1 の時点である。

[0069] 次に、位相角設定部 23 は、R 相－S 相間のノイズの計測開始点に基づいて、S 相－T 相間のノイズの計測開始点を決定する。S 相－T 相間のノイズの計測開始点は、R 相－S 相間のノイズの計測開始点から $1/6 \cdot 7 \text{ ms} \times 1/3$ 遅らせた時点であり、図 12C 中の時間 t_4 の時点である。

[0070] 次に、位相角設定部 23 は、R 相－S 相間のノイズの計測開始点に基づいて、T 相－R 相間のノイズの計測開始点を決定する。T 相－R 相間のノイズの計測開始点は、R 相－S 相間のノイズの計測開始点から $1/6 \cdot 7 \text{ ms} \times 2/3$ 遅らせた時点であり、図 12C 中の時間 t_7 の時点である。

[0071] 2. 2 ピーク時間領域及びゼロクロス時間領域の特定

位相分割部 24 は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれのノイズの計測開始点及び電圧波形の 1 周期の値に基づいて、ピーク値の前後の時間を含むピーク時間領域、及び 0 値の前後の時間を含むゼロクロス時間領域を定義する。位相分割部 24 は、例えば、所定のタイミングでパルスを出力することによって、複数周期にわたるピーク時間領域 A、A' 及びゼロクロス時間領域 B、B' の特定を可能する。図 12C に示されるように、位相分割部 24 は、電圧波形の 1 周期を 16 の領域 A、B、A'、B' に分割する。

[0072] 2. 3 放電の発生源の特定

図 12C は、R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれのピーク時間領域 A、A' 及びゼロクロス時間領域 B、B' の対応関係を規定する論理テーブルを示す。判定部 26 は、図 12A に示されるフィルタ部 21 がノイズを検出した場合、図 12C に示される論理テーブルを参照する。そして、判定部 26 は、ノイズが検出されたタイミングにおける R 相－S 相間、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれの領域 A、B、A'、B' を特定する。

[0073] 例えば、図 12B は、図 12A に示されるフィルタ部 21 の出力波形を示す。この出力波形には、2 つのノイズが含まれる。最初のノイズは、図 12C 中の時間 $t_7 \sim t_{10}$ のタイミングで検出されたものである。このノイズは、R 相－S 相間の電圧波形におけるゼロクロス時間領域 B、B 及びピーク時間領域 A'、A' に現れる。判定部 26 は、S 相－T 相間、T 相－R 相間のそれぞれについて、図 12C 中の時間 $t_7 \sim t_{10}$ における領域 A、B、A'、B' を特定する。まず、時間 $t_7 \sim t_{10}$ における S 相－T 相間の電圧波形は、ピーク時間領域 A 及びゼロクロス時間領域 B、B、B である。次に、時間 $t_7 \sim t_{10}$ における T 相－R 相間の電圧波形は、全てピーク時間領域 A、A、A、A である。上述したように、放電によって発生したノイズは、電圧波形のピーク値の前後に現れる。したがって、判定部 26 は、「T

相－R相間で放電が発生した」と判定する。

[0074] 3. その他

本発明の放電検出装置は、上述した第1及び第2実施形態の構成に限定されるものではない。例えば、図1に示される3つのフィルタ部21、又は図12Aに示される1つのフィルタ部21は、増幅部22、位相角設定部23、位相分割部24、平滑部25及び判定部26とともに、1つのハウジングの中に収納されてもよい。これにより、放電検出装置は、一纏まりのユニットを構成する。また、上述した第1及び第2実施形態の放電検出装置は、電圧に重畳されたノイズに基づいて、放電を検出する構成となっているが、この構成に限定されるものではない。本発明の放電検出装置は、電流に重畳されたノイズに基づいて、放電を検出する構成としてもよい。

符号の説明

- [0075] 1 放電検出装置
- 21 フィルタ部
- 22 増幅部
- 23 位相角設定部
- 24 位相分割部
- 25 平滑部
- 26 判定部

請求の範囲

- [請求項1] 三相交流の電源回路から供給される交流電源に重畳される高周波帯域のノイズに基づいて、放電の発生を検出する放電検出装置であって、
- 、
- 前記電源回路の第1相、第2相及び第3相のうちの2つの相間に電氣的に接続され、前記交流電源から所定の周波数成分を抽出する少なくとも1つのフィルタ部と、
- 前記フィルタ部の出力を増幅する増幅部と、
- 前記増幅部の出力を平滑化する平滑部と、
- 第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれについて、ノイズの計測開始点を設定する位相角設定部と、
- 前記ノイズの計測開始点に基づいて、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の1周期を分割する複数の領域を定義する位相分割部と、
- 前記平滑部の出力に含まれる所定の周波数のノイズを検出し、前記位相分割部によって定義される複数の領域のうち、前記ノイズの検出タイミングと一致する少なくとも1つの領域を特定し、前記ノイズの発生源が、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれであるかを特定する判定部と、
- を備える放電検出装置。
- [請求項2] 前記位相角設定部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれか1つの相間の電圧波形又は電流波形に基づいて、第1のノイズの計測開始点を決定し、前記第1のノイズの計測開始点、及び第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の位相角のずれに基づいて、他の2つの相間について、第2及び第3のノイズの計測開始点を決定する請求項1に記載の放電検出装置。
- [請求項3] 前記位相角設定部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3

相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形に基づいて、これらの3つの相間のそれぞれについて、前記ノイズの計測開始点を決定する請求項1に記載の放電検出装置。

[請求項4] 前記位相分割部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の1周期について、ピーク値の前後の時間を含むピーク時間領域と、0値の前後の時間を含むゼロクロス時間領域とを定義し、

前記判定部は、前記ピーク時間領域における前記平滑部の第1出力と、前記ゼロクロス時間領域における前記平滑部の第2出力との差の値を算出し、前記差の値が第1閾値以上である場合、放電が発生したと判定し、及び放電の発生源が、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれであるかを特定する請求項1に記載の放電検出装置。

[請求項5] 前記位相分割部は、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のそれぞれの電圧波形又は電流波形の1周期について、ピーク値の前後の時間を含むピーク時間領域を定義し、

前記判定部は、前記ノイズの検出タイミングが前記ピーク時間領域と一致する場合、前記ノイズの発生源が、第1相－第2相間、第2相－第3相間、第3相－第1相間のいずれであるかを特定する請求項1に記載の放電検出装置。

[請求項6] 前記判定部は、前記ゼロクロス時間領域における前記平滑部の第2出力が、前記第1の閾値よりも小さい値の第2の閾値以上であるか否かを判定し、前記第2出力が前記第2の閾値以上である場合、放電が発生したか否かの判定ができないことを報知する請求項4に記載の放電検出装置。

[請求項7] 前記判定部は、前記ゼロクロス時間領域における前記平滑部の第2出力が、前記第1の閾値よりも小さい値の第2の閾値以上であるか否かを判定し、前記第2出力が前記第2の閾値以上である場合、前記増

幅部の増幅率を減少させる請求項 4 に記載の放電検出装置。