

明 細 書

発明の名称：

アーク検出システム、アーク検出方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、給電路においてアーク故障の発生の可能性があるか否かを判定するアーク検出システム、アーク検出方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、アークを検出するためのアーク検出手段が開示されている。このアーク検出手段は、端子台への入力側配線と端子台からの出力側配線との間の電圧値を測定する電圧検出手段と、端子台からの出力側配線の電流値を測定する電流検出手段と、を備える。そして、このアーク検出手段では、電圧検出手段の電圧値の変動及び電流検出手段の電流値の変動を同時に検出することで、電気ノイズ等と、端子台におけるアークとを識別している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2011-7765号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明は、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすいアーク検出システム、アーク検出方法、及びプログラムを提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様に係るアーク検出システムは、第1取得部と、第2取得部と、判定部と、を備える。前記第1取得部は、電源から電力が供給される給電路に流れる電流、又は前記給電路における電圧の測定結果を取得する。前記第2取得部は、前記給電路に接続される機器との間で前記給電路を介して

電力線通信することにより、前記機器との間の通信の品質に関する品質情報を取得する。前記判定部は、前記第 1 取得部にて取得した前記測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び前記第 2 取得部にて取得した前記品質情報に基づいて、前記給電路にアーク故障が発生したか否かを判定する。

[0006] 本発明の一態様に係るアーク検出方法は、第 1 取得ステップと、第 2 取得ステップと、判定ステップと、を含む。前記第 1 取得ステップでは、電源から電力が供給される給電路に流れる電流、又は前記給電路における電圧の測定結果を取得する。前記第 2 取得ステップでは、前記給電路に接続される機器との間で前記給電路を介して電力線通信することにより、前記機器との間の通信の品質に関する品質情報を取得する。前記判定ステップでは、前記第 1 取得ステップにて取得した前記測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び前記第 2 取得ステップにて取得した前記品質情報に基づいて、前記給電路にアーク故障が発生したか否かを判定する。

[0007] 本発明の一態様に係るプログラムは、1 以上のプロセッサに、前記アーク検出方法を実行させる。

発明の効果

[0008] 本発明の一態様によれば、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすい、という利点がある。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]図 1 は、実施の形態に係るアーク検出システムを含む全体構成を示す概要図である。

[図2A]図 2 A は、実施の形態に係るアーク検出システムの判定部による第 1 判定例を示すタイミングチャートである。

[図2B]図 2 B は、実施の形態に係るアーク検出システムの判定部による第 2 判定例を示すタイミングチャートである。

[図2C]図 2 C は、実施の形態に係るアーク検出システムの判定部による第 3 判定例を示すタイミングチャートである。

[図3]図 3 は、実施の形態に係るアーク検出システムの動作例を示すフローチ

ャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。以下に説明する実施の形態は、いずれも本発明の一具体例を示すものである。したがって、以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本発明を限定する主旨ではない。

[0011] なお、各図は、模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付しており、重複する説明は省略又は簡略化する。

[0012] [構成]

実施の形態に係るアーク検出システムについて、図1を用いて説明する。図1は、実施の形態に係るアーク検出システム100を含む全体構成を示す概要図である。

[0013] アーク検出システム100は、主として電源2から電力が供給される給電路L1においてアーク故障が発生したか否かを判定するためのシステムである。すなわち、給電路L1は、例えば外的要因又は経年劣化等によって損傷又は破断を引き起こす可能性があり、このような損傷等に起因してアーク（アーク放電）が発生し、結果としてアーク故障が発生する可能性がある。そこで、アーク検出システム100は、主として給電路L1で発生し得るアーク故障を検出するために用いられる。

[0014] 具体的には、アーク検出システム100は、いわゆるDC（Direct Current）配電網200に用いられる。DC配電網200は、1以上の給電路L1を含むように構成されている。図1では、1本の給電路L1のみを図示している。DC配電網200には、電源（ここでは、直流電源）2から直流電力が供給される。各給電路L1は、電源2の出力側の正極に接続される正側給電路と、電源2の出力側の負極に接続される負側給電路と、の一对の電路により構成されている。

- [0015] ここで、DC配電網200が1本の給電路L1のみ有している場合、この給電路L1に電源2から直流電力が供給される。また、DC配電網200が複数本の給電路L1を有している場合、複数本の給電路L1の各々の一端は、1以上の分岐点に接続される。このため、いずれかの給電路L1に電源2から直流電力が供給されると、他の給電路L1にも1以上の分岐点を介して直流電力が供給される。
- [0016] 実施の形態では、電源2は、AC／DCコンバータ21を備えた電力変換器である。電源2は、電力系統300から出力される交流電力を直流電力に変換し、変換した直流電力を電源2が接続された給電路L1へ出力する。DC配電網200が複数本の給電路L1を有している場合、当該給電路L1へ出力された直流電力は、他の給電路L1にも出力される。なお、実施の形態において、電源2は、直流電力を出力する態様であればよく、太陽光電池等の分散型電源若しくは蓄電池等の電源、又はこれらの電源と電力変換器（例えば、DC／DCコンバータ回路を備えた電力変換器）との組み合わせであってもよい。
- [0017] 各給電路L1は、例えばダクトレールにより構成されており、1以上の機器3が取付可能である。つまり、各給電路L1においては、1以上の機器3を自由な位置に配置することが可能である。もちろん、各給電路L1は、1以上の機器3が取付可能な場所があらかじめ定められている態様であってもよい。実施の形態では、各給電路L1は、施設の天井に配置されているが、施設の床、壁、又は什器等に配置されていてもよい。
- [0018] 機器3は、負荷31と、一对の接続端子と、を有している。また、機器3は、アーク検出システム100の第2取得部12（後述する）との間で通信する機能を有している。通信機能は、機器3が動作している状態で発揮される。つまり、実施の形態では、機器3が給電路L1に接続されている場合、機器3は第2取得部12と通信可能であるが、機器3が給電路L1に接続されていない場合、機器3は第2取得部12と通信することができない。
- [0019] 機器3は、一对の接続端子を介して給電路L1に取り付けたり、給電路L

1 から取り外したりすることが可能である。具体的には、機器 3 を給電路 L 1 に取り付けの場合、機器 3 の一対の接続端子をダクトレール（給電路 L 1）に差し込んだ状態で、機器 3 の差し込み方向から見て機器 3 を時計回り又は反時計回りに所定角度（例えば、90 度）回転させる。これにより、一対の接続端子が給電路 L 1 に設けられた一対の接続導体に接触した状態で固定され、機器 3 が給電路 L 1 に電気的かつ機械的に接続される。

[0020] 機器 3 を給電路 L 1 から取り外す場合、機器 3 の差し込み方向から見て機器 3 を上記とは逆回りに所定角度回転させる。これにより、一対の接続端子と一対の接続導体との接触状態が解除されるので、その後、機器 3 を給電路 L 1 から取り外すことが可能になる。負荷 31 は、機器 3 が給電路 L 1 に取り付けられた状態において、電源 2 から当該給電路 L 1 を介して供給される直流電力を受けて駆動する。

[0021] 実施の形態では、機器 3 は照明器具であるが、例えばスピーカ、カメラ、センサ、又は USB PD（Power Delivery）等であってもよい。つまり、機器 3 は、負荷 31 が電力を受けて駆動する態様であれば、照明器具以外の機器であってもよい。また、実施の形態では、各給電路 L 1 に接続されている機器 3 は全て照明器具であって 1 種類であるが、各給電路 L 1 に接続される機器 3 の種類は複数であってもよい。例えば、各給電路 L 1 には、照明器具と、スピーカと、カメラと、センサと、USB PDと、が接続されていてもよい。これらの機器 3 は、1 つの給電路 L 1 に全て接続されていてもよいし、複数の給電路 L 1 に分かれて接続されていてもよい。

[0022] アーク検出システム 100 は、アーク故障が発生したか否かを判定するための機能構成要素として、第 1 取得部 11 と、第 2 取得部 12 と、判定部 13 と、報知部 14 と、停止部 15 と、を備えている。実施の形態では、第 1 取得部 11、判定部 13、報知部 14、及び停止部 15 は電源 2 に設けられている。また、第 2 取得部 12 は、電源 2 とは別に給電路 L 1 に接続された通信モジュール 20 に設けられている。通信モジュール 20 は、例えば無線通信又は電力線通信（Power Line Communication：PLC）により、電源 2

との間で通信可能に構成されている。

[0023] 電源 2 及び通信モジュール 20 の各々において、アーク検出システム 100 は、例えばマイコン、又は、マイコンを備える装置である。マイコンは、プログラムが格納された ROM 及び RAM、プログラムを実行するプロセッサ (CPU: Central Processing Unit)、タイマ、A/D 変換器、並びに、D/A 変換器等を有する半導体集積回路等である。第 1 取得部 11、第 2 取得部 12、判定部 13、報知部 14、及び停止部 15 は、いずれもプロセッサが上記プログラムを実行することにより実現される。

[0024] 第 1 取得部 11 は、電源 2 から電力が供給される給電路 L1 に流れる電流 I1、又は給電路 L1 における電圧 V1 の測定結果を取得する。実施の形態では、第 1 取得部 11 は、電流計 22 により所定周期 (サンプリング周期) でサンプリングすることで測定された電流 I1 の測定結果を取得する。つまり、第 1 取得部 11 は、電流計 22 から所定周期で電流 I1 の測定結果を取得する。電流計 22 は、電源 2 と給電路 L1 との間に設けられており、給電路 L1 の負側給電路に流れる電流 (つまり、給電路 L1 に流れる電流 I1) を測定する。なお、電流計 22 は、電源 2 に内蔵されていてもよい。

[0025] 第 2 取得部 12 は、給電路 L1 に接続される機器 3 との間で給電路 L1 を介して電力線通信することにより、機器 3 との間の通信の品質に関する品質情報を取得する。第 2 取得部 12 と機器 3 との間の電力線通信の通信規格は、特に限定されない。実施の形態では、品質情報は、第 2 取得部 12 と機器 3 との間の電力線通信の品質の度合いを含み、通信の品質の度合いは、通信異常の頻度により表される。つまり、第 2 取得部 12 は、通信異常の頻度を品質情報として取得する。通信異常は、例えば機器 3 から一方的に送信される信号を受信できないこと、又は当該信号を受信できても一部のデータしか受信できないことを含み得る。また、通信異常は、例えば第 2 取得部 12 から返信を要求する指令を含む要求信号を機器 3 へ送信した場合に、要求信号の送信先の機器 3 からの応答信号を受信できないこと、又は応答信号を受信できても一部のデータしか受信できないことを含み得る。

- [0026] また、通信異常の頻度は、単位時間（例えば、１分、数分、１時間、又は数時間等）当たりの通信異常の発生回数、又は単位時間当たりの第２取得部１２から機器３への要求のリトライ回数により表される。つまり、通信異常の頻度が小さければ小さい程、通信の品質の度合いが大きく、通信異常の頻度が大きければ大きい程、通信の品質の度合いが小さくなる。
- [0027] 実施の形態では、第２取得部１２は、給電路Ｌ１に接続されて動作している機器３との間で一定周期（例えば数百ｍｓ）で通信を行う。例えば、第２取得部１２は、給電路Ｌ１に接続されて動作している機器３から一方的に送信される信号を受信することで、機器３との間で通信してもよい。また、例えば、第２取得部１２は、要求信号をブロードキャストし、要求信号を受信した機器３からの応答信号を受信することで、機器３との間で通信してもよい。
- [0028] なお、機器３から第２取得部１２に向けて送信される信号には、送信元の機器３の識別情報が含まれている。このため、アーク検出システム１００は、機器３ごとに品質情報を把握することが可能である。
- [0029] 判定部１３は、第１取得部１１にて取得した測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び第２取得部１２にて取得した品質情報に基づいて、給電路Ｌ１にアーク故障が発生したか否かを判定する。具体的には、判定部１３は、第１取得部１１にて取得した電流Ｉ１の測定結果を周波数分析する。周波数分析とは、例えば、電流Ｉ１の測定結果の時間波形をフーリエ変換（ここでは、ＦＦＴ（Fast Fourier Transform））することで、電流Ｉ１の測定結果の周波数スペクトルを算出することである。そして、判定部１３は、算出した周波数スペクトルを参照し、電流Ｉ１の測定結果に特定の周波数帯域の成分が第１所定値以上含まれる場合、アークが発生していると判定する。特定の周波数帯域は、例えば、アークが発生した場合に発生するノイズの周波数を含む帯域である。特定の周波数帯域は、一例として、数十ｋＨｚ帯であって、比較的高周波の周波数帯域である。なお、上記のような場合に発生するノイズの周波数は、実験的に求めることが可能である。

[0030] そして、判定部 13 は、第 1 取得部 11 にて取得した測定結果に基づくアークの発生の有無の判定のみならず、第 2 取得部 12 にて取得した品質情報も参照することにより、給電路 L1 にアーク故障が発生したか否かを判定する。つまり、判定部 13 は、単に第 1 取得部 11 にて取得した測定結果に基づいてアークが発生したと判定しただけでは、給電路 L1 にアーク故障が発生したとは判定しない。以下、このようにアーク故障の発生を判定するに至った経緯について説明する。

[0031] DC 配電網 200 において発生し得るアークには、給電路 L1 の断線又は半断線に起因するアークと、機器 3 の給電路 L1 に対する着脱時に瞬間的に生じ得るアークと、がある。すなわち、機器 3 を給電路 L1 に取り付ける際に、機器 3 の取り付けが円滑に行われなければ、機器 3 の有する負荷 31 が給電路 L1 に接続される状態と、給電路 L1 から切り離される状態とが短時間の間に繰り返される、いわゆるチャタリングが発生し得る。そして、チャタリングの発生期間においては、電流が流れた状態で負荷 31 が給電路 L1 から瞬間的に切り離される際にアークが生じ得る。また、機器 3 を給電路 L1 から取り外す際にも、上記と同様にチャタリングが発生し得る。そして、チャタリングの発生期間においては、電流が流れた状態で負荷 31 が給電路 L1 から瞬間的に切り離される際にアークが生じ得る。このようなチャタリングに起因するアークの発生は、DC 配電網 200 のみならず、AC (Alternating Current) 配電網でも起こり得る。特に、機器 3 の電極と給電路 L1 の電極との間の距離が中途半端な状態で機器 3 が給電路 L1 に取り付けられると、アークが消滅しにくくなる。

[0032] また、DC 配電網 200 においては、給電路 L1 の断線又は半断線に起因してアークが発生した場合、電流 I1 (又は電圧 V1) に特定の周波数帯域の成分が重畳する。したがって、判定部 13 は、電流 I1 (又は電圧 V1) の特定の周波数帯域の成分を監視することで、アークが発生したことを判定し得る。しかしながら、機器 3 の有する負荷 31 に急峻な変動が生じた場合においても、電流 I1 (又は電圧 V1) に特定の周波数帯域の成分が重畳す

ることが起こり得る。このような現象は、DC配電網200のみならず、AC配電網でも起こり得る。

[0033] ここで、給電路L1の断線又は半断線に起因するアークはアーク故障の原因となりがちであるが、上記の現象は、そもそも給電路L1でのアークの発生に起因しておらず、アーク故障の原因とはならない。また、チャタリングに起因するアークは、基本的に短期間で消滅するためアーク故障の原因となりにくい。したがって、アーク検出システム100においては、上記の現象、及びチャタリングに起因する短時間のアークは検出せずに、主として給電路L1の断線又は半断線に起因するアークの発生をアーク故障の発生と判定することが望まれる。

[0034] そこで、実施の形態では、上記の要望を満たすために、判定部13は、以下のようにして給電路L1にアーク故障が発生したか否かを判定する。すなわち、判定部13は、まず第1取得部11にて取得した測定結果に基づいて、アークが発生したか否かを判定する。そして、判定部13は、アークが発生したと判定した場合、アークが発生したとの判定の継続時間を監視する。継続時間が第1閾値未満である場合、判定部13は、第2取得部12にて取得した品質情報に依らず、給電路L1にアーク故障が発生していない、と判定する。また、継続時間が第1閾値以上第2閾値未満であれば、判定部13は、以下に示す第1判定例又は第2判定例のようにして、給電路L1にアーク故障が発生したか否かを判定する。また、継続時間が第2閾値以上であれば、判定部13は、以下に示す第3判定例のようにして、給電路L1にアーク故障が発生したか否かを判定する。第1閾値及び第2閾値は、例えばアーク検出システム100のユーザにより、あらかじめ設定される。

[0035] 図2Aは、実施の形態に係るアーク検出システム100の判定部13による第1判定例を示すタイミングチャートである。図2Bは、実施の形態に係るアーク検出システム100の判定部13による第2判定例を示すタイミングチャートである。図2Cは、実施の形態に係るアーク検出システム100の判定部13による第3判定例を示すタイミングチャートである。図2A～

図 2 C の各々において、上段のタイミングチャートのパルスは、判定部 1 3 によるアークが発生したとの判定の継続時間を表している。また、図 2 A ~ 図 2 C の各々において、下段のタイミングチャートのパルスは、第 2 取得部 1 2 と機器 3 との間の電力線通信に異常があったことを表している。なお、図 2 A 及び図 2 C では、後述するように第 2 取得部 1 2 と機器 3 との間の電力線通信に異常が生じていないため、パルスを図示していない。

[0036] 図 2 A に示すように、第 1 判定例では、時刻 t_1 において、判定部 1 3 が第 1 取得部 1 1 にて取得した測定結果に基づいてアークが発生したと判定している。この時点（以下、「判定時点」ともいう） t_1 において、第 2 取得部 1 2 は、機器 3 との間の電力線通信に異常があったことを表す品質情報を取得していないか、又は殆ど取得していない。このため、第 1 判定例では、判定部 1 3 は、判定時点 t_1 において通信品質の度合いが大きいことから、給電路 L 1 にアークは発生しておらず、給電路 L 1 にアーク故障が発生していない、と判定する。

[0037] 図 2 B に示すように、第 2 判定例では、判定時点 t_1 において、第 2 取得部 1 2 は、機器 3 との間の電力線通信に異常があったことを表す品質情報を頻繁に取得している。このため、第 2 判定例では、判定部 1 3 は、判定時点 t_1 において通信品質の度合いが小さいことから、給電路 L 1 での断線又は半断線に起因するアークが発生、つまりアーク故障が発生した、と判定する。

[0038] このように、第 1 判定例及び第 2 判定例においては、判定部 1 3 は、第 1 取得部 1 1 にて取得した測定結果に基づいてアークが発生したと判定し、かつ、その判定時において第 2 取得部 1 2 にて取得した通信の品質の度合いが小さければ、アーク故障が発生した、と判定する。ここで、通信の品質の度合いが小さいか否かは、通信異常の頻度が閾値以上であるか否かにより判定される。具体的には、判定部 1 3 は、通信異常の頻度が閾値未満であれば、通信品質の度合いが大きいと判定し、通信異常の頻度が閾値以上であれば、通信品質の度合いが小さいと判定する。閾値は、例えばアーク検出システム

100のユーザにより、あらかじめ設定される。

[0039] なお、「判定時」とは、判定時点 t_1 の瞬間のみを含むのではなく、判定時点 t_1 よりも所定時間だけ前の時点から、判定時点 t_1 よりも所定時間だけ後の時点までの範囲を含んでもよい。

[0040] 図2Cに示すように、第3判定例では、第2取得部12が機器3との間の電力線通信に異常があったことを表す品質情報を取得していないが、判定部13によるアークが発生したとの判定の継続時間が第2閾値（閾値時間 T_{h1} ）よりも長くなっている。このため、第3判定例では、判定部13は、第2取得部12にて取得した品質情報を参照せずに、給電路L1での断線又は半断線に起因するアークが発生、つまりアーク故障が発生した、と判定する。このように、判定部13は、第1取得部11にて取得した測定結果に基づいてアークが発生したと判定している時間が第2閾値（閾値時間 T_{h1} ）以上である場合、第2取得部12にて取得した品質情報に依らず、アーク故障が発生したと判定する。

[0041] 報知部14は、例えばランプを点灯したり、ブザーを鳴らしたりすることでアーク故障が発生したことを周囲に報知する。また、報知部14は、アーク故障が発生したことを示す情報をアーク検出システム100の所有者又は管理者等が有する情報端末に送信することで、アーク故障が発生したことを報知してもよい。情報端末は、一例として、スマートフォン又はタブレット等の携帯端末の他、パーソナルコンピュータ等を含み得る。

[0042] 停止部15は、判定部13にてアーク故障が発生したと判定された場合に、給電路L1に流れる電流を停止する。これにより、アーク故障によりアーク放電が発生していた場合には、アーク放電が消滅する。

[0043] 例えば、停止部15は、給電路L1に接続されたスイッチを制御することで、給電路L1に流れる電流を停止する。スイッチは、例えば、メカスイッチ又は半導体スイッチである。メカスイッチは、例えば、リレー又はブレーカ等のスイッチであり、半導体スイッチは、トランジスタ又はダイオード等のスイッチである。

[0044] なお、給電路L1に接続されたスイッチとは、給電路L1に直接的に接続されたスイッチであってもよいし、給電路L1に間接的に接続されたスイッチであってもよい。例えば、当該スイッチは、AC/DCコンバータ21におけるAC/DC変換機能を実現するためのスイッチである。当該スイッチは、給電路L1に直接的に接続されていなくても、間接的には給電路L1に接続されることになるため、給電路L1に接続されたスイッチとなる。例えば、停止部15は、当該スイッチを制御して当該スイッチのスイッチング動作を停止することで、給電路L1に流れる電流を停止する。

[0045] なお、スイッチは、電源2のオン及びオフを切り替えるように構成されていてもよい。この場合、停止部15は、当該スイッチを制御して電源2をオフすることで、給電路L1に流れる電流を停止する。

[0046] また、スイッチは給電路L1上に設けられていてもよく、当該スイッチは給電路L1の開閉を切り替えるように構成されていてもよい。例えば、停止部15は、当該スイッチを制御して給電路L1を開放することで、給電路L1に流れる電流を停止してもよい。

[0047] [動作]

以下、実施の形態に係るアーク検出システム100の動作の一例について図3を用いて説明する。図3は、実施の形態に係るアーク検出システム100の動作例を示すフローチャートである。

[0048] まず、第1取得部11は、電流計22から所定周期で電流I1の測定結果を取得する(S1)。処理S1は、アーク検出方法の第1取得ステップST1に相当する。次に、第2取得部12は、各機器3との間で電力線通信することにより、各機器3から品質情報を取得する(S2)。処理S2は、アーク検出方法の第2取得ステップST2に相当する。そして、判定部13は、まず第1取得部11にて取得した電流I1の測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分に基づいて、アークが発生したか否かを判定する(S3)。ここでは、判定部13は、第1取得部11にて取得した電流I1の測定結果を周波数分析することで判定する。

[0049] 判定部13は、アークが発生したと判定した場合（S3：Yes）、アークが発生したとの判定の継続時間を監視する（S4）。一方、判定部13は、アークが発生していないと判定した場合（S3：No）、アーク故障が発生していないと判定する（S7）。

[0050] アークが発生したと判定した場合において、継続時間が第1閾値未満であれば（S4：Yes）、判定部13は、アーク故障が発生していないと判定する（S7）。また、継続時間が第2閾値以上であれば（S4：No、S5：No）、判定部13は、アーク故障が発生したと判定する（S8）。一方、継続時間が第1閾値以上であって（S4：No）、かつ、第2閾値未満であれば（S5：Yes）、判定部13は、第2取得部12にて取得した品質情報を参照し、判定時点t1において各機器3の通信品質の度合いが小さいか否か（つまり、通信異常の頻度が閾値以上であるか否か）を監視する（S6）。

[0051] 判定時点t1において、いずれの機器3の通信異常の頻度も閾値未満である場合（S6：Yes）、判定部13は、アーク故障が発生していないと判定する（S7）。一方、判定時点t1において、いずれかの機器3の通信異常の頻度が閾値以上である場合（S6：No）、判定部13は、アーク故障が発生したと判定する（S8）。処理S3～S8は、アーク検出方法の判定ステップST3に相当する。

[0052] 判定部13にてアーク故障が発生したと判定された場合（S8）、停止部15は、給電路L1に流れる電流を停止することで、電源2から給電路L1への給電を停止する（S9）。そして、報知部14は、アーク故障の発生を報知する（S10）。一方、判定部13にてアーク故障が発生していないと判定された場合（S7）、アーク検出システム100の処理が終了する。以下、上記の一連の処理S1～S10が繰り返される。

[0053] [利点]

以下、実施の形態に係るアーク検出システム100の利点について、比較例のアーク検出システムとの比較を交えて説明する。比較例のアーク検出シ

システムは、第2取得部12を備えていない点で、実施の形態に係るアーク検出システム100と相違する。つまり、比較例のアーク検出システムでは、第1取得部11にて取得した電流I1の測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分が第1所定値以上になると、即座にアーク故障が発生したと判定する点で、実施の形態に係るアーク検出システム100と相違する。

[0054] まず、アーク検出システムとして要求される条件について説明する。給電路L1の断線又は半断線に起因してアークが発生した場合に、この状態を放置すると、断線又は半断線した箇所が過剰に発熱し、場合によっては発火することで火災につながる可能性がある。そこで、アーク検出システムは、アークの発生（つまり、アーク故障の発生）をいち早く検出し、火災が発生するような状況となる前に給電路L1への給電を停止することが重要となる。例えば、UL（Underwriters Laboratories）規格では、アークの発生後2秒以内にアーク故障の発生を検出することが要求されている。

[0055] 比較例のアーク検出システムでも、アーク故障の発生を検出することは可能である。しかしながら、比較例のアーク検出システムでは、給電路L1の断線又は半断線に起因するアークが発生した場合のみならず、チャタリングに起因するアークが発生した場合にも、アーク故障が発生したと判定する。つまり、比較例のアーク検出システムでは、アーク故障の原因となりにくいアークの発生によってもアーク故障が発生したと誤って判定してしまう。

[0056] また、比較例のアーク検出システムでは、機器3の有する負荷31に急峻な変動が生じた場合にも、アーク故障が発生したと判定する。つまり、比較例のアーク検出システムでは、実際にアークが発生していない場合においてもアーク故障が発生したと誤って判定してしまう。このように、比較例のアーク検出システムでは、アークが発生するたびに、及び負荷31に急峻な変動が生じるたびにアーク故障が発生したと判定するため、ユーザの使い勝手が悪くなり得る。例えば、機器3の給電路L1に対する着脱が行われるたびに、及び機器3の電源の入／切が行われるたびにアーク故障が発生したとユーザに報知するといった事象が生じ得るため、ユーザにとって煩わしい。ま

た、例えば、アーク故障が発生したと判定した場合に電源 2 から給電路 L 1 に対する電力供給を自動的に停止するように構成されている、と仮定する。この構成では、機器 3 の給電路 L 1 に対する着脱が行われるたびに、及び機器 3 の電源の入／切が行われるたびに給電路 L 1 に対する電力供給が停止されるといった事象が生じ得るため、これもまたユーザにとって煩わしい。

[0057] 一方、実施の形態に係るアーク検出システム 100 では、第 2 取得部 12 を備えているため、判定部 13 は、機器 3 との間の電力線通信の品質の度合いを把握することが可能である。ここで、給電路 L 1 を介した電力線通信の品質は、給電路 L 1 の状態に影響を受ける。具体的には、給電路 L 1 が劣化していない状態であれば、電力線通信の品質の度合いは大きくなる一方、給電路 L 1 が劣化している状態であれば、電力線通信の品質の度合いは小さくなる。そして、給電路 L 1 の劣化が進行し、一部で断線又は半断線が生じた場合、通信異常の頻度が閾値以上となる程、電力線通信の品質の度合いは小さくなる。つまり、判定部 13 は、機器 3 との間の電力線通信の品質の度合いを把握することにより、給電路 L 1 において断線又は半断線が生じやすくなっているか否かを判定することが可能である。

[0058] このため、実施の形態に係るアーク検出システム 100 では、給電路 L 1 の断線又は半断線に起因するアークが発生した場合にアーク故障が発生したと判定し、それ以外の場合には基本的にアーク故障が発生したと判定することがない。

[0059] つまり、実施の形態に係るアーク検出システム 100 では、チャタリングに起因するアークが発生した場合、及び負荷 31 にて急峻な変動が生じた場合にアーク故障が発生したと判定する可能性が低い。言い換えれば、実施の形態に係るアーク検出システム 100 では、チャタリングに起因するアーク、及び負荷 31 の急峻な変動をアーク故障が発生したと誤って検出するのを防止しやすくなり、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすい、という利点がある。このため、実施の形態に係るアーク検出システム 100 では、比較例のアーク検出システムで起こり得た上記事象が生じにくい。つまり、実施

の形態に係るアーク検出システム１００では、ユーザにとって特に影響の大きい事象と考えられるアーク故障の発生時にのみユーザに報知したり、給電路Ｌ１に対する電力供給を停止したりすることができるので、ユーザの使い勝手が良い、という利点がある。

[0060] （変形例）

以上、実施の形態について説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではない。以下、実施の形態の変形例について列挙する。以下に説明する変形例は、適宜組み合わせてもよい。

[0061] 実施の形態では、電流計２２はアーク検出システム１００とは別の機器であるが、アーク検出システム１００に内蔵されていてもよい。

[0062] 実施の形態では、第２取得部１２は、給電路Ｌ１に接続されて動作している機器３との間で一定周期で通信を行っているが、これに限られない。例えば、第２取得部１２は、機器３との間で不定期に通信を行ってもよい。例えば、第２取得部１２が機器３に向けて単位時間あたりに要求信号を送信する回数が一定であれば、単位時間内においては要求信号の送信間隔は不定期であってもよい。

[0063] 実施の形態では、アーク検出システム１００は電源２に設けられているが、これに限定されない。例えば、アーク検出システム１００は、電源２とは別の機器として給電路Ｌ１に接続されていてもよい。この場合、アーク検出システム１００は、電源２との間で有線通信、無線通信、又は電力線通信により通信可能に構成されていれば、電源２に対して判定部１３の判定結果に応じた指示を与えることが可能である。

[0064] 実施の形態では、判定部１３は、第１取得部１１にて取得した電流Ｉ１の測定結果に対して周波数分析を実行することにより、特定の周波数帯域の成分を抽出しているが、これに限らない。例えば、判定部１３は、周波数分析を実行する代わりに、第１取得部１１にて取得した電流Ｉ１の測定結果をフィルタ（例えば、バンドパスフィルタ）に通すことで、特定の周波数帯域の周波数成分を抽出してもよい。

- [0065] 実施の形態では、第1取得部11は、電流I1の測定結果を取得しているが、電圧V1の測定結果を取得してもよい。この場合、第1取得部11は、電流計22の代わりに、電圧計により所定周期（サンプリング周期）でサンプリングすることで測定された電圧V1の測定結果を取得する。つまり、第1取得部11は、電圧計から所定周期で電圧V1の測定結果を取得する。電圧計は、電源2に設けられており、給電路L1の正側給電路と負側給電路との間の線間電圧（つまり、給電路L1における電圧V1）を測定する。なお、電圧計は、電源2に設けられていなくてもよく、電源2とは別の機器であってもよい。
- [0066] また、この場合、判定部13は、第1取得部11にて取得した電圧V1の測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分に基づいて、アークが発生しているか否かを判定する。具体的には、判定部13は、第1取得部11にて取得した電圧V1の測定結果を周波数分析する。そして、判定部13は、算出した周波数スペクトルを参照することにより、電圧V1の測定結果に特定の周波数帯域の成分が第1所定値以上含まれる場合に、アークが発生していると判定する。特定の周波数帯域は、例えば、アーク故障が発生した場合に発生するノイズの周波数を含む帯域である。特定の周波数帯域は、一例として、数十kHz帯であって、比較的高周波の周波数帯域である。なお、上記のような場合に発生するノイズの周波数は、実験的に求めることが可能である。
- [0067] 実施の形態では、第2取得部12は、電源2とは別に給電路L1に接続された通信モジュール20に設けられているが、これに限られない。例えば、第2取得部12は、電源2に設けられていてもよい。この場合、アーク検出システム100において通信モジュール20は不要である。
- [0068] 実施の形態では、判定部13は、アークが発生したとの判定の継続時間が第2閾値（閾値時間Th1）以上であれば、第2取得部12にて取得した変動情報に依らず、アーク故障が発生したと判定しているが、これに限られない。例えば、判定部13は、測定結果に含まれる特定の周波数帯域の成分が第2所定値（>第1所定値）以上含まれる場合に、第2取得部12にて取得

した変動情報に依らず、アーク故障が発生したと判定してもよい。

[0069] 実施の形態において、給電路L1には、複数の機器3が接続されていてもよい。この場合、判定部13は、各機器3の品質情報を参照することで、給電路L1のいずれの箇所でもアーク故障が発生したかをある程度推定することが可能である。つまり、判定部13は、アーク故障が発生したと判定した場合、第2取得部12にて取得した複数の機器3の各々の品質情報に基づいて、アーク故障が発生した箇所を推定してもよい。

[0070] 例えば、「A」という機器3と、「B」という機器3とが給電路L1に接続されている、と仮定する。そして、判定部13にてアーク故障が発生したと判定された場合に、「A」という機器3では通信異常の頻度が閾値よりも小さく、「B」という機器3では通信異常の頻度が閾値よりも大きかった、と仮定する。この場合、判定部13は、給電路L1における「A」という機器3の接続箇所と、「B」という機器3の接続箇所との間でアーク故障が発生した、と推定する。

[0071] 実施の形態では、停止部15は、判定部13にてアーク故障が発生したと判定された場合に、給電路L1に流れる電流を停止しているが、これに限られない。例えば、停止部15は、判定部13にてアーク故障が発生したと判定された場合に、機器3の電源を個別に切るように構成されていてもよい。この態様は、例えば機器3にDC/DCコンバータ回路が搭載されており、停止部15が機器3に向けて当該DC/DCコンバータ回路のスイッチング素子をオフする指令を送信することで実現可能である。この態様では、アーク故障と関係のある機器3の電源のみを切り、他の機器3については動作を維持するといった措置をとることが可能である。

[0072] 実施の形態では、アーク検出システム100はDC配電網200に用いられているが、これに限られない。例えば、アーク検出システム100は、AC配電網に用いられてもよい。この場合、電源2は、交流電源である。

[0073] 例えば、本発明は、アーク検出システム100として実現できるだけでなく、アーク検出システム100を構成する各構成要素が行うステップ（処理

)を含むアーク検出方法として実現できる。

[0074] 具体的には、アーク検出方法は、第1取得ステップST1と、第2取得ステップST2と、判定ステップST3と、を含む。第1取得ステップST1では、電源2から電力が供給される給電路L1に流れる電流I1、又は給電路L1における電圧V1の測定結果を取得する。第2取得ステップST2では、給電路L1に接続される機器3との間で給電路L1を介して電力線通信することにより、機器3との間の通信の品質に関する品質情報を取得する。判定ステップST3では、第1取得ステップST1にて取得した測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び第2取得ステップST2にて取得した品質情報に基づいて、給電路L1にアーク故障が発生したか否かを判定する。

[0075] 例えば、それらのステップは、1以上のプロセッサを有するコンピュータ（コンピュータシステム）によって実行されてもよい。そして、本発明は、それらの方法に含まれるステップを、コンピュータに実行させるためのプログラムとして実現できる。さらに、本発明は、そのプログラムを記録したCD-ROM等である非一時的なコンピュータ読み取り可能な記録媒体として実現できる。具体的には、プログラムは、1以上のプロセッサに、上記のアーク検出方法を実行させる。

[0076] 上記各実施の形態に係るアーク検出システム100の少なくとも一部は、マイコンによってソフトウェア的に実現されたが、パーソナルコンピュータなどの汎用コンピュータにおいてソフトウェア的に実現されてもよい。さらに、アーク検出システム100の少なくとも一部は、A/D変換器、論理回路、ゲートアレイ、D/A変換器等で構成される専用の電子回路によってハードウェア的に実現されてもよい。

[0077] その他、各実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態や、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本発明に含まれる。

[0078] (まとめ)

以上述べたように、アーク検出システム100は、第1取得部11と、第2取得部12と、判定部13と、を備える。第1取得部11は、電源2から電力が供給される給電路L1に流れる電流I1、又は給電路L1における電圧V1の測定結果を取得する。第2取得部12は、給電路L1に接続される機器3との間で給電路L1を介して電力線通信することにより、機器3との間の通信の品質に関する品質情報を取得する。判定部13は、第1取得部11にて取得した測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び第2取得部12にて取得した品質情報に基づいて、給電路L1にアーク故障が発生したか否かを判定する。

[0079] このようなアーク検出システム100によれば、給電路L1に対する機器3の着脱の際に生じるアーク、及び負荷31の急峻な変動をアーク故障が発生したと誤って検出するのを防止しやすくなり、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすい、という利点がある。

[0080] また、例えば、アーク検出システム100では、判定部13は、第1取得部11にて取得した測定結果に基づいてアークが発生したと判定し、かつ、その判定時において第2取得部12にて取得した通信異常の頻度が閾値以上であれば、アーク故障が発生したと判定する。

[0081] このようなアーク検出システム100によれば、通信異常の頻度を参照することで、給電路L1の断線又は半断線を検出しやすくなることから、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすくなる、という利点がある。

[0082] また、例えば、アーク検出システム100では、判定部13は、第1取得部11にて取得した測定結果に基づいてアークが発生したと判定している時間が閾値時間Th1以上である場合、第2取得部12にて取得した品質情報に依らず、アーク故障が発生したと判定する。

[0083] このようなアーク検出システム100によれば、品質情報を参照する場合と比較して、早期にアーク故障が発生したと判定しやすくなる、という利点がある。

[0084] また、例えば、アーク検出システム100では、給電路L1には、機器3

が複数接続されている。判定部 13 は、アーク故障が発生したと判定した場合、第 2 取得部 12 にて取得した複数の機器 3 の各々との品質情報に基づいて、アーク故障が発生した箇所を推定する。

[0085] このようなアーク検出システム 100 によれば、アーク故障が発生した箇所を推定することができるので、アーク故障の発生に対する措置をとりやすくなる、という利点がある。

[0086] また、例えば、アーク検出方法は、第 1 取得ステップ S T 1 と、第 2 取得ステップ S T 2 と、判定ステップ S T 3 と、を含む。第 1 取得ステップ S T 1 では、電源 2 から電力が供給される給電路 L 1 に流れる電流 I 1、又は給電路 L 1 における電圧 V 1 の測定結果を取得する。第 2 取得ステップ S T 2 では、給電路 L 1 に接続される機器 3 との間で給電路 L 1 を介して電力線通信することにより、機器 3 との間の通信の品質に関する品質情報を取得する。判定ステップ S T 3 では、第 1 取得ステップ S T 1 にて取得した測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び第 2 取得ステップ S T 2 にて取得した品質情報に基づいて、給電路 L 1 にアーク故障が発生したか否かを判定する。

[0087] このようなアーク検出方法によれば、給電路 L 1 に対する機器 3 の着脱の際に生じるアーク、及び負荷 31 の急峻な変動をアーク故障が発生したと誤って検出するのを防止しやすくなり、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすい、という利点がある。

[0088] また、例えば、プログラムは、1 以上のプロセッサに、上記のアーク検出方法を実行させる。

[0089] このようなプログラムによれば、給電路 L 1 に対する機器 3 の着脱の際に生じるアーク、及び負荷 31 の急峻な変動をアーク故障が発生したと誤って検出するのを防止しやすくなり、アーク故障の発生の誤検出を防止しやすい、という利点がある。

符号の説明

[0090] 11 第 1 取得部

1 2 第 2 取得部
1 3 判定部
2 電源
3 機器
1 0 0 アーク検出システム
I 1 電流
L 1 給電路
S T 1 第 1 取得ステップ
S T 2 第 2 取得ステップ
S T 3 判定ステップ
V 1 電圧

請求の範囲

- [請求項1] 電源から電力が供給される給電路に流れる電流、又は前記給電路における電圧の測定結果を取得する第1取得部と、
- 前記給電路に接続される機器との間で前記給電路を介して電力線通信することにより、前記機器との間の通信の品質に関する品質情報を取得する第2取得部と、
- 前記第1取得部にて取得した前記測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び前記第2取得部にて取得した前記品質情報に基づいて、前記給電路にアーク故障が発生したか否かを判定する判定部と、を備える、
- アーク検出システム。
- [請求項2] 前記第2取得部は、通信異常の頻度を前記品質情報として取得し、
- 前記判定部は、前記第1取得部にて取得した前記測定結果に基づいてアークが発生したと判定し、かつ、その判定時において前記第2取得部にて取得した前記通信異常の頻度が閾値以上であれば、前記アーク故障が発生したと判定する、
- 請求項1に記載のアーク検出システム。
- [請求項3] 前記判定部は、前記第1取得部にて取得した前記測定結果に基づいてアークが発生したと判定している時間が閾値時間以上である場合、前記第2取得部にて取得した前記品質情報に依らず、前記アーク故障が発生したと判定する、
- 請求項1又は2に記載のアーク検出システム。
- [請求項4] 前記給電路には、前記機器が複数接続されており、
- 前記判定部は、前記アーク故障が発生したと判定した場合、前記第2取得部にて取得した前記複数の機器の各々との前記品質情報に基づいて、前記アーク故障が発生した箇所を推定する、
- 請求項1～3のいずれか1項に記載のアーク検出システム。
- [請求項5] 電源から電力が供給される給電路に流れる電流、又は前記給電路に

おける電圧の測定結果を取得する第 1 取得ステップと、

前記給電路に接続される機器との間で前記給電路を介して電力線通信することにより、前記機器との間の通信の品質に関する品質情報を取得する第 2 取得ステップと、

前記第 1 取得ステップにて取得した前記測定結果のうちの特定の周波数帯域の成分、及び前記第 2 取得ステップにて取得した前記品質情報に基づいて、前記給電路にアーク故障が発生したか否かを判定する判定ステップと、を含む、

アーク検出方法。

[請求項6]

1 以上のプロセッサに、

請求項 5 に記載のアーク検出方法を実行させる、

プログラム。