(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7609165号
(P7609165)

(45)発行日　令和7年1月7日(2025.1.7)

(24)登録日　令和6年12月23日(2024.12.23)

(51)国際特許分類
Ｈ０２Ｊ　1/00　(2006.01)

ＦＩ
Ｈ０２Ｊ　1/00　３０１Ｂ

請求項の数　7　（全17頁）

(21)出願番号　特願2022-543262(P2022-543262)
(86)(22)出願日　令和2年8月21日(2020.8.21)
(86)国際出願番号　PCT/JP2020/031729
(87)国際公開番号　WO2022/038791
(87)国際公開日　令和4年2月24日(2022.2.24)
審査請求日　令和5年2月7日(2023.2.7)

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
(74)代理人　110004381
弁理士法人ＩＴＯＨ
(74)代理人　100107766
弁理士　伊東 忠重
(74)代理人　100070150
弁理士　伊東 忠彦
(74)代理人　100124844
弁理士　石原 隆治
(72)発明者　花岡 直樹
東京都千代田区大手町一丁目５番１号
日本電信電話株式会社内
(72)発明者　高田 英俊

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　直流配電システム、制御装置、動作状態判定方法、及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムであって、

前記配電網に備えられた計測器と、

前記計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定する判定部を備える制御装置とを備え、

前記動作状態は、地絡、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、又は、負荷変動であり、

前記判定部は、電流値の変化を示す波形と、前記負荷装置から得られる機器情報とに基づいて、部分短絡が発生したのか、それとも負荷接続又は負荷投入が発生したのかを識別する

直流配電システム。

【請求項２】

前記制御装置は、

前記判定部により前記配電網において事故が発生したと判定された場合に、前記電源装置に備えられたゲートブロックを動作させることにより、前記電源装置からの配電を停止させる制御部を備える

請求項１に記載の直流配電システム。

【請求項３】

前記判定部は、前記計測器により取得された電圧値と電流値からインピーダンスを算出し、当該インピーダンスに基づいて、前記計測器から事故点までの距離を推定する
請求項２に記載の直流配電システム。
【請求項４】
前記直流配電システムにおける動作状態と、当該動作状態に対応する電圧値又は電流値の波形とに基づいて、入力された波形に対応する動作状態を出力するモデルを学習する学習装置
を更に備える請求項１ないし３のうちいずれか１項に記載の直流配電システム。
【請求項５】
電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムにおける動作状態判定方法であって、
前記配電網に備えられた計測器が電圧値及び電流値を計測するステップと、
前記計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定する判定ステップとを備え、
前記動作状態は、地絡、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、又は、負荷変動であり、
前記判定ステップにおいて、電流値の変化を示す波形と、前記負荷装置から得られる機器情報とに基づいて、部分短絡が発生したのか、それとも負荷接続又は負荷投入が発生したのかを識別する
動作状態判定方法。
【請求項６】
電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムにおいて使用される制御装置であって、
前記配電網に備えられた計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定する判定部を備え、
前記動作状態は、地絡、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、又は、負荷変動であり、
前記判定部は、電流値の変化を示す波形と、前記負荷装置から得られる機器情報とに基づいて、部分短絡が発生したのか、それとも負荷接続又は負荷投入が発生したのかを識別する
制御装置。
【請求項７】
コンピュータを、請求項６に記載の制御装置として機能させるためのプログラム。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、配電システムにおいて発生した地絡や短絡等の事故を検出する技術に関連するものである。
【背景技術】
【０００２】
配電システムにおいては、地絡や短絡等の事故を検出した場合に、電源装置からの配電を停止する等の対応をとることが必要である。
【０００３】
地絡や短絡等の事故を検出するための装置の一例として、交流の変電所の送電端等において、距離継電器（例：非特許文献１に記載のモーリレー）が使用されている。距離継電器は、電圧及び電流を入力量とし、電圧と電流の比の関数が所定値以下となったときに動作する。この比は、継電器の見るインピーダンスと呼ばれる。
【０００４】
ところで、通信ビルやデータセンタ等では、システム全体の電力損失を低減して、省エ

ネルギー化を図るために、高電圧直流配電システムが導入されている。高電圧直流配電システムでは、例えば３８０Ｖといった高電圧により配電が行われる。
【先行技術文献】
【非特許文献】
【０００５】
【文献】用語解説（第22回テーマ：モーリレー）, 電気学会論文誌Ｂ（電力・エネルギー部門誌）132巻(2012)8号、https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejpes/132/8/132_NL8_6/_pdf
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
高電圧直流配電システムにおいて使用される直流にはリアクタンス分が無いため、非特許文献１に記載のモーリレーのような距離継電器は使用できない。また、３８０Ｖといった高電圧の直流配電用の距離継電器は市場に存在しない。
【０００７】
直流配電システムにおいて発生した地絡や短絡等の事故を検出する従来技術は存在するが、事故でない事象を事故であると誤検出をしたりする等、検出の精度が十分ではなかった。
【０００８】
本発明は、直流配電システムにおいて発生した事故を精度良く検出することを可能とする技術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】
【０００９】
開示の技術によれば、 電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムであって、
前記配電網に備えられた計測器と、
前記計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定する判定部を備える制御装置とを備え、
前記動作状態は、地絡、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、又は、負荷変動であり、
前記判定部は、電流値の変化を示す波形と、前記負荷装置から得られる機器情報とに基づいて、部分短絡が発生したのか、それとも負荷接続又は負荷投入が発生したのかを識別する
直流配電システムが提供される。
【発明の効果】
【００１０】
開示の技術によれば、直流配電システムにおいて発生した事故を精度良く検出することが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明の実施の形態における直流事故検出システムの構成例１を示す図である。
【図２】検出値と判定結果の例を示す図である。
【図３】本発明の実施の形態における直流事故検出システムの構成例２を示す図である。
【図４】制御装置の構成例を示す図である。
【図５】制御装置の構成例を示す図である。
【図６】学習装置の構成例を示す図である。
【図７】装置のハードウェア構成例を示す図である。
【図８】制御装置の動作を説明するためのフローチャートである
【図９】制御装置の動作を説明するためのフローチャートである
【図１０】波形の例を示す図である。

【図１１】波形の例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
以下、図面を参照して本発明の実施の形態（本実施の形態）を説明する。以下で説明する実施の形態は一例に過ぎず、本発明が適用される実施の形態は、以下の実施の形態に限られるわけではない。
【００１３】
本実施の形態における直流配電システムは、３８０Ｖの直流で配電を行う高電圧直流配電システム（以降、直流配電システムと呼ぶ）であることを想定している。ただし、「３８０Ｖ」は一例である。また、本発明は、高電圧直流配電システムに限らずに、直流配電システム全般に適用可能である。
【００１４】
（システム構成例１）
図１に、本実施の形態における直流配電システムの構成例１を示す。構成例１は、拠点Ａから拠点Ｂへ直流で電力の配電を行うシステムである。拠点Ａ、拠点Ｂは例えば通信ビル等の建物であるが、建物に限定されない。
【００１５】
構成例１では、拠点Ａにコンバータ Ａ２０が備えられ、拠点Ｂにコンバータ Ｂ３０が備えられている。各コンバータはＤＣ／ＤＣコンバータであり、直流の電圧の大きさを変換する装置である。コンバータＡ２０についてはＡＣ／ＤＣコンバータであってもよい。図示のとおり、各コンバータは、電圧変換部を有するとともに、絶縁機能、及びゲートブロック機能を有している。
【００１６】
拠点Ａのコンバータ Ａ２０と拠点Ｂのコンバータ Ｂ３０との間は配電網（正側配電線と負側配電線）で接続されており、拠点Ａのコンバータ Ａ２０から拠点Ｂのコンバータ Ｂ３０に対して３８０Ｖの直流電流が配電される。なお、コンバータ Ｂ３０は、配電された電力を受電する負荷装置の例である。また、拠点Ｂにおいて、コンバータ Ｂ３０の配下には１以上の負荷装置（サーバ等）が接続されている。「負荷装置」は、コンバータ Ｂ３０、及びコンバータ Ｂ３０から給電されるサーバ等の装置を含む。また、「直流配電システム」は、コンバータ Ａ２０、配電網、及び負荷装置を含む。
【００１７】
コンバータ Ａ２０は、配電網（電力供給を受ける負荷装置内の電力網を含む）において、事故（例：地絡、短絡、部分短絡等）が発生した際に、事故点に十分な電流を供給できる電源装置の例である。
【００１８】
また、拠点Ａには制御装置１００Ａが備えられ、拠点Ｂには制御装置１００Ｂが備えられている。制御装置１００Ａと制御装置１００Ｂとの間は通信ネットワークで接続されている。
【００１９】
制御装置１００Ａは、コンバータ Ａ２０内部の装置であってもよいし、コンバータ Ａ２０外部の装置であってもよい。また、制御装置１００Ａは、拠点Ａの外部に備えられていてもよい。制御装置１００Ｂは、コンバータ Ｂ３０内部の装置であってもよいし、コンバータ Ｂ３０外部の装置であってもよい。また、制御装置１００Ｂは、拠点Ｂの外部に備えられていてもよい。また、拠点毎に制御装置を備えることに代えて、複数拠点に対して１つの制御装置を備えることとしてもよい。
【００２０】
図１に示すとおり、学習装置２００が備えられている。学習装置２００はどこに設置してもよく、例えば、クラウド上の仮想マシンを学習装置２００として使用してもよい。学習装置２００は、制御装置１００Ａ及び制御装置１００Ｂと通信ネットワークを介して接続されている。なお、制御装置１００Ａ又は制御装置１００Ｂが学習装置２００として機

能してもよい。
【００２１】
本実施の形態における直流配電システムでは、拠点Ａにおいて、高抵抗を用いた中性点接地の構成が用いられている。具体的には、図１に示すように、コンバータＡ２０の出力部分と配電端（拠点Ａの内部と外部の境界部分）との間において、正側配電線と負側配電線との間に抵抗１と抵抗２が備えられ、その間の中性点が大地（アース）に接地されている。抵抗１と抵抗２はいずれも例えば数ＭΩ程度の高抵抗である。なお、高抵抗を用いた中性点接地の構成は、コンバータＡ２０の内部に備えられてもよい。
【００２２】
図１に示すとおり、拠点Ａにおいて、正側配電線（＋）と中性点との間に電圧計３が備えられ、負側配電線（－）と中性点との間に電圧計４が備えられ、中性点と接地点との間に電流計５が備えられている。
【００２３】
また、負側配電線及び正側配電線に電流計６、７が備えられる。また、零相変流器８（ＺＣＴ：Zero-phase Current Transformer）が備えられている。零相変流器８は、正側配電線と負側配電線における往復電流にアンバランスが生じた場合に、アンバランスに伴って生じる電流値を計測し、出力する。
【００２４】
また、拠点Ｂにおいて、受電端（拠点Ｂの外部と内部の境界部分）とコンバータＢ３０との間において、正側配電線と負側配電線との間に電圧計９が備えられ、正側配電線に電流計１０が備えられている。
【００２５】
図１に示す電流計、電圧計等の計測器の配備方法は一例である。図１に示す配備方法よりもより多くの計測器を配備してもよいし、より少ない計測器を配備してもよい。例えば、拠点Ｂ側には計測器を配備しないこととしてもよい。
【００２６】
（動作概要）
拠点Ａにおいて、各計測器は、短時間間隔（例えば数ｕｓ～数ｍｓ単位）で計測を行い、制御装置１００Ａは、各計測器で得られた計測結果を取得する。同様に、拠点Ｂにおいて、各計測器は、短時間間隔（例えば、数ｕｓ～数ｍｓ単位の計測）で計測を行い、制御装置１００Ｂは、各計測器で得られた計測結果を取得する。
【００２７】
制御装置１００Ａと制御装置１００Ｂはいずれも直流配電システムにおける動作状態（事故や、負荷変動等の事故以外の事象）の判定を行うことが可能であるが、本実施の形態では、制御装置１００Ａで判定を行うものとする。
【００２８】
制御装置１００Ａで動作状態の判定を行う場合において、制御装置１００Ｂは、拠点Ｂにおける各計測器で得られた計測結果を、通信ネットワークを介して制御装置１００Ａに送信する。また、制御装置１００Ｂは、負荷装置の状態についても短時間間隔（例えば、数ｕｓ～数ｍｓ単位の計測）で監視しており、監視により取得した負荷装置の状態の情報（機器情報）を制御に送信する。
【００２９】
制御装置１００Ａは、拠点Ａ及び拠点Ｂにおいて取得された各計測結果と機器情報に基づいて、地絡（＋側）、地絡（－側）、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、負荷変動等の動作状態を、電圧値、電流値、電圧値の変化を示す波形、電流値の変化を示す波形、及び機器情報等のうちのいずれか１つ、又は、いずれか複数（全部を含む）から判定する。
【００３０】
なお、短絡とは、正側配電線と負側配電線が小さな抵抗で接続されることであり、部分短絡とは、正側配電線と負側配電線が大きな抵抗で接続されることである。

【００３１】
制御装置１００Ａは、判定結果を表示する。制御装置１００Ａが制御装置１００Ｂに判定結果を送信することで、制御装置Ｂも判定結果を表示することができる。
【００３２】
また、制御装置１００Ａは、地絡や短絡等の事故を検出した場合には、コンバータＡ２０に異常信号を送信することで、コンバータＡ２０におけるゲートブロックを動作させ、配電を停止させることができる。また、制御装置１００Ａは、地絡や短絡等の事故を検出した場合には、制御装置１００Ｂに判定結果又は異常信号を送信することで、制御信号１００Ｂが、拠点Ｂにおけるゲートブロック等を動作させることができる。
【００３３】
また、制御装置１００Ａは、電流値又は電圧値の変化を示す波形から、事故ではない突入電流や負荷接続等の事象を判別できるので、誤って配電を停止してしまう等の誤動作を防止できる。
【００３４】
＜判定結果の例＞
図２に、計測器による検出値と判定結果の例を示す。図２におけるＶ１は、中性点と正側配電線との間の電圧計３の検出値を表し、Ｖ２は、中性点と負側配電線との間の電圧計４の検出値を表す。Ａは、例えば、電流計７又は電流計６の検出値（電流値）である。「ｐｅａｋ」は、最大値（短時間で変動する値の中での最大値）を意味する。
【００３５】
ｄＶ１／ｄｔは、Ｖ１の時間ｔによる微分でありＶ１の時間変化を表す。ｄＶ２／ｄｔ、ｄＡ／ｄｔも同様である。∫（ｄＡ／ｄｔ）ｄｔはＡの変化量の積分を示す。
【００３６】
（Ｖ１＋Ｖ２）／Ｉにおける Ｉは、例えば、電流計７又は電流計６の検出値（電流値）である。（Ｖ１＋Ｖ２）／Ｉによりインピーダンス Ｚ（直流のみを考慮する場合、「抵抗」と称してもよい）が得られる。
【００３７】
例えば、拠点Ａと拠点Ｂとの間の配電網で短絡等の事故が発生した場合、制御装置１００Ａは、（Ｖ１＋Ｖ２）／Ｉにより、拠点Ａ（具体的には計測器）と事故点との間の配電線のインピーダンスを算出し、拠点Ａと事故点との間の距離を算出することができる。つまり、拠点Ａと事故点との間の配電線の単位長さあたりのインピーダンスで、（Ｖ１＋Ｖ２）／Ｉにより得られたインピーダンスを割ることで距離を算出できる。
【００３８】
なお、配電線の単位長さあたりのインピーダンスは、配電線の太さ（断面積）により決まる。また、一般に、配電線の太さ（つまり、配電線の単位長さあたりのインピーダンス）は、配電網のスケール（拠点間配電、拠点内配電等）により決まるため、制御装置１００Ａは、予め、配電網のスケール毎に配電線の単位長さあたりのインピーダンスを記憶部に保持しておき、制御対象の配電網のスケールに適合した単位長さあたりのインピーダンスを用いて、距離を計算する。また、制御装置１００Ａは、電流又は電圧の過渡的な現象を捉えられた場合はｊＸ（リアクタンス）の成分を含むインピーダンス導出を行うこととしてもよい。
【００３９】
図２において、例えば、Ｖ１が急に０になり、Ｖ２が急に３８０Ｖになるような電圧波形に該当する計測結果が得られた場合に、正側配電線における地絡が発生したと判定できることが示されている。他の事象についても図２に示すとおりである。より具体的な判定ロジック（フロー）については後述する。
【００４０】
制御装置１００Ａと制御装置１００Ｂはそれぞれ、取得した計測結果等を学習装置２００に送信し、学習装置２００は、電圧値の波形及び電流値の波形のうちのいずれか又は両方から、波形と事象との関係を学習してもよい。

【００４１】
学習の手法は特定の方法に限られないが、例えば、ニューラルネットワークのモデルを用いてもよい。一例として突入電流についての学習の例を説明する。まず、配電網で突入電流が生じた際の電流計の計測結果から得られた波形を学習データとして多数取得する。
【００４２】
学習装置２００は、学習データの波形をモデルに入力し、その波形の分類が「突入電流」になるようにモデルのパラメータを学習する。そして、学習済みのモデルを制御装置１００Ａに格納する。制御装置１００Ａはそのモデルを用いることで、計測結果の波形が突入電流に該当するか否かを判別できる。
【００４３】
同様にして、地絡（＋側）、地絡（－側）、短絡、部分短絡、負荷接続、負荷ＯＮ（負荷投入）・負荷ＯＦＦ、負荷変動等の事象のそれぞれをモデルを用いて判別することができる。
【００４４】
上記のようにニューラルネットワークのモデルを用いて事象（動作状態）の判別を行うことは一例である。
【００４５】
例えば、事象毎に、その事象が発生した際に観測される代表的な波形を代表波形として準備しておき、制御装置１００Ａの記憶部に格納しておく。制御装置１００Ａは、検知した波形と、各事象の代表波形とを比較し、検知した波形に近い代表波形の事象が発生したと判断することができる。検知した波形と、各事象の代表波形との比較においては、例えば、複数の特徴量（例：傾き、変化の開始から変化の終了までの時間長、変化の大きさ（変化前の値と変化後の値との差分）のうちのいずれか１つ又はいずれか複数（全部を含む）を、観測した波形と代表波形とで比較し、各特徴量における差分が閾値よりも小さいか否かで、検知した波形と代表波形とが近いか否かを判断してもよい。
【００４６】
（システム構成例２）
図３に、本実施の形態における直流配電システムの構成例２を示す。構成例２は、拠点Ｃに内部で、整流装置６０等の電源装置から負荷装置８０への配電（給電）を行うシステムである。拠点Ｃは例えば通信ビル等の建物であるが、建物に限定されない。
【００４７】
構成例２は、構成例１とスケールが違うだけで、基本的な構成は構成例１と構成例２とで同じである。
【００４８】
整流装置６０は、商用電源からの交流を直流に変換し、直流の電力を出力する。構成例１のコンバータＡ２０と同様に、整流装置６０は、電圧変換部を有するとともに、絶縁機能、及びゲートブロック機能を有している。負荷装置８０は、例えばサーバ等の装置であり、コンバータ７０は負荷装置内部に存在する。コンバータ７０は、電圧変換部を有するとともに、絶縁機能、及びゲートブロック機能を有している。また、整流装置６０において、構成例１と同様に、高抵抗中性点接地の構成を有しており、電圧計、電流計、零相変流器等の計測器が備えられている。
【００４９】
また、構成例１における制御装置１００Ａ、制御装置１００Ｂ、学習装置２００と同様に、制御装置１００Ｃ－１、制御装置１００Ｃ－２、学習装置２００が備えられている。なお、ここでは、制御装置１００Ｃ－２は、負荷装置８０内部の機能部である。構成例２における動作は、構成例１における動作と同様である。
【００５０】
（制御装置１００の構成例）
一例として、図１に示した直流配電システムにおける制御装置１００Ａと制御装置１００Ｂの構成例を説明する。ここでは、一例として、制御装置１００Ａが判定処理を行い、

制御装置１００Ｂは判定処理を行わないものとする。

【００５１】

図４に、制御装置１００Ａの構成例を示す。図４に示すとおり、制御装置１００Ａは、監視部１１０、判定部１２０、通信部１３０、制御部１４０、記憶部１５０、表示部１６０を有する。

【００５２】

監視部１１０は、拠点Ａ内の計測器（電圧計、電流計等）により得られた計測結果を取得し、取得した計測結果を判定部１２０に入力する。また、監視部１１０は、拠点Ａ内の機器情報（例：コンバータＡ２０の情報）を取得することもできる。

【００５３】

通信部１３０は、他の制御装置１００や学習装置２００との間で通信を行う。より具体的には、通信部１３０は、拠点Ｂの制御装置１００Ｂから計測結果及び機器情報を受信し、これらを判定部１２０に入力する。

【００５４】

判定部１２０は、監視部１１０から入力された計測結果と、通信部１３０から入力された情報とに基づいて、地絡（＋側）、地絡（－側）、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、負荷変動等の動作状態を判定する。

【００５５】

記憶部１５０には、例えば、判定に必要な閾値等が格納される。また、前述したモデルを用いて判定を行う場合において、記憶部１５０には、当該モデル（具体的には学習済みのパラメータ）が格納され、判定部１２０は記憶部１５０からモデルを読み出して判定に使用する。

【００５６】

また、判定部１２０は、地絡（＋側）、地絡（－側）、短絡、部分短絡、突入電流、負荷接続、負荷ＯＮ・負荷ＯＦＦ、負荷変動等の動作状態の判定結果と、その判定結果に対応する電圧値の波形、電流値の波形、又は、電圧値の波形と電流値の波形の両方を記憶部１５０に格納してもよい。格納されたデータ（判定結果と波形の組のデータ）は、学習装置２００における学習データとして使用することができる。なお、学習装置２００を備えずに、制御装置１００Ａが学習機能を備えることとしてもよい。

【００５７】

制御部１４０は、判定結果が地絡や短絡等の事故である場合に、ゲートブロックを動作させる異常信号をコンバータＡ２０に送信する。表示部１６０は、判定結果等を表示する。

【００５８】

図５は、拠点Ｂの制御装置１００Ｂの構成例を示す図である。図５に示すように、制御装置１００Ｂは、監視部１１０、通信部１３０、制御部１４０、表示部１６０を有する。

【００５９】

監視部１１０は、拠点Ｂにおける各計測器で計測された計測結果を取得するとともに、拠点Ｂにおける負荷装置の機器情報を取得する。通信部１３０は、監視部１１０により取得された計測結果と機器情報を拠点Ａの制御装置１００Ａに送信する。

【００６０】

制御装置１００Ａにおいて、判定処理が実行され、判定結果が拠点Ｂの制御装置１００Ｂに送信される。例えば判定結果が事故の発生を示す場合、制御部１４０は拠点Ｂのゲートブロックを動作させる異常信号を出力する。また、表示部１６０は、事故が発生したことを示す情報を出力する。あるいは、制御装置１００Ａから異常信号が拠点Ｂの制御装置１００Ｂに送信されることとしてもよい。

【００６１】

図６は、学習装置２００の構成例を示す図である。図６に示すように、学習装置２００は、学習部２１０、記憶部２２０、通信部２３０を有する。通信部２３０は、制御装置１００Ａ、１００Ｂ等から学習データ（例：事象と波形の組のデータ）を受信し、当該学習データを記憶部２２０に格納する。学習部２１０は、学習データを用いて学習を行う。例

えば、前述したように、ニューラルネットワークのモデルの学習を行う。通信部２３０は、学習済みのモデルを制御装置１００Ａ等に送信する。

【００６２】

＜ハードウェア構成例＞

制御装置１００Ａ、１００Ｂ、１００Ｃ－１、１００Ｃ－２、学習装置２００はいずれも、例えば、コンピュータにプログラムを実行させることにより実現できる。このコンピュータは、物理的なコンピュータであってもよいし、仮想マシンであってもよい。

【００６３】

すなわち、当該装置（制御装置１００Ａ、１００Ｂ、１００Ｃ－１、１００Ｃ－２、学習装置２００）は、コンピュータに内蔵されるＣＰＵやメモリ等のハードウェア資源を用いて、当該装置で実施される処理に対応するプログラムを実行することによって実現することが可能である。上記プログラムは、コンピュータが読み取り可能な記録媒体（可搬メモリ等）に記録して、保存したり、配布したりすることが可能である。また、上記プログラムをインターネットや電子メール等、ネットワークを通して提供することも可能である。

【００６４】

図７は、上記コンピュータのハードウェア構成例を示す図である。図７のコンピュータは、それぞれバスＢＳで相互に接続されているドライブ装置１０００、補助記憶装置１００２、メモリ装置１００３、ＣＰＵ１００４、インタフェース装置１００５、表示装置１００６、入力装置１００７、出力装置１００８等を有する。

【００６５】

当該コンピュータでの処理を実現するプログラムは、例えば、ＣＤ－ＲＯＭ又はメモリカード等の記録媒体１００１によって提供される。プログラムを記憶した記録媒体１００１がドライブ装置１０００にセットされると、プログラムが記録媒体１００１からドライブ装置１０００を介して補助記憶装置１００２にインストールされる。但し、プログラムのインストールは必ずしも記録媒体１００１より行う必要はなく、ネットワークを介して他のコンピュータよりダウンロードするようにしてもよい。補助記憶装置１００２は、インストールされたプログラムを格納すると共に、必要なファイルやデータ等を格納する。

【００６６】

メモリ装置１００３は、プログラムの起動指示があった場合に、補助記憶装置１００２からプログラムを読み出して格納する。ＣＰＵ１００４は、メモリ装置１００３に格納されたプログラムに従って、当該装置に係る機能を実現する。インタフェース装置１００５は、ネットワークに接続するためのインタフェースとして用いられ、送信部及び受信部として機能する。表示装置１００６はプログラムによるＧＵＩ（Ｇｒａｐｈｉｃａｌ Ｕｓｅｒ Ｉｎｔｅｒｆａｃｅ）等を表示する。入力装置１００７はキーボード及びマウス、ボタン、又はタッチパネル等で構成され、様々な操作指示を入力させるために用いられる。出力装置１００８は演算結果を出力する。

【００６７】

（動作フロー）

次に、図８、図９のフローチャートを参照して、制御装置１００Ａの詳細動作例を説明する。図８、図９のフローチャートに示す動作は、制御装置１００Ａの判定部１２０により実行される動作である。また、図８、図９のフローチャートにおいて想定している監視対象は、正側配電線と中性点（アース）との間の電圧であるＶ１、負側配電線と中性点（アース）との間の電圧であるＶ２、正側配電線と負側配電線との間の電圧であるＶ１＋Ｖ２＝Ｖ、及び、配電線を流れる電流（例えば図１に示す電流計７で測定される電流）である。

【００６８】

Ｓ１０１において、判定部１２０は、Ｖ１、Ｖ２、Ｖ、及び電流のいずれにも変動を検知していないため、直流配電システムは通常状態にある。

【００６９】

Ｓ１０２において、判定部１２０は、電圧（Ｖ１、Ｖ２、又はＶ）の変動を検出したか

否かを判定し、検出した場合はＳ１０３に進み、検出しない場合はＳ１１２に進む。なお、「電圧の変動を検出する」とは、例えば、時刻ｔ＋Δｔの電圧の値が時刻ｔにおける電圧の値と比べて閾値以上に変化したことを検出することである。「電流の変動を検出する」ことも同様である。

【００７０】

電圧の変動を検出した場合（Ｓ１０２のＹｅｓ）、Ｓ１０３において、判定部１２０は、コンバータＡ２０の状態の情報に基づいて、制御電圧を変更中であるか否かを判定する。なお、対象とする直流配電システムに浮動充電の蓄電池が接続されている場合、Ｓ１０３での判定では、「（制御電圧を変更中）かつ（蓄電池放電中でない）」か否かを判定する。Ｓ１０３の判定がＹｅｓであればＳ１０１に戻り、ＮｏであればＳ１０４に進む。

【００７１】

Ｓ１０４において、検出した電圧の変動がＶ（＝Ｖ１＋Ｖ２）の変動である場合、Ｓ１１０に進み、検出した電圧の変動がＶ（＝Ｖ１＋Ｖ２）の変動でない場合、Ｓ１０５に進む。

【００７２】

Ｓ１０５において、判定部１２０は、「Ｖ１＜Ｖ２」であるか否かを判定し、「Ｖ１＜Ｖ２」であればＳ１０６に進み、「Ｖ１＜Ｖ２」でなければＳ１０８に進む。

【００７３】

「Ｖ１＜Ｖ２」である場合のＳ１０６において、検出部１２０は。正側配電線において地絡が発生したと判定する。正側配電線において地絡が発生した場合、正側配電線が地絡抵抗（低抵抗）を介して接地されるので、正側の抵抗１の両端の電圧が下がり、負側の抵抗２の両端の電圧が上がり、「Ｖ１＜Ｖ２」となる。Ｓ１０７において、判定部１２０から地絡検出の通知を受けた制御部１４０は、異常信号を送出する。

【００７４】

Ｓ１０５の判定がＮｏの場合、つまり、「Ｖ１＜Ｖ２」ではない場合、Ｓ１０８において、検出部１２０は。負側配電線において地絡が発生したと判定する。負側配電線において地絡が発生した場合、負側配電線が地絡抵抗（低抵抗）を介して接地されるので、負側の抵抗２の両端の電圧が下がり、正側の抵抗１の両端の電圧が上がり、「Ｖ１＞Ｖ２」となる。Ｓ１０９において、判定部１２０から地絡検出の通知を受けた制御部１４０は、異常信号を送出する。

【００７５】

Ｓ１０４での判定がＹｅｓの場合、つまり、Ｖの変動を検出した場合、Ｓ１１０において、判定部１２０は、短絡が発生したと判定する。Ｓ１１１において、判定部１２０から地絡検出の通知を受けた制御部１４０は、異常信号を送出する。

【００７６】

Ｓ１０２での判定がＮｏの場合（つまり、電圧の変動を検出しない場合）、判定部１２０は、Ｓ１１２において、電流の変動の有無を判断し、電流の変動があった場合にはＳ１１３に進む。

【００７７】

Ｓ１１３において、判定部１２０は、電流の変動が生じてから予め定めた時間の経過後に電流の値が変動前の値に戻ったか否かを判定する。判定結果がＮｏの場合、Ｓ１０１に戻る。判定結果がＹｅｓの場合、Ｓ１１４に進み、判定部１２０は、突入電流が発生したと判定する。Ｓ１１５において、判定部１２０から突入電流検出の通知を受けた制御部１４０は、異常信号を送出する。なお、突入電流は通常状態であるとみなして、異常信号を送出しないこととしてもよい。

【００７８】

Ｓ１１３での判定がＮｏである場合、つまり、一定時間経過後に電流が元に戻っていない場合、図９のＳ１１６に進む。

【００７９】

Ｓ１１６において、判定部１２０は、電流の立ち上がり時間が閾値以下であるか否かを

判定する。判定部１２０は、電流の立ち上がり時間が閾値以下であると判定した場合、Ｓ１１７に進む。

【００８０】

Ｓ１１７において、判定部１２０は、拠点Ｂから受信した機器情報に基づいて、電流立ち上がりの時刻において負荷接続中又は負荷投入中であるか否かを判定する。

【００８１】

Ｓ１１７での判定結果がＮｏである場合、Ｓ１１８において、判定部１２０は、部分短絡が発生したと判定する。Ｓ１１９において、判定部１２０から部分短絡検出の通知を受けた制御部１４０は、異常信号を送出する。

【００８２】

Ｓ１１７での判定がＹｅｓの場合、つまり、負荷接続中又は負荷投入中である場合、Ｓ１１９に進み、判定部１２０は、負荷接続又は負荷投入があったと判定し、Ｓ１０１に戻る。

【００８３】

Ｓ１１６での判定がＮｏの場合、つまり、電流の立ち上がり時間が閾値以下ではない場合、Ｓ１２０に進み、判定部１２０は、負荷変動があったと判定し、Ｓ１０１に戻る。

【００８４】

（波形により判定について）

図９に示した各事象の判定において、より詳細には、判定部１２０は、事象に対応する波形に基づいて判定を行う。なお、判定において使用する「波形」とは、波形そのもの（つまり、時刻毎の値）であってもよいし、傾き（微分）、変化時間長等の特徴量を「波形」として使用してもよい。

【００８５】

図１０は、図８のフローにおいてＳ１０２でＹｅｓとなる場合（電圧の変動がある場合）における、地絡（＋）、地絡（－）、及び短絡のそれぞれに対応する波形のイメージを示す図である。

【００８６】

図１０に示すとおり、正側配電線とアースとの間において、正側配電線の電位が急に減少して０Ｖに近づく波形を検出したときに、地絡（＋）が発生したと判定できる。また、負側配電線とアースとの間において、負側配電線の電位が急に増加して０Ｖに近づく波形を検出したときに、地絡（‐）が発生したと判定できる。図８のＳ１０５における判定は、電圧の変化がこのような特徴を持つ波形に該当するかどうかを判定することであってもよい。

【００８７】

また、正側配電線と負側配電線との間の電圧が急に減少する波形を検出したときに、短絡が発生したと判定できる。

【００８８】

図１０には、各事象が発生したときの負荷装置からの信号が示されている。「地絡（＋）」、「地絡（－）」において、負荷装置が正常動作をしていることがわかれば、電圧の変動が地絡により生じたことをより精度良く判定することができる。

【００８９】

図１１は、図８のフローにおいてＳ１０２でＮｏとなる場合（電圧の変動がない場合）において、電流の変動がある場合における、突入電流、負荷変動、部分短絡、負荷接続・負荷投入のそれぞれに対応する波形のイメージを示す図である。

【００９０】

図１１に示すとおり、突入電流が発生した場合の電流の波形は、電流の値が上昇し、すぐに元に戻るような波形となる。図８のＳ１１３は、計測された電流の値の変化がこのような特徴を持つ波形に該当するかどうかを判定していることに相当する。

【００９１】

負荷変動が発生した場合の電流の波形は、電流の値が徐々に上昇し、すぐには元に戻ら

ないような波形である。図９のＳ１１６は、計測された電流の値の変化がこのような特徴を持つ波形に該当するかどうかを判定していることに相当する。

【００９２】

部分短絡と負荷接続・投入における波形は類似しており、急に電流が増加するような波形となる。ただし、部分短絡の場合には、負荷装置から特別な信号（スイッチＯＮ等）は得られておらず、負荷接続・投入の場合には、負荷装置からスイッチＯＮ等の信号が得られている。すなわち、部分短絡と負荷接続・投入は、波形と機器情報により識別することが可能である。図９のＳ１１６とＳ１１７は、波形と機器情報による判定に相当する。

【００９３】

（実施の形態の効果）

以上、説明したとおり、本実施の形態に係る技術により、負荷変動等の事象を誤って事故であると判定することを回避して、直流配電システムにおいて発生した事故を精度良く検出することが可能となる。

【００９４】

（実施の形態のまとめ）

本明細書には、少なくとも下記各項の直流配電システム、制御装置、動作状態判定方法、及びプログラムが開示されている。

（第１項）

電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムであって、

前記配電網に備えられた計測器と、

前記計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定する判定部を備える制御装置と

を備える直流配電システム。

（第２項）

前記制御装置は、

前記判定部により前記配電網において事故が発生したと判定された場合に、前記電源装置に備えられたゲートブロックを動作させることにより、前記電源装置からの配電を停止させる制御部を備える

第１項に記載の直流配電システム。

（第３項）

前記判定部は、前記計測器により取得された電圧値と電流値からインピーダンスを算出し、当該インピーダンスに基づいて、前記計測器から事故点までの距離を推定する

第２項に記載の直流配電システム。

（第４項）

前記判定部は、電流値の変化を示す波形と、前記負荷装置から得られる機器情報とに基づいて、部分短絡が発生したのか、それとも負荷接続又は負荷投入が発生したのかを識別する

第１項ないし第３項のうちいずれか１項に記載の直流配電システム。

（第５項）

前記直流配電システムにおける動作状態と、当該動作状態に対応する電圧値又は電流値の波形とに基づいて、入力された波形に対応する動作状態を出力するモデルを学習する学習装置

を更に備える第１項ないし第４項のうちいずれか１項に記載の直流配電システム。

（第６項）

電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムにおける動作状態判定方法であって、

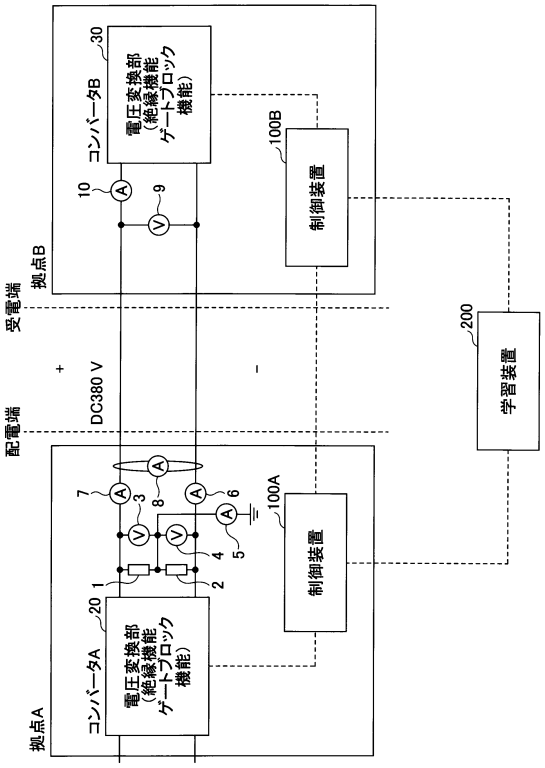
前記配電網に備えられた計測器が電圧値及び電流値を計測するステップと。

【００９５】

前記計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定するステップと
を備える動作状態判定方法。
（第７項）
電源装置から負荷装置に対して配電網を介して電力を配電する直流配電システムにおいて使用される制御装置であって、
前記配電網に備えられた計測器により計測された電圧値及び電流値を取得し、電圧値の変化を示す波形と電流値の変化を示す波形とに基づいて、前記直流配電システムにおける動作状態を判定する判定部を備える
制御装置。
（第８項）
コンピュータを、第７講に記載の制御装置として機能させるためのプログラム。
【００９６】
以上、本実施の形態について説明したが、本発明はかかる特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。
【符号の説明】
【００９７】
１、２、１、４２　抵抗
３、４、９、４３、４４、４９　電圧計
６、７、８、１０、４６、４７、４８、５０　電流計
２０、３０、７０　コンバータ
１００　制御装置
１１０　監視部
１２０　判定部
１３０　通信部
１４０　制御部
１５０　記憶部
１６０　表示部
２００　学習装置
２１０　学習部
２２０　記憶部
２３０　通信部
８０　負荷装置
１０００　ドライブ装置
１００１　記録媒体
１００２　補助記憶装置
１００３　メモリ装置
１００４　ＣＰＵ
１００５　インタフェース装置
１００６　表示装置
１００７　入力装置

【図面】

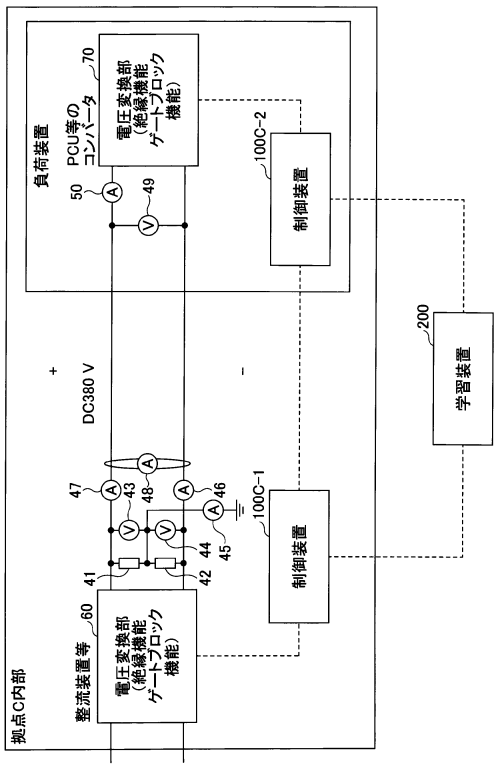
【図１】



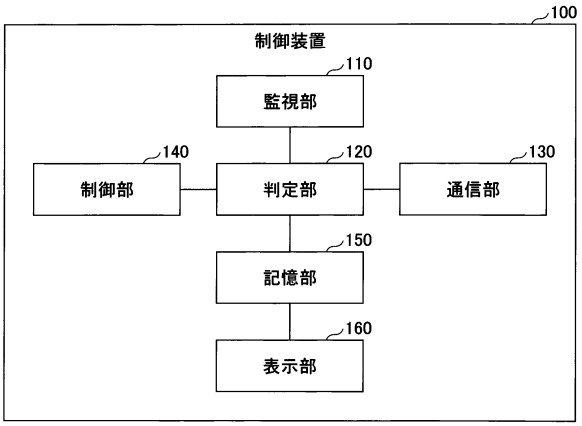
【図２】

	V1 peak	dV1 /dt	V2 peak	dV2 /dt	A peak	dA /dt	∫(dA/dt) dt	(V1+V2)/I (=Z)	機器情報
地絡(＋側)	190 V⇒0 V	負	190 V⇒ 380 V	正	ほぼ不変	0	—	不変	正常動作
地絡(－側)	190 V⇒ 380 V	正	190 V⇒ 0 V	負	ほぼ不変	0	—	不変	正常動作
短絡	190 V⇒ 0 V	負	190 V⇒ 0 V	負	1.5 kA	—	大	極小～小	停止
突入電流	0 V⇒190 V	正	0 V⇒ 190 V	正	0.15 kA	—	小	小	正常動作
部分短絡	電圧一定	0	電圧一定	0	—	大	中	小	正常動作
負荷接続 ・ON/OFF	電圧一定	0	電圧一定	0	負荷容量 に連動	大	負荷容量 に連動	中	負荷接続 ・ON/OFF 情報
負荷変動	電圧一定	0	電圧一定	0	使用率 に連動	中	使用率 に連動	中	CPU使用率 の変動など

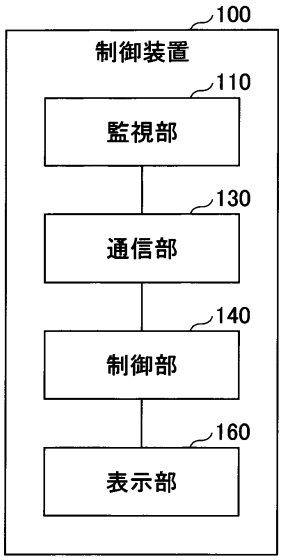
【図３】



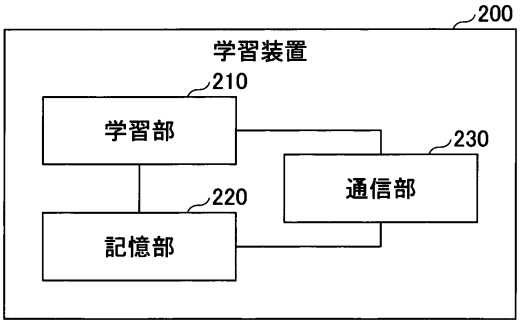
【図４】



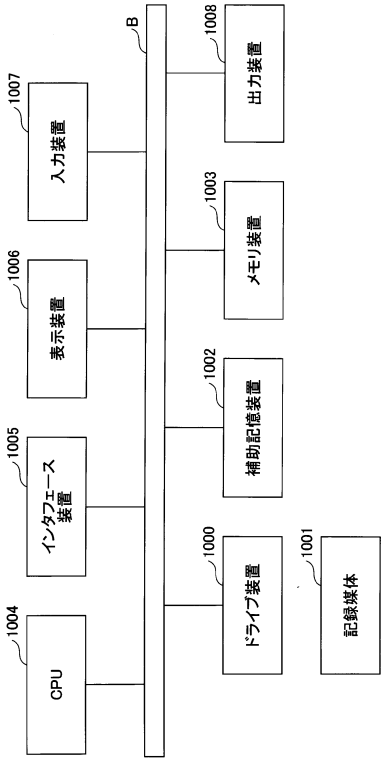
【図５】


100
制御装置
110
監視部
130
通信部
140
制御部
160
表示部

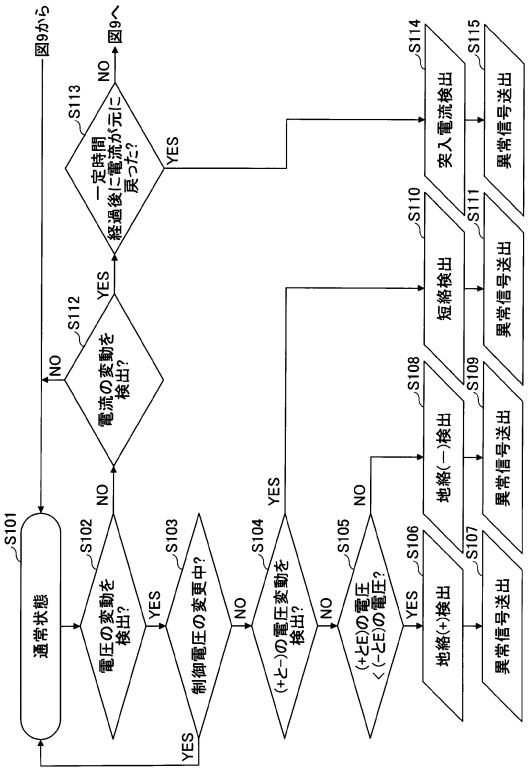
【図６】


200
学習装置
210
学習部
230
通信部
220
記憶部

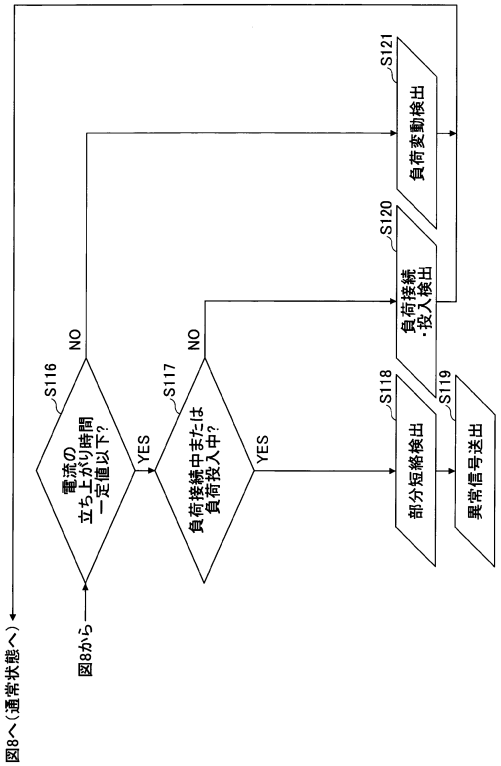
【図７】


B
1007
入力装置
1008
出力装置
1006
表示装置
1003
メモリ装置
1005
インタフェース装置
1002
補助記憶装置
1004
CPU
1000
ドライブ装置
1001
記録媒体

【図８】


図9から
図9へ
S101
通常状態
S102
電圧の変動を検出?
S103
制御電圧の変更中?
S104
(+と−)の電圧変動を検出?
S105
(+とE)の電圧<(−とE)の電圧?
S106
地絡(+)検出
S107
異常信号送出
S108
地絡(−)検出
S109
異常信号送出
S110
短絡検出
S111
異常信号送出
S112
電流の変動を検出?
S113
一定時間経過後に電流が元に戻った?
S114
突入電流検出
S115
異常信号送出
YES
NO

【図９】



【図１０】

検出	地絡(+)	地絡(−)	短絡	
波形のイメージ	電圧 (+とアース間)	電圧 (−とアース間)	電圧 (+と−間)	
負荷装置からの信号	正常動作	正常動作	動作停止	
状態判定	異常	異常	異常	

【図１１】

検出	突入電流 (コンデンサ有)	負荷変動	部分短絡	負荷接続・投入
波形のイメージ	電流	電流	電流	電流
負荷装置からの信号	スイッチON等	CPU使用率、トラフィックの変動等	信号無し	スイッチON等
状態判定	正常	正常	異常	正常

フロントページの続き

東京都千代田区大手町一丁目５番１号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 田中 憲光
東京都千代田区大手町一丁目５番１号 日本電信電話株式会社内
(72)発明者 中村 尚倫
東京都千代田区大手町一丁目５番１号 日本電信電話株式会社内

審査官 清水 祐樹

(56)参考文献
特開２０１６－２２４０５０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６０－１７１４６９（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０４５１１８（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－１４２４６６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－１８３０３４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１８／１１０１３４（WO，Ａ１）
特開２０１６－２２６１７４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｊ １／００ － １／１６
Ｈ０２Ｈ １／００ － ３／０７
Ｈ０２Ｈ ７／２２ － ７／３０
Ｈ０２Ｈ ９９／００
Ｇ０１Ｒ ３１／０８ － ３１／１１
ＩＥＥＥ Ｘｐｌｏｒｅ