

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6848700号
(P6848700)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月8日 (2021.3.8)

(51) Int.Cl.		F I			
H02M	7/48	(2007.01)	H02M	7/48	R
H02J	3/38	(2006.01)	H02M	7/48	M
			H02J	3/38	180
			H02J	3/38	110

請求項の数 7 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-109488 (P2017-109488)	(73) 特許権者	000006231
(22) 出願日	平成29年6月1日 (2017.6.1)		株式会社村田製作所
(65) 公開番号	特開2018-207638 (P2018-207638A)		京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
(43) 公開日	平成30年12月27日 (2018.12.27)	(74) 代理人	100087985
審査請求日	令和2年3月16日 (2020.3.16)		弁理士 福井 宏司
		(72) 発明者	安井 寛幸
			京都府長岡京市東神足1丁目10番1号
			株式会社村田製作所内
		審査官	麻生 哲朗

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 系統連系装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流電力を交流電力に変換し、商用電力系統に接続された第1の電線及び第2の電線に出力する直流交流変換装置と、

前記第1の電線に設けられた第1の系統連系用リレーと、

前記第2の電線に設けられた第2の系統連系用リレーと、

前記第1の電線において前記第1の系統連系用リレーに対して前記直流交流変換装置側に接続され、前記第2の電線において前記第2の系統連系用リレーに対して前記直流交流変換装置側に接続され、前記直流交流変換装置からの電力を充放電する充放電部と、

前記直流交流変換装置、前記第1の系統連系用リレー、及び前記第2の系統連系用リレーを制御する制御部と、

を備え、

前記制御部は、前記商用電力系統が停電している場合、前記充放電部を充電するように前記直流交流変換装置を動作させた後、前記直流交流変換装置の出力側を前記直流交流変換装置の入力側から電氣的に絶縁するように前記直流交流変換装置の動作を停止させ、前記充放電部からの放電態様に基づいて前記第1の系統連系用リレー及び前記第2の系統連系用リレーの少なくともいずれかが溶着しているか否かを判定する、溶着判定制御を実行する

系統連系装置。

【請求項2】

10

20

前記充放電部は、フィルタコンデンサを含む
請求項 1 に記載の系統連系装置。

【請求項 3】

前記直流交流変換装置から充電された前記充放電部の電圧は、危険電圧以下である
請求項 1 又は 2 に記載の系統連系装置。

【請求項 4】

前記第 1 の電線における前記直流交流変換装置と前記第 1 の系統連系用リレーとの間の部分と前記第 2 の電線における前記直流交流変換装置と前記第 2 の系統連系用リレーとの間の部分とに接続された第 1 の電圧検出部をさらに有し、

前記第 1 の電圧検出部は、前記直流交流変換装置の停止時において前記充放電部の出力電圧を検出可能であり、

前記制御部は、前記溶着判定制御において、前記第 1 の電圧検出部の検出結果に基づいて、前記充放電部の放電開始から所定時間後の出力電圧により前記第 1 の系統連系用リレー及び前記第 2 の系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを判定する

請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の系統連系装置。

【請求項 5】

前記制御部は、前記溶着判定制御の実行時の前記充放電部を充電する期間において、前記第 1 の電圧検出部の検出結果に基づいて、前記第 1 の系統連系用リレー及び前記第 2 の系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを判定する

請求項 4 に記載の系統連系装置。

【請求項 6】

前記第 1 の電線における前記第 1 の系統連系用リレーと前記商用電力系統との間の部分に設けられた第 1 の電流検出部と、前記第 2 の電線における前記第 2 の系統連系用リレーと前記商用電力系統との間の部分に設けられた第 2 の電流検出部とをさらに有し、

前記制御部は、前記溶着判定制御の実行時に前記充放電部から放電される場合の前記第 1 の電流検出部の検出結果及び前記第 2 の電流検出部の検出結果に基づいて、前記第 1 の系統連系用リレー及び前記第 2 の系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを判定する

請求項 4 又は 5 に記載の系統連系装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記溶着判定制御の実行時に前記充放電部から放電される場合の前記第 1 の電流検出部の検出結果及び前記第 2 の電流検出部の検出結果に基づいて、前記第 1 の系統連系用リレー及び前記第 2 の系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを判定する

請求項 6 に記載の系統連系装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、太陽光発電装置等の発電装置の直流電力を交流電力に変換して、商用電力系統と連系して屋内負荷に電力を供給する系統連系装置に関する。

【背景技術】

【0002】

上記系統連系装置は、直流電力を交流電力に変換する直流交流変換装置を有するパワーコンディショナと、パワーコンディショナと商用電力系統とを接続する第 1 の電線及び第 2 の電線に設けられた第 1 の系統連系用リレー及び第 2 の系統連系用リレーとを備える。この系統連系装置は、各系統連系用リレーを制御することにより、商用電力系統と発電装置とを連系させた連系運転と、商用電力系統と発電装置とを解列し、発電装置によって屋内負荷に電力を供給する自立運転とを切り替える。系統連系装置は、商用電力系統が停電したとき、連系運転から自立運転に変更するために商用電力系統と発電装置とを解列するように各系統連系用リレーを制御する。

【0003】

ところで、系統連系用リレーの接点が溶着して開成できない溶着不良が発生する場合がある。この場合、系統連系装置は、商用電力系統の停電時に連系運転から自立運転に変更するために商用電力系統と発電装置とを解列するように各系統連系用リレーを制御したにもかかわらず、実際には商用電力系統と発電装置とを解列できていない。そこで、系統連系装置は、商用電力系統の停電時に各系統連系用リレーの接点が溶着しているか否かを判定することが行われている。一例では、系統連系装置は、第1の系統連系用リレーが開成状態かつ第2の系統連系用リレーが閉成状態において、直流交流変換装置を動作させて第1の系統連系用リレーの接点が溶着しているか否かを判定する。また系統連系装置は、第1の系統連系用リレーが閉成状態かつ第2の系統連系用リレーが開成状態において、直流交流変換装置を動作させて第2の系統連系用リレーの接点が溶着しているか否かを判定する（例えば、特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-135767号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、商用電力系統が停電時において、各系統連系用リレーの溶着不良の判定のために直流交流変換装置が動作している期間中に商用電力系統が復電すると、直流交流変換装置と発電装置とを接続する直流バスの電圧が上昇する場合がある。その結果、直流バスに接続された電子部品が故障するおそれがある。

20

【0006】

本発明の目的は、安全性を高めることができる系統連系装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決する系統連系装置は、直流電力を交流電力に変換し、商用電力系統に接続された第1の電線及び第2の電線に出力する直流交流変換装置と、前記第1の電線に設けられた第1の系統連系用リレーと、前記第2の電線に設けられた第2の系統連系用リレーと、前記第1の電線において前記第1の系統連系用リレーに対して前記直流交流変換装置側に接続され、前記第2の電線において前記第2の系統連系用リレーに対して前記直流交流変換装置側に接続され、前記直流交流変換装置からの電力を充放電する充放電部と、前記直流交流変換装置、前記第1の系統連系用リレー、及び前記第2の系統連系用リレーを制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記商用電力系統が停電している場合、前記充放電部を充電するように前記直流交流変換装置を動作させた後、前記直流交流変換装置の出力側を前記直流交流変換装置の入力側から電気的に絶縁するように前記直流交流変換装置の動作を停止させ、前記充放電部からの放電態様に基づいて前記第1の系統連系用リレー及び前記第2の系統連系用リレーの少なくともいずれかが溶着しているか否かを判定する、溶着判定制御を実行する。

30

40

【0008】

この構成によれば、直流交流変換装置の動作を停止した状態で、充放電部の放電によって各系統連系用リレーの少なくともいずれかが溶着しているか否かを判定するため、判定している期間において商用電力系統が復電しても、直流交流変換装置の入力側が接続された直流バスの電圧の上昇を抑制できる。したがって、直流バスに接続された電子部品の故障の発生を抑制できるため、系統連系装置の安全性を高めることができる。

【0009】

上記系統連系装置の一形態において、前記充放電部は、フィルタコンデンサを含む。

この構成によれば、容量の小さいフィルタコンデンサの放電に基づいて各系統連系用リレーの少なくともいずれかが溶着しているか否かを判定することにより、商用電力系統の

50

復旧作業を安全に行うことができる。

【0010】

上記系統連系装置の一形態において、前記直流交流変換装置から充電された前記充放電部の電圧は、危険電圧以下である。

この構成によれば、商用電力系統の復旧作業をより安全に行うことができる。

【0011】

上記系統連系装置の一形態においては、前記第1の電線における前記直流交流変換装置と前記第1の系統連系用リレーとの間の部分と前記第2の電線における前記直流交流変換装置と前記第2の系統連系用リレーとの間の部分とに接続された第1の電圧検出部をさらに有し、前記第1の電圧検出部は、前記直流交流変換装置の停止時において前記充放電部の出力電圧を検出可能であり、前記制御部は、前記溶着判定制御において、前記第1の電圧検出部の検出結果に基づいて、前記充放電部の放電開始から所定時間後の出力電圧により前記第1の系統連系用リレー及び前記第2の系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを判定する。

10

【0012】

各系統連系用リレーを介して直流交流変換装置と商用電力系統との間で閉回路が形成される場合、充放電部が放電されるときに充放電部の電圧が急速に低下する。一方、各系統連系用リレーを介して直流交流変換装置と商用電力系統との間で閉回路が形成されていない場合、充放電部が自然放電となるため、充放電部の電圧は緩やかに低下する。このように、直流交流変換装置と商用電力系統との間で閉回路が形成されるか否かによって充放電部の所定時間後の電圧が異なる。このような観点に基づいて、充放電部が放電を開始してから所定時間後の充放電部の電圧に基づいて各系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを容易に判定できる。

20

【0013】

上記系統連系装置の一形態においては、前記制御部は、前記溶着判定制御の実行時の前記充放電部を充電する期間において、前記第1の電圧検出部の検出結果に基づいて、前記第1の系統連系用リレー及び前記第2の系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを判定する。

【0014】

各系統連系用リレーの少なくとも一方が開成されている場合、直流交流変換装置と商用電力系統との間で閉回路が形成されない。このため、直流交流変換装置から出力された電力によって第1の電圧検出部により検出された電圧は上昇する。一方、各系統連系用リレーの両方が溶着している場合、直流交流変換装置と商用電力系統との間で閉回路が形成される。このため、直流交流変換装置から充放電部に充電されるそばから充放電部が放電するため、第1の電圧検出部により検出された電圧が上昇しない。このような観点に基づいて、充放電部に充電する期間における第1の電圧検出部の検出結果に基づいて、各系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを容易に判定できる。

30

【0015】

上記系統連系装置の一形態においては、前記第1の電線における前記第1の系統連系用リレーと前記商用電力系統との間の部分に設けられた第1の電流検出部と、前記第2の電線における前記第2の系統連系用リレーと前記商用電力系統との間の部分に設けられた第2の電流検出部とをさらに有し、前記制御部は、前記溶着判定制御の実行時に前記充放電部から放電される場合の前記第1の電流検出部の検出結果及び前記第2の電流検出部の検出結果に基づいて、前記第1の系統連系用リレー及び前記第2の系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを判定する。

40

【0016】

この構成によれば、充放電部の放電時の電圧および各系統連系用リレーに流れる電流の少なくとも一方に基づいて各系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを判定できる。このため、例えば電圧検出部に異常が生じたとしても、各系統連系用リレーに流れる電流に基づいて各系統連系用リレーのいずれかが溶着しているか否かを判定できる。

50

【0017】

上記系統連系装置の一形態においては、前記制御部は、前記溶着判定制御の実行時に前記充放電部から放電される場合の前記第1の電流検出部の検出結果及び前記第2の電流検出部の検出結果に基づいて、前記第1の系統連系用リレー及び前記第2の系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを判定する。

【0018】

この構成によれば、充放電部の充電時の電圧および各系統連系用リレーに流れる電流の少なくとも一方に基づいて各系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを判定できる。このため、第2の電圧検出部に異常が生じたとしても、各系統連系用リレーに流れる電流に基づいて各系統連系用リレーの両方が溶着しているか否かを判定できる。

10

【発明の効果】

【0019】

本発明の系統連系装置によれば、安全性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】電力管理システムの概略構成図。

【図2】電力管理システムの一部の回路図。

【図3】制御部が実行する切替制御の処理手順を示すフローチャート。

【図4】フィルタコンデンサの放電態様を示すグラフ。

【図5】商用電力系統の停電時における溶着判定制御の準備処理の処理手順を示すフローチャート。

20

【図6】商用電力系統の停電時における溶着判定制御の停止時判定処理の処理手順を示すフローチャート。

【図7】パワーコンディショナの起動時における溶着判定制御の処理手順を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、図面を参照して、一実施形態について説明する。

図1に示すように、電力管理システム1は、系統連系装置10と、系統連系装置10に接続された太陽光発電装置2とを備える。系統連系装置10は、交流母線である第1の電線11及び第2の電線12を介して商用電力系統3に接続される。第1の電線11及び第2の電線12には、第1の系統連系用リレー13及び第2の系統連系用リレー14を介して交流負荷4が接続され、第1の自立系統用リレー15A及び第2の自立系統用リレー15Bを介して自立負荷5が接続される。交流負荷4は、例えば屋内負荷であり、照明、冷蔵庫、洗濯機、空気調和機、電子レンジ等が挙げられる。自立負荷5は、交流負荷4のうちの予め選定された負荷であり、照明、冷蔵庫等が挙げられる。電力管理システム1は、系統連系装置10によって太陽光発電装置2、商用電力系統3、及び交流負荷4（自立負荷5）の間の電力の調整を行う。一例では、太陽光発電装置2が発電した電力の商用電力系統3への逆流及び交流負荷4（自立負荷5）への供給の調整と、商用電力系統3の電力の交流負荷4（自立負荷5）への供給の調整とが挙げられる。なお、電力管理システム1は、太陽光発電装置2のほかに、風力発電装置、ガス発電装置、地熱発電装置等を系統連系装置10に接続される発電装置として用いることができる。

30

40

【0022】

太陽光発電装置2は、光発電パネル（図示略）を有し、光発電パネルが発電した直流電力を系統連系装置10に供給する。太陽光発電装置2は、光発電パネルが出力する電力が最大となる出力電圧で電流を取り出す最大電力点追従制御を実行する。

【0023】

系統連系装置10は、太陽光発電装置2と商用電力系統3とを系統連系させる連系運転と、太陽光発電装置2と商用電力系統3とを系統連系させず、自立負荷5を太陽光発電装置2（発電装置）で運転させる自立運転とを切替可能である。系統連系装置10は、パワ

50

ーコンディショナ２０、各系統連系用リレー１３、１４、各自立系統用リレー１５Ａ、１５Ｂ、及び制御部３０を備える。

【００２４】

パワーコンディショナ２０は、第１の電線１１及び第２の電線１２を介して商用電力系統３に接続される。第１の系統連系用リレー１３は、第１の電線１１に設けられている。第２の系統連系用リレー１４は、第２の電線１２に設けられている。第１の電線１１は、パワーコンディショナ２０と第１の系統連系用リレー１３との間の電線部１１ａと、第１の系統連系用リレー１３と商用電力系統３との間の電線部１１ｂとを含む。第２の電線１２は、パワーコンディショナ２０と第２の系統連系用リレー１４との間の電線部１２ａと第２の系統連系用リレー１４と商用電力系統３との間の電線部１２ｂとを含む。

10

【００２５】

各系統連系用リレー１３、１４の閉成状態のとき、パワーコンディショナ２０と商用電力系統３とが系統連系可能な状態となる。各系統連系用リレー１３、１４が開成状態のとき、パワーコンディショナ２０と商用電力系統３とが系統連系不能な状態すなわち解列された状態となる。制御部３０は、パワーコンディショナ２０及び各系統連系用リレー１３、１４の動作を制御する。

【００２６】

パワーコンディショナ２０は、太陽光発電装置２によって発電された直流電力を交流電力に変換し、商用電力系統３に出力する。パワーコンディショナ２０は、ＰＶコンバータ２１、直流交流変換装置２２（インバータ回路）、第１の直流バス２３、第２の直流バス２４、平滑コンデンサ２５、及びフィルタ回路２６を有する。ＰＶコンバータ２１及び直流交流変換装置２２は、第１の直流バス２３及び第２の直流バス２４によって互いに接続されている。平滑コンデンサ２５の第１端部は第１の直流バス２３に接続され、平滑コンデンサ２５の第２端部は第２の直流バス２４に接続されている。平滑コンデンサ２５としては、例えばアルミ電解コンデンサやタンタル電解コンデンサが用いられる。

20

【００２７】

太陽光発電装置２は、ＰＶコンバータ２１に接続される。ＰＶコンバータ２１は、季節や天候、時間帯等の日照条件によって変化する太陽光発電装置２を最大電力点追従制御によって第１の直流バス２３に出力する。ＰＶコンバータ２１が第１の直流バス２３に出力する設定電圧、すなわち第１の直流バス２３と第２の直流バス２４との間の電圧の一例は、３８０Ｖである。平滑コンデンサ２５は、ＰＶコンバータ２１から出力された電圧を平滑する。直流交流変換装置２２は、第１の直流バス２３の直流電力を例えば実効値で２００Ｖの交流電力に変換して第１の電線１１及び第２の電線１２に出力する。フィルタ回路２６は、第１の電線１１及び第２の電線１２に設けられている。フィルタ回路２６は、直流交流変換装置２２から出力された交流電力の高周波成分を取り除いて直流交流変換装置２２の出力電圧を正弦波状の波形にして商用電力系統３に出力する。

30

【００２８】

図２に示すように、直流交流変換装置２２は、互いに並列に接続された第１のスイッチングアーム２２ａ及び第２のスイッチングアーム２２ｂを含む。第１のスイッチングアーム２２ａは、上段側のスイッチング素子ＭＵ１と、下段側のスイッチング素子ＭＬ１とを有する。スイッチング素子ＭＵ１、ＭＬ１は、例えば電界効果トランジスタが好ましい。一例では、スイッチング素子ＭＵ１、ＭＬ１は、ＭＯＳＦＥＴである。上段側のスイッチング素子ＭＵ１と下段側のスイッチング素子ＭＬ１とは互いに直列に接続されている。より詳細には、スイッチング素子ＭＵ１のドレイン端子が第１の直流バス２３に接続され、スイッチング素子ＭＵ１のソース端子とスイッチング素子ＭＬ１のドレイン端子とが互いに接続され、スイッチング素子ＭＬ１のソース端子が第２の直流バス２４に接続されている。

40

【００２９】

第２のスイッチングアーム２２ｂは、上段側のスイッチング素子ＭＵ２と、下段側のスイッチング素子ＭＬ２とを有する。スイッチング素子ＭＵ２、ＭＬ２は、例えば電界効果

50

トランジスタが好ましい。一例では、スイッチング素子MU2、ML2は、MOSFETである。上段側のスイッチング素子MU2と下段側のスイッチング素子ML2とは互いに直列に接続されている。より詳細には、スイッチング素子MU2のドレイン端子が第1の直流バス23に接続され、スイッチング素子MU2のソース端子とスイッチング素子ML2のドレイン端子が互いに接続され、スイッチング素子ML2のソース端子が第2の直流バス24に接続されている。なお、スイッチング素子MU1、ML1、MU2、ML2は、絶縁ゲートバイポーラトランジスタ（IGBT：Insulated Gate Bipolar Transistor）であってもよい。

【0030】

フィルタ回路26は、第1のリアクトル26a、第2のリアクトル26b、及びフィルタコンデンサ26cを有する。第1のリアクトル26aは第1の電線11の電線部11aに設けられ、第2のリアクトル26bは第2の電線12の電線部12aに設けられている。第1のリアクトル26aの第1端部はスイッチング素子MU1とスイッチング素子ML1との間のノードに接続され、第1のリアクトル26aの第2端部はフィルタコンデンサ26cの第1端部に接続されている。第2のリアクトル26bの第1端部はスイッチング素子MU2とスイッチング素子ML2との間のノードに接続され、第2のリアクトル26bの第2端部はフィルタコンデンサ26cの第2端部に接続されている。フィルタコンデンサ26cとしては、例えばフィルムコンデンサや積層セラミックコンデンサが用いられる。フィルタコンデンサ26cの容量は、平滑コンデンサ25の容量よりも小さく、例えば数 μ Fである。

【0031】

系統連系装置10は、第1の電圧検出部16、第2の電圧検出部17、第1の電流検出部18、及び第2の電流検出部19をさらに備える。

第1の電圧検出部16は、第1の電線11における直流交流変換装置22と第1の系統連系用リレー13との間の部分（電線部11a）と、第2の電線12における直流交流変換装置22と第2の系統連系用リレー14との間の部分（電線部12a）とに接続されている。より詳細には、第1の電圧検出部16の第1端部は、電線部11aにおけるフィルタコンデンサ26cの第1端部が接続される部分と第1の系統連系用リレー13の第1端部との間の部分に接続されている。第1の電圧検出部16の第2端部は、電線部12aにおけるフィルタコンデンサ26cの第2端部が接続される部分と第2の系統連系用リレー14の第1端部との間の部分に接続されている。各系統連系用リレー13、14の第1端部は、各系統連系用リレー13、14に対してフィルタ回路26側の端部である。第1の電圧検出部16は、電線部11aと電線部12aとの間の電圧（以下、「電圧Vout」）を検出し、その検出結果を制御部30に出力する。直流交流変換装置22が動作している場合、電圧Voutは、フィルタ回路26を介して直流交流変換装置22が出力する出力電圧となる。

【0032】

第2の電圧検出部17は、第1の電線11における第1の系統連系用リレー13の第2端部と商用電力系統3との間の部分（電線部11b）と、第2の電線12における第2の系統連系用リレー14の第2端部と商用電力系統3との間の部分（電線部12b）とに接続されている。第2の電圧検出部17は、電線部11bと電線部12bとの間の電圧（以下、「電圧Vgrid」）を検出し、その検出結果を制御部30に出力する。各系統連系用リレー13、14の第2端部は、各系統連系用リレー13、14に対して商用電力系統3側の端部である。商用電力系統3の停電時以外では、電圧Vgridは商用電力系統3の端子間電圧となる。

【0033】

第1の電流検出部18は、第1の電線11における第1の系統連系用リレー13の第2端部と商用電力系統3との間の部分（電線部11b）に設けられている。第1の電流検出部18は、電線部11bを流れる電流を検出し、その検出結果を制御部30に出力する。

【0034】

10

20

30

40

50

第2の電流検出部19は、第2の電線12における第2の系統連系用リレー14の第2端部と商用電力系統3との間の部分（電線部12b）に設けられている。第2の電流検出部19は、電線部12bを流れる電流を検出し、その検出結果を制御部30に出力する。

【0035】

系統連系装置10は、整流回路31、平滑コンデンサ32、逆流防止ダイオード33、34、及びDC/DCコンバータ35をさらに備え、太陽光発電装置2又は商用電力系統3からの電力を制御部30に供給する。

【0036】

DC/DCコンバータ35は、整流回路31、平滑コンデンサ32、第1の電線11、及び第2の電線12を介して商用電力系統3に接続されている。整流回路31の入力側端子は第1の電線11（電線部11b）及び第2の電線12（電線部12b）に接続され、整流回路31の出力側端子は平滑コンデンサ32に接続されている。整流回路31は、第1の電線11及び第2の電線12の交流電流を直流電流に整流する。一例では、整流回路31は、4つのダイオードからなるブリッジ形全波整流回路である。平滑コンデンサ32は、第1の直流バス23及び第2の直流バス24に接続される一方、DC/DCコンバータ35に接続されている。平滑コンデンサ32は、整流回路31から出力された電圧を平滑する。

【0037】

DC/DCコンバータ35の入力側は、第1の直流バス23及び第2の直流バス24を介してパワーコンディショナ20に接続されている。第1の直流バス23には、逆流防止ダイオード33が接続されている。逆流防止ダイオード33のカソードがDC/DCコンバータ35（平滑コンデンサ32）に接続されている。第2の直流バス24には、逆流防止ダイオード34が接続されている。逆流防止ダイオード34のアノードがDC/DCコンバータ35（平滑コンデンサ32）に接続されている。

【0038】

DC/DCコンバータ35の出力側は、制御部30に接続されている。DC/DCコンバータ35は、太陽光発電装置2又は商用電力系統3からの出力電圧を制御部30の動作に適した電圧に降圧して制御部30に出力する。DC/DCコンバータ35は、太陽光発電装置2又は商用電力系統3のうち、電圧が高いほうからの電力に基づいて制御部30に電力を出力する。

【0039】

制御部30は、商用電力系統3が停電しているか否かに基づいて連系運転と自立運転とを切り替える切替制御を実行する。制御部30は、商用電力系統3が停電していない場合、連系運転を行い、商用電力系統3が停電した場合、連系運転から自立運転に切り替える。そして商用電力系統3が停電から復電した場合、制御部30は、自立運転から連系運転に切り替える。制御部30は、連系運転から自立運転に切り替えるとき、パワーコンディショナ20と商用電力系統3とが解列状態となるように各系統連系用リレー13、14を制御し、かつ各自立系統用リレー15A、15Bを閉成状態にする。制御部30は、自立運転から連系運転に切り替えるとき、パワーコンディショナ20と商用電力系統3とが連系状態となるように各系統連系用リレー13、14を制御し、かつ各自立系統用リレー15A、15Bを開成状態にする。そして制御部30は、商用電力系統3が停電したとき、連系運転から自立運転に切り替える前に、第1の系統連系用リレー13及び第2の系統連系用リレー14に溶着不良が生じているか否かを判定する溶着判定制御を実行する。

【0040】

図3を参照して、制御部30による切替制御の処理手順について説明する。切替制御は、所定時間毎に繰り返し実行される。

制御部30は、ステップS11において連系運転中か否かを判定する。制御部30は、連系運転中と判定した場合（ステップS11：YES）、ステップS12において商用電力系統3が停電しているか否かを判定する。制御部30は、例えば電力会社等からの通信に基づいて商用電力系統3が停電しているか否かを判定する。

【0041】

制御部30は、商用電力系統3が停電していないと判定した場合（ステップS12：NO）、すなわち電力会社等から商用電力系統3が停電している旨の信号を受信していない場合、一旦処理を終了する。この場合、連系運転が継続される。一方、制御部30は、商用電力系統3が停電していると判定した場合（ステップS12：YES）、すなわち電力会社等から商用電力系統3が停電している旨の信号を受信した場合、ステップS13においてパワーコンディショナ20と商用電力系統3とを解列状態にする。具体的には、制御部30は、各系統連系用リレー13、14のそれぞれを閉成状態から開成状態とするように制御する。そして制御部30は、ステップS14において溶着判定制御を実行する。

【0042】

10

制御部30は、溶着判定制御の結果を取得し、ステップS15において第1の系統連系用リレー13の接点及び第2の系統連系用リレー14の接点の少なくともいずれかが溶着しているか否かを判定する。制御部30は、第1の系統連系用リレー13の接点及び第2の系統連系用リレー14の接点の少なくともいずれかが溶着していると判定した場合（ステップS15：YES）、ステップS16において自立運転への切り替えを禁止して、一旦処理を終了する。一方、制御部30は、第1の系統連系用リレー13の接点及び第2の系統連系用リレー14の接点の両方が溶着していないと判定した場合（ステップS15：NO）、ステップS17において自立運転に切り替える。

【0043】

また制御部30は、連系運転中ではない場合（ステップS11：NO）、すなわち自立運転中の場合、ステップS18において商用電力系統3が復電しているか否かを判定する。制御部30は、例えば電力会社等からの通信に基づいて商用電力系統3が復電したか否かを判定する。

20

【0044】

制御部30は、商用電力系統3が復電している場合（ステップS18：YES）、すなわち電力会社等から商用電力系統3が復電している旨の信号を受信した場合、ステップS19において連系運転に切り替える。一方、制御部30は、商用電力系統3が復電していない場合（ステップS18：NO）、すなわち電力会社等から商用電力系統3が復電している旨の信号を受信していない場合、一旦処理を終了する。この場合、自立運転が継続される。

30

【0045】

次に、溶着判定制御の詳細な内容について説明する。

各系統連系用リレー13、14の一方が開成状態であれば、直流交流変換装置22と商用電力系統3との間で閉回路が形成されないため、直流交流変換装置22から商用電力系統3に電力が供給されない。一方、各系統連系用リレー13、14の両方が閉成状態であれば、直流交流変換装置22と商用電力系統3との間で閉回路が形成されるため、直流交流変換装置22から商用電力系統3に電力が供給される。すなわち、各系統連系用リレー13、14の一方が閉成状態となり、他方が開成状態となるように制御された場合に直流交流変換装置22から商用電力系統3に電力が供給されていれば、各系統連系用リレー13、14の他方の接点が溶着していると判定できる。このため、溶着判定制御では、制御部30は、第1の系統連系用リレー13が開成状態かつ第2の系統連系用リレー14が閉成状態に制御したうえで直流交流変換装置22を駆動したときに、第2の電圧検出部17に電圧が現れるか否かをモニタすることにより、第1の系統連系用リレー13の接点が溶着しているか否かを判定する。また制御部30は、第1の系統連系用リレー13が閉成状態かつ第2の系統連系用リレー14が開成状態に制御したうえで直流交流変換装置22を駆動したときに、第2の電圧検出部17に電圧が現れるか否かをモニタすることにより、第2の系統連系用リレー14の接点が溶着しているか否かを判定する。

40

【0046】

ところで、直流交流変換装置22を駆動したときに、第2の電圧検出部17に電圧が現れたと仮定した場合（以下、「仮想系統連系装置」）、直流交流変換装置22が動作中に

50

商用電力系統 3 が復電すると、直流交流変換装置 2 2 の第 1 の直流バス 2 3 及び第 2 の直流バス 2 4 に印加する電圧が 3 8 0 V よりも高くなってしまう場合がある。これにより、仮想系統連系装置では、第 1 の直流バス 2 3 及び第 2 の直流バス 2 4 に接続された平滑コンデンサ 2 5 の耐圧よりも高くなり、平滑コンデンサ 2 5 が故障する場合がある。上述のような第 1 の系統連系用リレー 1 3 が開成状態かつ第 2 の系統連系用リレー 1 4 が閉成状態、及び第 1 の系統連系用リレー 1 3 が閉成状態かつ第 2 の系統連系用リレー 1 4 が開成状態の 2 つのパターンで、仮想系統連系装置は直流交流変換装置 2 2 から商用電力系統 3 に向けて電力を供給する。このため、仮想系統連系装置では、各系統連系用リレー 1 3, 1 4 の溶着不良を判定するために直流交流変換装置 2 2 が動作する機会が多いので、直流交流変換装置 2 2 の動作中に商用電力系統 3 が復電する可能性が高くなる。

10

【0047】

そこで、本願発明者は、各系統連系用リレー 1 3, 1 4 の開成及び閉成の 2 つのパターンに対して商用電力系統 3 に向けて電力を供給するときに直流交流変換装置 2 2 の動作を停止することに着目した。直流交流変換装置 2 2 の動作を停止するための手段として、本願発明者は、直流交流変換装置 2 2 からの電力を蓄電する充放電部から各系統連系用リレー 1 3, 1 4 に電力を供給することを考えた。これにより、商用電力系統 3 が停電したときに直流交流変換装置 2 2 から充放電部に電力を供給し、充放電部から各系統連系用リレー 1 3, 1 4 に電力を供給すれば、各系統連系用リレー 1 3, 1 4 の接点が溶着しているか否かの判定の間、直流交流変換装置 2 2 の動作を停止することができる。

【0048】

20

加えて、本願発明者は、充放電部としてフィルタコンデンサ 2 6 c を用いることに着目し、商用電力系統 3 が停電時において直流交流変換装置 2 2 と商用電力系統 3 とが各系統連系用リレー 1 3, 1 4 を介して閉回路を形成しているか否かに基づいて、フィルタコンデンサ 2 6 c の放電態様が異なることを知見した。より詳細には、各系統連系用リレー 1 3, 1 4 が閉成状態によって直流交流変換装置 2 2 と商用電力系統 3 とが閉回路を形成している場合、フィルタコンデンサ 2 6 c の放電が開始されるとき、フィルタコンデンサ 2 6 c から商用電力系統 3 側に大きな放電電流が流れる。フィルタコンデンサ 2 6 c は元々、直流交流変換装置 2 2 の動作時に出力される交流電圧波形に重畳される高周波ノイズを濾派するために備えられたものであり、その容量値は数十 p F ~ 数 μ F 程度と非常に小さく、蓄積できる電荷も少ないため、充電及び放電に要する時間も非常に短いもので済む。その結果、図 4 の一点鎖線により示すように、時刻 t 1 においてフィルタコンデンサ 2 6 c の放電が開始されると、フィルタコンデンサ 2 6 c の電圧（電圧 V o u t）は急激に低下する。一方、各系統連系用リレー 1 3, 1 4 の少なくとも一方が開成状態によって直流交流変換装置 2 2 と商用電力系統 3 とが閉回路を形成していない場合、フィルタコンデンサ 2 6 c は自然放電となる。その結果、図 4 の実線により示すように、時刻 t 1 においてフィルタコンデンサ 2 6 c の放電が開始されると、フィルタコンデンサ 2 6 c の電圧（電圧 V o u t）は緩やかに低下する。

30

【0049】

このように、フィルタコンデンサ 2 6 c の放電態様を把握できれば、フィルタコンデンサ 2 6 c の放電態様から各系統連系用リレー 1 3, 1 4 を介して直流交流変換装置 2 2 と商用電力系統 3 とが閉回路を形成しているか否かを判定できる。すなわち各系統連系用リレー 1 3, 1 4 の一方が開成状態に制御しても、直流交流変換装置 2 2 と商用電力系統 3 とが閉回路を形成していれば、各系統連系用リレー 1 3, 1 4 の一方の接点が溶着していると判定できる。そこで、制御部 3 0 は、溶着判定制御において、充放電部としてフィルタコンデンサ 2 6 c を用い、フィルタコンデンサ 2 6 c の放電態様に基づいて第 1 の系統連系用リレー 1 3 及び第 2 の系統連系用リレー 1 4 に溶着不良が生じているか否かを判定する。

40

【0050】

図 5 及び図 6 を参照して、商用電力系統 3 の停電時における溶着判定制御について説明する。

50

溶着判定制御は、図 5 に示す準備処理及び図 6 に示す停電時判定処理を含む。準備処理は、主に、直流交流変換装置 22 が動作してフィルタコンデンサ 26 c に充電させる処理である。停電時判定処理は、準備処理の後に行われる処理であり、充電したフィルタコンデンサ 26 c の放電態様を監視して第 1 の系統連系用リレー 13 及び第 2 の系統連系用リレー 14 のいずれかに溶着不良が生じているか否かを判定する処理である。

【0051】

図 5 に示すように、制御部 30 は、ステップ S 21 において直流交流変換装置 22 からフィルタコンデンサ 26 c に充電させる。一例では、制御部 30 は、図 2 の直流交流変換装置 22 における第 1 のスイッチングアーム 22 a の上段側のスイッチング素子 MU 1 及び第 2 のスイッチングアーム 22 b の下段側のスイッチング素子 ML 2 を予め設定された
10
デューティ比でオンオフさせ、第 1 のスイッチングアーム 22 a の下段側のスイッチング素子 ML 1 及び第 2 のスイッチングアーム 22 b の上段側のスイッチング素子 MU 2 をオフさせる。制御部 30 は、フィルタコンデンサ 26 c の電圧が所定の電圧となるようにスイッチング素子 MU 1 及びスイッチング素子 ML 2 のデューティ比を設定する。ここで、所定の電圧は、危険電圧以下である。危険電圧の一例は、IEC 60950-1 規格において DC 60 V を超える電圧である。また所定の電圧は、安全電圧以下であることが好ましい。安全電圧は、人体に危険とならない程度の電圧であり、例えば DC 50 V である。本実施形態では、所定の電圧は、DC 40 V である。

【0052】

次に、制御部 30 は、ステップ S 22 においてフィルタコンデンサ 26 c の充電が完了したか否かを判定する。フィルタコンデンサ 26 c の充電が完了したとき、フィルタコンデンサ 26 c の電圧（フィルタコンデンサ 26 c の出力電圧）が電圧範囲内である。電圧範囲は、上記所定の電圧を含む所定の電圧範囲であり、試験等により予め設定される。本実施形態の電圧範囲は、DC 35 V 以上 DC 40 V 以下である。ここで、フィルタコンデンサ 26 c の充電が完了したか否かの判定は、第 1 の電圧検出部 16 の検出結果に基づいて行う。その理由は以下のとおりである。すなわち、各系統連系用リレー 13、14 の一方が開成状態であれば、直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成されてい
20
ないため、第 1 の電圧検出部 16 は DC 40 V を検出し、第 2 の電圧検出部 17 は約 0 V を検出する。この場合、直流交流変換装置 22 からの電力はフィルタコンデンサ 26 c に充電される。一方、各系統連系用リレー 13、14 の接点の両方が溶着した状態では、直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成されているため、直流交流変換装置 22 が DC 40 V を第 1 の電線 11 に印加しても、第 1 の電圧検出部 16 及び第 2 の電圧検出部 17 がともに約 0 V を検出する。この場合、直流交流変換装置 22 からの電力は、フィルタコンデンサ 26 c を充電するべく供給されるそばから、商用電力系統 3 側に向けて放電されていくため、第 1 の電圧検出部 16 及び第 2 の電圧検出部 17 の検出電圧は共に上昇しない。一方、各系統連系用リレー 13、14 が共に正常に開成されている場合は、直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成されてい
30
ないため、第 1 の電圧検出部 16 は DC 40 V を検出し、第 2 の電圧検出部 17 は約 0 V を検出する。このように、各系統連系用リレー 13、14 の少なくとも一方が開成状態での第 2 の電圧検出部 17 の検出結果と、各系統連系用リレー 13、14 の接点の両方が溶着した状態での第 2 の電圧検出部 17 の検出結果とが概ね等しくなるため、第 2 の電圧検出部 17 の検出結果のみからフィルタコンデンサ 26 c の充電が完了したか否かを判定できない。一方、各系統連系用リレー 13、14 の少なくとも一方が開成状態での第 1 の電圧検出部 16 の検出結果と、各系統連系用リレー 13、14 の接点の両方が溶着した状態での第 1 の電圧検出部 16 の検出結果とが互いに異なる。このため、第 1 の電圧検出部 16 の検出結果に基づいてフィルタコンデンサ 26 c の充電が完了したか否かを判定できる。

【0053】

制御部 30 は、フィルタコンデンサ 26 c の充電が完了していない場合（ステップ S 22：NO）、すなわちフィルタコンデンサ 26 c の電圧が電圧範囲を下回る場合、ステップ S 23 においてフィルタコンデンサ 26 c の充電が開始されてから所定時間が経過した
40
50

か否かを判定する。所定時間は、フィルタコンデンサ 26 c の充電が開始されてから上記所定の電圧（本実施形態では、DC 40 V）に達するまでの時間であり、計算式や実験等により予め設定される。一例では、所定時間は 10 μ s である。

【0054】

制御部 30 は、フィルタコンデンサ 26 c の充電が開始されてから所定時間が経過していないと判定した場合（ステップ S 23：NO）、ステップ S 22 の判定に戻る。一方、制御部 30 は、フィルタコンデンサ 26 c の充電が開始されてから所定時間が経過したと判定した場合（ステップ S 23：YES）、ステップ S 24 において各系統連系用リレー 13、14 の接点の両方が溶着していると判定する。

【0055】

そして制御部 30 は、各系統連系用リレー 13、14 の接点が溶着していると判定した場合には、ステップ S 25 において直流交流変換装置 22 の動作を停止する。すなわち制御部 30 は、直流交流変換装置 22 のスイッチング素子 MU1、ML1、MU2、ML2 の全てをオフ状態に維持する。この場合、フィルタコンデンサ 26 c が充電できないため、そして制御部 30 は、切替制御のステップ S 15（図 3 参照）に移行する。この場合、制御部 30 は、ステップ S 15 において肯定判定するため、ステップ S 16 に移行して自立運転への切り替えを禁止する。

【0056】

また制御部 30 は、フィルタコンデンサ 26 c の充電が完了したと判定した場合（ステップ S 22：YES）、すなわち各系統連系用リレー 13、14 の接点の両方が溶着している状態ではない場合、ステップ S 26 においてステップ S 25 と同様に直流交流変換装置 22 の動作を停止し、ステップ S 27 において停止時判定処理に移行する。

【0057】

図 6 に示す停止時判定処理において、制御部 30 は、ステップ S 31 において第 1 の系統連系用リレー 13 が閉成状態となるように制御し、ステップ S 32 において停止時溶着条件を満たすか否かを判定する。停止時溶着条件としては、フィルタコンデンサ 26 c の放電開始から所定時間経過したときのフィルタコンデンサ 26 c の電圧（電圧 V_{out} ）が閾値 V_X 未満である。なお、所定時間の一例は、200 μ s である。またフィルタコンデンサ 26 c は、図 5 に示す準備処理のステップ S 26 において直流交流変換装置 22 からフィルタコンデンサ 26 c への電力供給が停止したときに放電を開始する。閾値 V_X は、フィルタコンデンサ 26 c が自然放電を開始してから所定時間経過後の電圧の下限値であり、試験等により予め設定されている。閾値 V_X の一例は、DC 35 V である。すなわち制御部 30 は、図 4 に示すように、フィルタコンデンサ 26 c の放電開始（時刻 t_1 ）から所定時間経過後（時刻 t_2 ）におけるフィルタコンデンサ 26 c の電圧（電圧 V_{out} ）が閾値 V_X 未満であれば、フィルタコンデンサ 26 c は自然放電以外の原因で放電しているとして、溶着判定条件を満たすと判定する。一方、制御部 30 は、フィルタコンデンサ 26 c の放電開始（時刻 t_1 ）からの所定時間経過後（時刻 t_2 ）のフィルタコンデンサ 26 c の電圧（電圧 V_{out} ）が閾値 V_X 以上であれば、フィルタコンデンサ 26 c は自然放電のみをしているとして、溶着判定条件を満たさないと判定する。

【0058】

制御部 30 は、停止時溶着条件を満たすと判定した場合（ステップ S 32：YES）、ステップ S 33 において各系統連系用リレー 13、14 の一方の接点が溶着していると判定する。この場合、第 2 の系統連系用リレー 14 の接点が溶着していることになる。そして制御部 30 は、ステップ S 34 において第 1 の系統連系用リレー 13 が閉成状態となるように制御した後、処理を終了する。この場合、制御部 30 は、溶着判定制御を終了し、図 3 の切替制御のステップ S 15 に移行する。そして制御部 30 は、ステップ S 15 において肯定判定するため、ステップ S 16 に移行して自立運転への切り替えを禁止する。

【0059】

制御部 30 は、停止時溶着条件を満たさないと判定した場合（ステップ S 32：NO）、ステップ S 35 において第 1 の系統連系用リレー 13 が閉成状態となるように制御した

10

20

30

40

50

後に、ステップS 3 6において第2の系統連系用リレー1 4が閉成状態となるように制御する。そして制御部3 0は、ステップS 3 7において停止時溶着条件を満たすか否かを判定する。

【0 0 6 0】

制御部3 0は、停止時溶着条件を満たすと判定した場合（ステップS 3 7：Y E S）、ステップS 3 8において各系統連系用リレー1 3，1 4の一方の接点が溶着していると判定する。この場合、第1の系統連系用リレー1 3の接点が溶着していることになる。そして制御部3 0は、ステップS 3 9において第2の系統連系用リレー1 4が開成状態となるように制御した後、処理を終了する。そして制御部3 0は、溶着判定制御を終了し、図3の切替制御のステップS 1 5に移行する。この場合、制御部3 0は、ステップS 1 5において肯定判定するため、ステップS 1 6に移行して自立運転への切り替えを禁止する。

10

【0 0 6 1】

一方、制御部3 0は、停止時溶着条件を満たさないと判定した場合（ステップS 3 7：N O）、ステップS 4 0において各系統連系用リレー1 3，1 4の接点が溶着していないと判定し、ステップS 3 9に移行し、その後、処理を終了する。この場合、制御部3 0は、図3の切替制御のステップS 1 5に移行する。そして制御部3 0は、ステップS 1 5において否定判定するため、ステップS 1 7に移行して自立運転に切り替える。

【0 0 6 2】

また、制御部3 0は、商用電力系統3の停電時以外、例えばパワーコンディショナ2 0の起動時にも溶着判定制御を実行する。制御部3 0は、パワーコンディショナ2 0が起動されたとき、例えばパワーコンディショナ2 0の起動信号を受信したとき、溶着判定制御を実行する前に各系統連系用リレー1 3，1 4の両方が開成状態となるように制御する。パワーコンディショナ2 0は、例えばパワーコンディショナ2 0に設けられた電源ボタンをユーザによってオン操作されたとき、起動信号を制御部3 0に出力する。

20

【0 0 6 3】

パワーコンディショナ2 0の起動時の溶着判定制御では、商用電力系統3が停電していないため、各系統連系用リレー1 3，1 4には商用電力系統3の交流電力が供給されている。電力管理システム1は、単相三線式であるため、商用電力系統3から各系統連系用リレー1 3，1 4に実効値で2 0 0 Vが印加される。すなわち電圧V g r i d（実効値）が約2 0 0 Vとなる。ここで、各系統連系用リレー1 3，1 4の両方が閉成状態となった場合、各系統連系用リレー1 3，1 4のパワーコンディショナ2 0側の電圧V o u t（実効値）は2 0 0 Vとなる。また各系統連系用リレー1 3，1 4の少なくとも一方が開成状態となった場合、電圧V o u tは0 Vとなる。このため、制御部3 0は、各系統連系用リレー1 3，1 4の閉成状態及び開成状態の組合せと、各系統連系用リレー1 3，1 4のパワーコンディショナ2 0側の電圧V o u tとに基づいて各系統連系用リレー1 3，1 4の接点が溶着しているか否かを判定できる。このように、パワーコンディショナ2 0の起動時の溶着判定制御では、商用電力系統3の停電時の溶着判定制御とは異なり、商用電力系統3から各系統連系用リレー1 3，1 4に供給された電力に基づいて、各系統連系用リレー1 3，1 4の接点が溶着しているか否かを判定できる。

30

【0 0 6 4】

図7を参照して、パワーコンディショナ2 0の起動時における溶着判定制御について説明する。

40

制御部3 0は、ステップS 5 1において起動時溶着条件を満たすか否かを判定する。起動時溶着条件としては、各系統連系用リレー1 3，1 4のパワーコンディショナ2 0側の電圧V o u t（実効値）が閾値V Y以上である。閾値V Yは、各系統連系用リレー1 3，1 4が開成状態となると判定するための値であり、試験等により予め設定されている。閾値V Yの一例は、1 0 0 Vである。

【0 0 6 5】

制御部3 0は、起動時溶着条件を満たすと判定した場合（ステップS 5 1：Y E S）、すなわち電圧V o u tが閾値V Y以上となる場合、ステップS 5 2において各系統連系用

50

リレー 13, 14 の少なくとも一方の接点が溶着していると判定し、溶着判定制御を終了する。この場合、制御部 30 は、自立運転への切り替えを禁止する。なお、ステップ S 51 において肯定判定される場合には、各系統連系用リレー 13, 14 の両方の接点がそれぞれ溶着している。

【0066】

制御部 30 は、起動時溶着条件を満たさないと判定した場合（ステップ S 51：NO）、すなわち電圧 V_{out} が閾値 V_Y 未満となる場合、ステップ S 53 において第 1 の系統連系用リレー 13 が閉成状態となるように制御し、ステップ S 54 において起動時溶着条件を満たすか否かを判定する。

【0067】

10

制御部 30 は、起動時溶着条件を満たすと判定した場合（ステップ S 54：YES）、ステップ S 55 において各系統連系用リレー 13, 14 の少なくともいずれかの接点が溶着していると判定し、ステップ S 56 において第 1 の系統連系用リレー 13 が開成状態となるように制御し、溶着判定制御を終了する。この場合、制御部 30 は、自立運転への切り替えを禁止する。なお、ステップ S 54 において肯定判定される場合には、第 2 の系統連系用リレー 14 の接点が溶着している。

【0068】

制御部 30 は、起動時溶着条件を満たさないと判定した場合（ステップ S 54：NO）、ステップ S 57 において第 1 の系統連系用リレー 13 が開成状態となるように制御した後、ステップ S 58 において第 2 の系統連系用リレー 14 が閉成状態となるように制御する。そして制御部 30 は、ステップ S 59 において起動時溶着条件を満たすか否かを判定する。

20

【0069】

制御部 30 は、起動時溶着条件を満たすと判定した場合（ステップ S 59：YES）、ステップ S 60 において各系統連系用リレー 13, 14 の少なくともいずれかの接点が溶着していると判定し、ステップ S 61 において第 2 の系統連系用リレー 14 が開成状態となるように制御し、溶着判定制御を終了する。この場合、制御部 30 は、自立運転への切り替えを禁止する。なお、ステップ S 59 において肯定判定される場合には、第 1 の系統連系用リレー 13 の接点が溶着している。一方、制御部 30 は、起動時溶着条件を満たさないと判定した場合（ステップ S 59：NO）、ステップ S 62 において各系統連系用リレー 13, 14 の接点がともに溶着していないと判定し、ステップ S 61 に移行する。この場合、制御部 30 は、自立運転への切り替えを禁止しない。

30

【0070】

本実施形態の作用について説明する。

溶着判定制御における停止判定処理の処理時間は、約 1 秒であり、かつ、直流交流変換装置 22 の出力は数 kW である。このため、商用電力系統 3 の停電時に、直流交流変換装置 22 から各系統連系用リレー 13, 14 に電力が供給されて溶着判定制御を実行すると仮定した場合、直流交流変換装置 22 を通常時の PWM 制御で動作させると、直流交流変換装置 22 から出力される電力が大きい。このため、各系統連系用リレー 13, 14 の少なくとも一方の接点が溶着していると、逆潮流する電力が大きくなる。

40

【0071】

一方、本実施形態では、容量の小さいフィルタコンデンサ 26c から各系統連系用リレー 13, 14 に電力が供給される。フィルタコンデンサ 26c の容量は数十 pF ～数 μ F であるため、フィルタコンデンサ 26c が放電する電力は、直流交流変換装置 22 が出力する電力よりも非常に小さくなる。このため、各系統連系用リレー 13, 14 の少なくとも一方の接点が溶着している場合に逆潮流する電力が小さくなる。したがって、商用電力系統 3 の復旧作業を行う際の安全性が高められる。

【0072】

以上記述したように、本実施形態によれば以下の効果が得られる。

(1) 直流交流変換装置 22 が充放電部（フィルタコンデンサ 26c）を充電するよう

50

に動作して直流交流変換装置 22 の動作が停止した後に、充放電部（フィルタコンデンサ 26c）の放電によって各系統連系用リレー 13, 14 のいずれかが溶着しているか否かを判定する。このため、各系統連系用リレー 13, 14 の溶着判定している期間において商用電力系統 3 が復電しても、直流交流変換装置 22 に接続された各直流バス 23, 24 の電圧の上昇を抑制できる。したがって、各直流バス 23, 24 に接続された電子部品の故障の発生を抑制できるため、系統連系装置 10 の安全性を高めることができる。

加えて、溶着判定制御では、各系統連系用リレー 13, 14 を介して直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成されない場合、フィルタコンデンサ 26c が自然放電する。このため、第 1 の系統連系用リレー 13 が閉成状態かつ第 2 の系統連系用リレー 14 が開成状態の場合の各系統連系用リレー 13, 14 の溶着不良の判定、及び、第 1 の系統連系用リレー 13 が開成状態かつ第 2 の系統連系用リレー 14 が閉成状態の場合の各系統連系用リレー 13, 14 の溶着不良の判定を直流交流変換装置 22 からフィルタコンデンサ 26c に一度充電した電力のみで実行できる。また、各系統連系用リレー 13, 14 の少なくとも一方が溶着不良の場合、フィルタコンデンサ 26c は商用電力系統 3 に放電されて制御を終了する。このように、直流交流変換装置 22 からフィルタコンデンサ 26c に一度充電した電力のみで溶着判定制御が実行できるため、直流交流変換装置 22 が動作中に商用電力系統 3 が復電する可能性が低くなる。したがって、系統連系装置 10 の安全性をより高めることができる。

【0073】

(2) 溶着判定制御では、フィルタコンデンサ 26c から各系統連系用リレー 13, 14 への放電に基づいて各系統連系用リレー 13, 14 のいずれかが溶着しているか否かを判定する。このように容量の小さいフィルタコンデンサ 26c の放電を用いるため、商用電力系統 3 の復旧作業を行う作業員の安全性が向上する。加えて、溶着判定制御のための専用の充放電部が不要となるため、系統連系装置 10 の簡素化及び小型化できる。

【0074】

(3) フィルタコンデンサ 26c の電圧が危険電圧以下であるため、商用電力系統 3 の復旧作業を安全に行うことができる。さらに、フィルタコンデンサ 26c の電圧が安全電圧以下であることにより、商用電力系統 3 の復旧作業をより安全に行うことができる。

【0075】

(4) 各系統連系用リレー 13, 14 を介して直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成される場合、フィルタコンデンサ 26c が放電されるときにフィルタコンデンサ 26c の電圧が急速に低下する。一方、各系統連系用リレー 13, 14 を介して直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成されていない場合、フィルタコンデンサ 26c が自然放電となるため、フィルタコンデンサ 26c の電圧は緩やかに低下する。このように、直流交流変換装置 22 と商用電力系統 3 との間で閉回路が形成されるか否かによってフィルタコンデンサ 26c の放電開始から所定時間後のフィルタコンデンサ 26c の電圧が異なる。このような観点に基づいて、フィルタコンデンサ 26c が放電を開始してから所定時間後の出力電圧 V_{out} に基づいて各系統連系用リレー 13, 14 のいずれかが溶着しているか否かを容易に判定できる。

【0076】

(5) 商用電力系統 3 が停電してから時間の経過とともに商用電力系統 3 が復電する確率が高くなる。直流交流変換装置 22 が動作した状態で各系統連系用リレー 13, 14 の閉成状態及び開成状態の組合せごとに溶着判定していると、判定に時間がかかってしまう。このため、直流交流変換装置 22 が動作している期間に商用電力系統 3 が復電する可能性が高まる。

【0077】

一方、本実施形態では、商用電力系統 3 が停電したとき、直流交流変換装置 22 がフィルタコンデンサ 26c に充電し、充電後停止する。すなわち商用電力系統 3 が復電する確率が低いときのみ直流交流変換装置 22 を動作させる。このため、直流交流変換装置 22 が動作しているときに商用電力系統 3 が復電する可能性が低くなり、系統連系装置 10

10

20

30

40

50

の安全性が高められる。

【0078】

(6) 溶着判定制御において、制御部30は、第1の系統連系用リレー13を閉成状態に変更し、第1の系統連系用リレー13を開成状態に変更し、第2の系統連系用リレー14を閉成状態に変更する。このように各系統連系用リレー13、14を動作させることで各系統連系用リレー13、14が同時に閉成状態となることを防ぐことができる。したがって、正常な各系統連系用リレー13、14が同時に閉成状態となってしまうことにより、各系統連系用リレー13、14のいずれかが溶着しているという誤判定を回避できる。

【0079】

(変形例)

上記実施形態に関する説明は、本発明の系統連系装置が取り得る形態の例示であり、その形態を制限することを意図していない。本発明の系統連系装置は、例えば以下に示される上記実施形態の変形例、及び相互に矛盾しない少なくとも2つの変形例が組み合わせられた形態を取り得る。

【0080】

・上記実施形態の図7の溶着判定制御において、ステップS57とステップS58との間に起動時溶着条件を満たすか否かの判定を入れてもよい。

・上記実施形態の停電時判定処理において、ステップS35とステップS36との間に停電時溶着条件を満たすか否かの判定を入れてもよい。

【0081】

・上記実施形態の制御部30は、所定時間内にフィルタコンデンサ26cが充電したか否かの判定に代えて、直流交流変換装置22からフィルタコンデンサ26cに充電されている期間において、第1の電圧検出部16の検出結果に基づいて第1の系統連系用リレー13及び第2の系統連系用リレー14の両方が溶着しているか否かを判定してもよい。具体的には、制御部30は、第1の電圧検出部16により検出された電圧である電圧Voutが所定の電圧未満の場合、第1の系統連系用リレー13及び第2の系統連系用リレー14の両方が溶着していると判定する。また制御部30は、第2の電圧検出部17により検出された電圧Voutである電圧が所定の電圧以上の場合、第1の系統連系用リレー13及び第2の系統連系用リレー14の両方が溶着していないと判定する。なお、所定の電圧の一例は、DC35Vである。この構成によれば、直流交流変換装置22からフィルタコンデンサ26cに充電する期間における第1の電圧検出部16の検出結果に基づいて、各系統連系用リレー13、14の両方が溶着しているか否かを容易に判定できる。

【0082】

・上記実施形態の準備処理では、フィルタコンデンサ26cの充電開始から所定時間経過後でもフィルタコンデンサ26cの充電が完了していないことを充電時溶着条件としていたが、充電時溶着条件はこれに限られない。例えば、充電時溶着条件を以下の(A1)～(A6)のいずれかのように変更してもよい。

(A1) 充電時溶着条件は、第1の電流検出部18により検出された電流及び第2の電流検出部19により検出された電流がともに閾値AX以上である。閾値AXは、試験等により予め設定されている。閾値AXの一例は、2Aである。

(A2) 充電時溶着条件は、直流交流変換装置22からフィルタコンデンサ26cに充電されている期間において、第2の電圧検出部17により検出された電圧である電圧VgridがDC35V以上である。

(A3) 充電時溶着条件は、上記(A1)及び上記(A2)の両方の充電時溶着条件を満たすことである。

(A4) 充電時溶着条件は、上記実施形態の充電時溶着条件と上記(A1)の充電時溶着条件との両方を満たすことである。

(A5) 充電時溶着条件は、上記実施形態の充電時溶着条件と上記(A2)の充電時溶着条件との両方を満たすことである。

(A6) 充電時溶着条件は、上記実施形態の充電時溶着条件、上記(A1)の充電時溶着

10

20

30

40

50

条件、及び上記（Ａ２）の充電時溶着条件の全てを満たすことである。

充電時溶着条件として上記（Ａ１）、（Ａ４）、及び（Ａ６）のいずれかを用いた場合、フィルタコンデンサ２６ｃの充電時の電圧および各系統連系用リレー１３，１４に流れる電流の少なくとも一方に基づいて各系統連系用リレー１３，１４のいずれかが溶着しているか否かを判定できる。このため、例えば各電圧検出部１６，１７の少なくとも一方に異常が生じたとしても、各系統連系用リレー１３，１４に流れる電流に基づいて各系統連系用リレー１３，１４の両方が溶着しているか否かを判定できる。特に、充電時溶着条件として（Ａ４）及び（Ａ６）を用いた場合、各系統連系用リレー１３，１４への電圧及び電流の両方に基づいて各系統連系用リレー１３，１４のいずれかが溶着しているか否かを判定するため、すなわち、電圧及び電流のダブルチェックによる判定が行われるため、この判定の信頼性が高められる。

10

【００８３】

・上記実施形態の停止時判定処理において、停電時溶着条件を以下の（Ｂ１）～（Ｂ６）のいずれかのように変更してもよい。

（Ｂ１）停電時溶着条件は、第１の電流検出部１８により検出された電流値及び第２の電流検出部１９により検出された電流値がともに閾値ＡＸ以上である。閾値ＡＸは、試験等により予め設定されている。閾値ＡＸの一例は、２Ａである。

（Ｂ２）停電時溶着条件は、フィルタコンデンサ２６ｃの放電開始から所定時間経過するまでの期間において、第２の電圧検出部１７により検出された電圧である電圧Ｖｇｒｉｄが閾値ＶＸ以上である。

20

（Ｂ３）停電時溶着条件は、上記（Ｂ１）及び上記（Ｂ２）の停電時溶着条件の両方を満たすことである。

（Ｂ４）停電時溶着条件は、上記実施形態の停電時溶着条件と上記（Ｂ１）の停電時溶着条件との両方を満たすことである。

（Ｂ５）停電時溶着条件は、上記実施形態の停電時溶着条件と上記（Ｂ２）の停電時溶着条件との両方を満たすことである。

（Ｂ６）停電時溶着条件は、上記実施形態の停電時溶着条件、上記（Ｂ１）の停電時溶着条件、及び上記（Ｂ２）の停電時溶着条件の全てを満たすことである。

停電時溶着条件として上記（Ｂ１）、（Ｂ４）、及び（Ｂ６）のいずれかを用いた場合、フィルタコンデンサ２６ｃの放電時の電圧および各系統連系用リレー１３，１４に流れる電流の少なくとも一方に基づいて各系統連系用リレー１３，１４のいずれかが溶着しているか否かを判定できる。このため、例えば各電圧検出部１６，１７の少なくとも一方に異常が生じたとしても、各系統連系用リレー１３，１４に流れる電流に基づいて各系統連系用リレー１３，１４のいずれかが溶着しているか否かを判定できる。特に、停止時溶着条件として（Ｂ４）及び（Ｂ６）を用いた場合、各系統連系用リレー１３，１４への電圧及び電流の両方に基づいて各系統連系用リレー１３，１４のいずれかが溶着しているか否かを判定するため、すなわち、電圧及び電流のダブルチェックによる判定が行われるため、この判定の信頼性が高められる。

30

【００８４】

・上記実施形態の停電時溶着条件は、フィルタコンデンサ２６ｃの放電開始から所定時間経過後の電圧が閾値ＶＸ以上であったが、これに限られず、以下の（Ｃ１）及び（Ｃ２）のように変更してもよい。なお、上記（Ｂ４）～（Ｂ６）の上記実施形態の停電時溶着条件を（Ｃ１）及び（Ｃ２）の停電時溶着条件に置き換えることもできる。

40

（Ｃ１）停電時溶着条件は、フィルタコンデンサ２６ｃが放電開始してからフィルタコンデンサ２６ｃの電圧が閾値ＶＸ以下となるまでの時間が所定時間以下である。すなわち、制御部３０は、フィルタコンデンサ２６ｃが放電開始してからフィルタコンデンサ２６ｃの電圧が閾値ＶＸ以下となるまでの時間に基づいて、第１の系統連系用リレー１３及び第２の系統連系用リレー１４のいずれかが溶着しているか否かを判定する。

（Ｃ２）停電時溶着条件は、フィルタコンデンサ２６ｃが放電するときの電圧の低下速度が閾値ＳＸ以上である。すなわち、制御部３０は、フィルタコンデンサ２６ｃが放電する

50

ときの電圧の低下速度に基づいて、第１の系統連系用リレー１３及び第２の系統連系用リレー１４のいずれかが溶着しているか否かを判定する。なお、閾値ＳＸは、フィルタコンデンサ２６ｃが自然放電しているか否かを判定するための値であり、試験等により予め設定されている。

【００８５】

（付記）

次に、上記実施形態及び上記各変形例から把握できる技術的思想について記載する。

（付記１）

直流電力を交流電力に変換し、商用電力系統に接続された第１の電線及び第２の電線に出力する直流交流変換装置と、前記第１の電線に設けられた第１の系統連系用リレーと、前記第２の電線に設けられた第２の系統連系用リレーと、前記第１の電線において前記第１の系統連系用リレーに対して前記直流交流変換装置側に接続され、前記第２の電線において前記第２の系統連系用リレーに対して前記直流交流変換装置側に接続され、前記直流交流変換装置からの出力のノイズを除去するフィルタコンデンサと、前記直流交流変換装置、前記第１の系統連系用リレー、及び前記第２の系統連系用リレーを制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記商用電力系統が停電している場合、前記フィルタコンデンサを充電するように前記直流交流変換装置を動作させ、前記フィルタコンデンサの放電態様に基づいて、前記第１の系統連系用リレー及び前記第２の系統連系用リレーの少なくともいずれかが溶着しているか否かを判定する、溶着判定制御を実行する、系統連系装置。

【００８６】

上記付記に対応する課題は以下のとおりである。

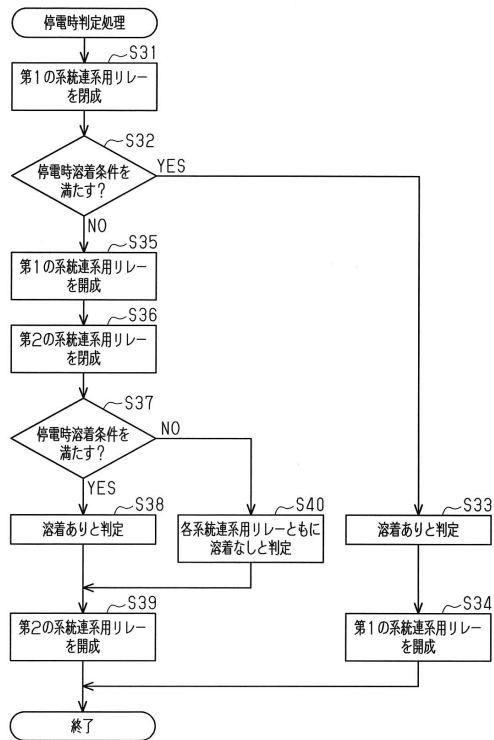
系統連系装置は、商用電力系統の停電時に系統運転から自立運転に変更する前に第１の系統連系用リレー及び第２の系統連系用リレーが溶着しているか否かを判定する溶着判定制御を実行する。これにより、商用電力系統の復旧作業を行う作業員の安全性を確保している。一方、商用電力系統の復旧作業を行う作業員の安全性はより高いことが望まれる。

以上のことから、本系統連系装置に関する課題は、商用電力系統の復旧作業の安全性をより高めることである。

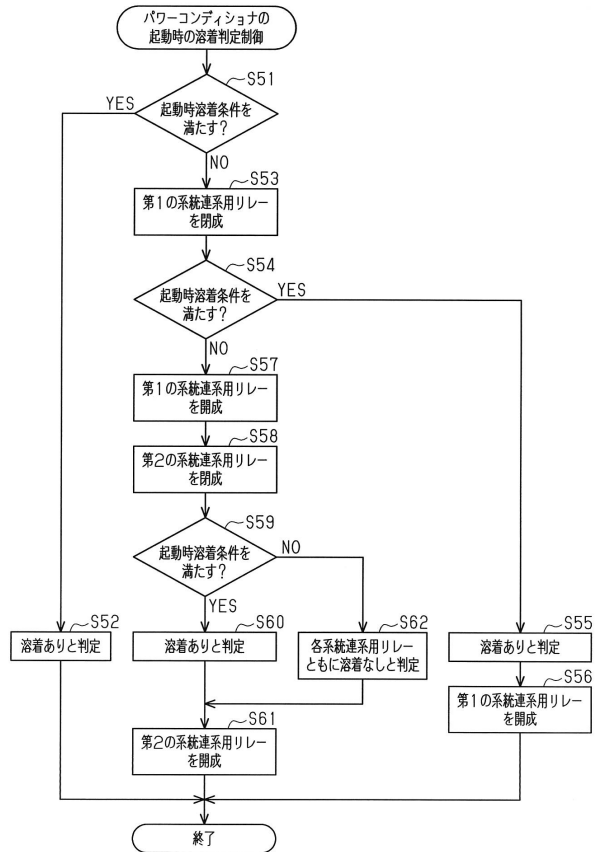
【符号の説明】**【００８７】**

３…商用電力系統、１０…系統連系装置、１１…第１の電線、１１ａ…電線部、１１ｂ…電線部、１２…第２の電線、１２ａ…電線部、１２ｂ…電線部、１３…第１の系統連系用リレー、１４…第２の系統連系用リレー、１６…第１の電圧検出部、１８…第１の電流検出部、１９…第２の電流検出部、２２…直流交流変換装置、２６ｃ…フィルタコンデンサ（充放電部）、３０…制御部。

【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-135767 (JP, A)
国際公開第2013/001820 (WO, A1)
特開2016-086586 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02M 7/48
H02J 3/38