

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7255703号
(P7255703)

(45)発行日 令和5年4月11日(2023.4.11)

(24)登録日 令和5年4月3日(2023.4.3)

(51)国際特許分類		F I		
H 0 2 H	3/34 (2006.01)	H 0 2 H	3/34	B
G 0 1 R	29/16 (2006.01)	G 0 1 R	29/16	
H 0 2 M	7/537(2006.01)	H 0 2 M	7/537	

請求項の数 6 (全12頁)

(21)出願番号	特願2021-554444(P2021-554444)	(73)特許権者	501137636 東芝三菱電機産業システム株式会社 東京都中央区京橋三丁目1番1号
(86)(22)出願日	令和1年11月5日(2019.11.5)	(74)代理人	110003199 弁理士法人高田・高橋国際特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2019/043328	(72)発明者	パニシャムセ ムハンマド 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝 三菱電機産業システム株式会社社内
(87)国際公開番号	WO2021/090370	(72)発明者	多和田 義大 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝 三菱電機産業システム株式会社社内
(87)国際公開日	令和3年5月14日(2021.5.14)	審査官	杉田 恵一
審査請求日	令和3年12月7日(2021.12.7)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電力変換装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

直流電力を三相交流電力に変換するように構築された電力変換回路と、

前記電力変換回路の出力する三相交流電流から二相逆相電流を生成し、前記二相逆相電流の振幅の大きさに基づいて前記電力変換回路の出力側における欠相を検出するように構築された制御装置と、

を備え、

前記制御装置は、

前記三相交流電流を前記二相逆相電流に変換する電流変換部と、

予め定めた関数に従って前記二相逆相電流の前記振幅を計算するとともに、前記振幅が
10

予め定めた逆相電流基準値を超えて増大したときに第一出力信号を出力する振幅検知部と、
前記三相交流電流における第一相電流実効値と第二相電流実効値と第三相電流実効値とのうち少なくとも一つの実効値が予め定めた電流判定値を下回ったときに第二出力信号を出力する電流実効値検知部と、

前記第一出力信号と前記第二出力信号との論理積に基づいて欠相検出信号を出力する論理検知部と、

を含む電力変換装置。

【請求項2】

前記逆相電流基準値よりも前記電流判定値が小さく設定された請求項1に記載の電力変換装置。

【請求項 3】

前記逆相電流基準値よりも一桁小さくなるように前記電流判定値が設定された請求項 2 に記載の電力変換装置。

【請求項 4】

前記電流判定値は、電力変換装置の定格電流の 1 % 未満の値に設定された請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

【請求項 5】

前記電力変換回路は、蓄電システムまたは再生可能エネルギー発電設備から前記直流電力を受け取り、

前記制御装置は、前記第一相電流実効値と前記第二相電流実効値と前記第三相電流実効値との全ての実効値が前記電流判定値を下回ったときには正常な低出力運転であるとする請求項 1 に記載の電力変換装置。

10

【請求項 6】

前記振幅検知部は、

前記二相逆相電流のうち d 軸逆相電流の二乗値を出力する第一積算器と、
前記二相逆相電流のうち q 軸逆相電流の二乗値を出力する第二積算器と、
前記第一積算器の出力値と前記第二積算器の出力値とを可算する加算器と、
前記加算器の出力値の平方根を計算することで、前記二相逆相電流の前記振幅を計算する平方根計算部と、

予め定めた周波数以下の信号を選択的に通すように前記平方根計算部の出力信号に対してフィルタリングを施すローパスフィルタと、

20

前記ローパスフィルタの出力値が前記逆相電流基準値を超えたときに前記第一出力信号を出力する振幅検知コンパレータと、

を含み、

前記電流実効値検知部は、

前記三相交流電流に基づいて前記第一相電流実効値と前記第二相電流実効値と前記第三相電流実効値とを計算する計算部と、

前記第一相電流実効値が前記電流判定値を下回ったときに出力を切りかえる第一実効値コンパレータと、

前記第二相電流実効値が前記電流判定値を下回ったときに出力を切りかえる第二実効値コンパレータと、

30

前記第三相電流実効値が前記電流判定値を下回ったときに出力を切りかえる第三実効値コンパレータと、

前記第一実効値コンパレータの出力信号と前記第二実効値コンパレータの出力信号と前記第三実効値コンパレータの出力信号との論理和を演算することで前記第二出力信号を生成する論理和回路と、

を含み、

前記論理検知部は、

前記振幅検知コンパレータからの前記第一出力信号と前記論理和回路からの前記第二出力信号との論理積を演算する論理積回路と、

40

前記論理積回路の出力に対して予め定めたディレイ時間のオンディレイを施すオンディレイ部と、

を含む請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、電力変換装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、例えば日本特開 2004 - 187435 号公報に記載されているように、欠相検

50

出装置が知られている。この欠相検出装置は、三相極性線（R S T）と中性線 N 間電圧との位相差に基づいて、欠相が検出される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】日本特開2004-187435号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

電力変換装置の出力が低くなる場合がある。例えば、電力変換装置が接続される電源が、出力を低下させている場合などである。電力変換装置で低出力運転が起きると、電力変換装置の出力側で欠相が起きたかのように誤解されるおそれがある。単なる低出力運転と欠相との区別を正確に行えないと、欠相が起きていると誤って検出される可能性がある。上記従来技術は、このような事態を想定しておらず、未だ改善の余地を有するものであった。

10

【0005】

本出願は、上述のような課題を解決するためになされたもので、欠相の検出精度を向上した電力変換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】

【0006】

本出願にかかる電力変換装置は、直流電力を三相交流電力に変換するように構築された電力変換回路と、前記電力変換回路の出力する三相交流電流から二相逆相電流を生成し、前記二相逆相電流の振幅の大きさに基づいて前記電力変換回路の出力側における欠相を検出するように構築された制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記三相交流電流を前記二相逆相電流に変換する電流変換部と、予め定めた関数に従って前記二相逆相電流の前記振幅を計算するとともに、前記振幅が予め定めた逆相電流基準値を超えて増大したときに第一出力信号を出力する振幅検知部と、前記三相交流電流における第一相電流実効値と第二相電流実効値と第三相電流実効値とのうち少なくとも一つの実効値が予め定めた電流判定値を下回ったときに第二出力信号を出力する電流実効値検知部と、前記第一出力信号と前記第二出力信号との論理積に基づいて欠相検出信号を出力する論理検知部と、を含む。

20

【発明の効果】

【0008】

単なる低出力運転と欠相とでは、逆相電流の振る舞いが異なる。本出願によれば、逆相電流を欠相検出に取り入れることで、単なる低出力運転と欠相との区別を正確に行うことができる。したがって、欠相の検出精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施の形態にかかる電力変換装置およびこれを備えた系統連系電力システムの構成を示す図である。

【図2】実施の形態にかかる電力変換装置が備える電流変換部の構成を示す図である。

40

【図3】実施の形態にかかる電力変換装置が備える欠相検出回路である欠相検出部の構成を示す図である。

【図4】実施の形態にかかる電力変換装置の欠相検出効果を説明するためのグラフである。

【図5】実施の形態にかかる電力変換装置の欠相検出効果を説明するためのグラフである。

【図6】実施の形態にかかる電力変換装置の動作を説明するためのタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図1は、実施の形態にかかる電力変換装置3およびこれを備えた系統連系電力システム1の構成を示す図である。図1に示すように、系統連系電力システム1は、直流電源2と

50

電力変換装置 3 とフィルタリアクトル 5 とフィルタキャパシタ 6 と連系リアクトル 8 とを備える。系統連系電力システム 1 は、電力系統 9 と連系されている。

【 0 0 1 1 】

直流電源 2 は、直流電圧 V_{dc} と直流電流 i_{dc} とからなる直流電力を出力する。電力変換装置 3 は、この直流電源 2 からの直流電力を三相交流電力に変換する。電力変換装置 3 は、パワーコンディショナシステム (PCS) とも称される。電力変換装置 3 は、電力変換回路 3 a と制御装置 4 と PLL 回路 7 とを備えている。

【 0 0 1 2 】

電力変換回路 3 a は、三相交流出力電流 i_{abc} と三相交流出力電圧 v_o とを出力する三相電圧型インバータ回路である。abc 相と uvw 相との関係を説明すると、実施の形態では、a 相と u 相とが対応し、b 相と v 相とが対応し、c 相と w 相とが対応するものとする。

10

【 0 0 1 3 】

電力変換回路 3 a は、IGBT または MOSFET などの複数の半導体スイッチング素子で構築されている。電力変換回路 3 a は、スイッチング制御信号 S_{G_abc} に従って直流電力を三相交流電力に変換するように構築されている。電力変換回路 3 a は、公知の各種の三相インバータ回路で構築されればよいので、詳細な説明は省略する。

【 0 0 1 4 】

制御装置 4 は、電力変換回路 3 a が出力した三相交流出力電流 i_{abc} と三相交流出力電圧 v_o と PLL 回路 7 の位相信号 θ_g とに基づいて、スイッチング制御信号 S_{G_abc} を出力するように構築されている。スイッチング制御信号 S_{G_abc} は、電力変換回路 3 a の半導体スイッチング素子それぞれを駆動するゲート駆動信号である。

20

【 0 0 1 5 】

PLL 回路 7 は、位相信号 θ_g を出力する。位相信号 θ_g は、基準となる周波数信号との位相誤差を検出して位相同期を行うための信号である。位相信号 θ_g は、正相位相信号 θ_g である。PLL 回路 7 の出力からは、正相位相信号 θ_g の逆相である逆相位相信号 ($-\theta_g$) も得られる。

【 0 0 1 6 】

フィルタリアクトル 5 は、一端が電力変換装置 3 の出力端に接続されている。フィルタリアクトル 5 は、インダクタンス L_f を持つ。フィルタキャパシタ 6 は、一端がフィルタリアクトル 5 の他端に接続し、他端が接地電位などの基準電位に接続されている。フィルタキャパシタ 6 は、キャパシタンス C_f を持つ。

30

【 0 0 1 7 】

連系リアクトル 8 の一端は、フィルタリアクトル 5 とフィルタキャパシタ 6 との接続点に接続されている。連系リアクトル 8 の他端は、電力系統 9 に接続されている。連系リアクトル 8 は、インダクタンス L_g を持つ。

【 0 0 1 8 】

図示は省略されているが、電力変換装置 3 の出力側には、計器用変成器 (PT) が設けられている。計器用変成器は、交流回路の高電圧と大電流とを低電圧と小電流とに変換 (変成) する。実施の形態にかかる計器用変成器は、三相交流出力電流 i_{abc} を変換する計器用変流器 (CT) と、三相交流出力電圧 v_o を変換する計器用変圧器 (VT) とを含む。これらの計器用変成器で変換された電流および電圧は、制御装置 4 に入力される。制御装置 4 に入力されたこれらの電流および電圧は、三相交流出力電圧 v_o の計測値および三相交流出力電流 i_{abc} の計測値として取り扱われる。

40

【 0 0 1 9 】

なお、図 1 のハードウェア構成は一例である。変形例として、フィルタリアクトル 5 とフィルタキャパシタ 6 とからなる LC 交流フィルタ回路は、電力変換装置 3 の内部に収納されてもよい。また、PLL 回路 7 は、電力変換装置 3 の外部に設けられていてもよい。

【 0 0 2 0 】

系統連系電力システム 1 は一例として太陽光発電システムである。この場合の直流電源

50

2は、太陽電池アレイである。系統連系電力システム1の他の例は風力発電システムであってもよく、この場合の直流電源2は、風力発電機と交直変換回路（つまりACDCコンバータ回路）とを含む。太陽光発電システムと風力発電システムとを含む各種の再生可能エネルギー設備が知られており、直流電源2はこの再生可能エネルギー設備であってもよい。系統連系電力システム1の他の例は蓄電システム（ESS）であってもよく、この場合の直流電源2は、蓄電池あるいは燃料電池などであってもよい。

【0021】

制御装置4は、インバータ制御部4aと欠相検出部20とを備える。インバータ制御部4aは、三相交流出力電流 i_{abc} と三相交流出力電圧 v_o とPLL回路7の位相信号 g とに基づいて、スイッチング制御信号 S_{G_abc} を出力する。欠相検出部20は、欠相10を検出したときに、インバータ制御部4aに欠相検出信号 S_{fal} を伝達する。インバータ制御部4aは、欠相検出部20で欠相10が検出されると、電力変換回路3aの運転を停止するなどの保護制御を実施する。

10

【0022】

実施の形態では、系統連系電力システム1において、図1に示す欠相10が発生したことを検知する欠相検出技術が提供される。これを実現するのが、制御装置4に内蔵された回路である欠相検出部20である。制御装置4が含む欠相検出部20は、電力変換回路3aの出力する三相交流電流から二相逆相電流を生成する。欠相検出部20は、この二相逆相電流の振幅の大きさに基づいて電力変換回路3aの出力側における欠相を検出するように構築されている。

20

【0023】

実施の形態では、制御装置4は、二相逆相電流の振幅の大きさが増大し、かつ、三相交流電流のうち少なくとも一つの相の電流が低下したときに、欠相が発生したと判定するように構築されている。

【0024】

具体的には、制御装置4は、電流変換部30と振幅検知部40と電流実効値検知部50と論理検知部60とを含む。電流変換部30は、三相交流電流を二相逆相電流に変換する。

【0025】

振幅検知部40は、予め定めた関数（すなわち後述する式（1））に従って、二相逆相電流の振幅を計算する。振幅検知部40は、計算した振幅が予め定めた逆相電流基準値を超えて増大したときに第一出力信号 S_{d1} を出力する。

30

【0026】

電流実効値検知部50は、三相交流電流における第一相電流実効値と第二相電流実効値と第三相電流実効値とのうち少なくとも一つの実効値が予め定めた電流判定値を下回ったときに、第二出力信号 S_{d2} を出力する。論理検知部60は、第一出力信号 S_{d1} と第二出力信号 S_{d2} との論理積に基づいて欠相検出信号 S_{fal} を出力する。

【0027】

図2は、実施の形態にかかる電力変換装置3が備える電流変換部30の構成を示す図である。電流変換部30は、三相交流電流 i_{abc} の正相成分（Positive-phase sequence component）と逆相成分（Negative-phase sequence component）とを出力する。電流変換部30は、デカップリング部31とdq変換部32とを含んでいる。

40

【0028】

デカップリング部31は、三相交流電流 i_{abc} を変換することで、二相正相電流 $I_{p_}$ と二相逆相電流 $I_{n_}$ とを生成する。二相正相電流 $I_{p_}$ は $I_{p_}$ と $I_{p_}$ とを含んでいる。二相逆相電流 $I_{n_}$ は $I_{n_}$ と $I_{n_}$ とを含んでいる。

【0029】

dq変換部32は、二相逆相電流 $I_{n_}$ をdq変換することで、二相逆相電流 I_{n_dq} を生成する。二相逆相電流 I_{n_dq} は、d軸成分の I_{n_d} とq軸成分の I_{n_q} とを含んでいる。

【0030】

50

なお、二相正相電流 $I_{p_}$ についても図示しない他の d q 変換部を介して二相正相電流 I_{p_dq} に変換されてもよい。なお、上述した三相二相変換技術、 d q 変換技術、および d q 変換技術は、本出願の技術分野において既に知られており新規な事項ではないので、詳細な説明は省略する。

【0031】

図3は、実施の形態にかかる電力変換装置3が備える欠相検出回路である欠相検出部20の構成を示す図である。振幅検知部40は、第一積算部41dと第二積算部41qと加算器42と平方根計算部43とローパスフィルタ44と振幅検知用コンパレータ45とを含んでいる。

【0032】

第一積算部41dは、 d 軸逆相電流値 I_{n_d} の二乗値を出力する。第二積算部41qは、 q 軸逆相電流値 I_{n_q} の二乗値を出力する。加算器42は、第一積算部41dの出力値と第二積算部41qの出力値を加算する。平方根計算部43は、加算器42の出力値の平方根を演算する。

【0033】

第一積算部41dと第二積算部41qと加算器42と平方根計算部43とによって、下記の数式(1)の計算が行われる。式(1)に従って、二相逆相電流の振幅 I_{n_abs} が計算される。振幅検知部40は、予め定めた関数として数式(1)の演算機能を備えている。

【0034】

【数1】

$$I_{n_abs} = \sqrt{(I_{n_d})^2 + (I_{n_q})^2} \quad \dots(1)$$

【0035】

ローパスフィルタ44は、平方根計算部43の出力側に接続されている。ローパスフィルタ44は、予め定めた周波数以下の成分を通過させるように平方根計算部43からの出力信号に対してフィルタリングを施す。

【0036】

振幅検知用コンパレータ45は、ローパスフィルタ44の出力信号が予め定めた逆相電流基準値 T_r を超えたときに、第一出力信号 S_{d1} をハイに切り替える。逆相電流基準値 T_r は、例えば、電力変換装置3の定格電流の数%であってもよく、例えば定格電流の約1.5%であってもよい。

【0037】

電流実効値検知部50は、第一実効値計算部51aと第二実効値計算部51bと第三実効値計算部51cと第一実効値コンパレータ52aと第二実効値コンパレータ52bと第三実効値コンパレータ52cと論理和回路53とを含んでいる。

【0038】

第一実効値計算部51aは、第一相電流 i_a から第一相電流実効値 i_{a_rms} を計算する。第二実効値計算部51bは、第二相電流 i_b から第二相電流実効値 i_{b_rms} を計算する。第三実効値計算部51cは、第三相電流 i_c から第三相電流実効値 i_{c_rms} を計算する。

【0039】

第一実効値コンパレータ52aは、第一相電流実効値 i_{a_rms} が予め定めた電流判定値 T_i を下回ったときに出力信号をハイに切り替える。第二実効値コンパレータ52bは、第二相電流実効値 i_{b_rms} が予め定めた電流判定値 T_i を下回ったときに出力信号をハイに切り替える。第三実効値コンパレータ52cは、第三相電流実効値 i_{c_rms} が予め定めた電流判定値 T_i を下回ったときに出力信号をハイに切り替える。

【0040】

論理和回路53は、第一実効値コンパレータ52aと第二実効値コンパレータ52bと

10

20

30

40

50

第三実効値コンパレータ52cとのそれぞれの出力信号を受け取り、これら三つの出力信号の論理和を計算する。論理和なので、三つの出力信号の少なくとも一つがハイ信号であれば、論理和回路53がハイ信号を出力する。

【0041】

電流判定値 T_i は、例えば、電力変換装置3の定格電流の1%未満であってもよく、定格電流の約0.1%~約0.9%であってもよく、具体的には定格電流の約0.1%であってもよい。実施の形態では、一例として、逆相電流基準値 T_r よりも電流判定値 T_i が小さく設定されている($T_r > T_i$)。より具体的には、一例として、逆相電流基準値 T_r よりも電流判定値 T_i が一桁小さい値に設定されている。

【0042】

論理検知部60は、論理積回路61とオンディレイ部62とを含んでいる。論理積回路61は、第一出力信号 S_{d1} と第二出力信号 S_{d2} の論理積を計算する。論理積なので、第一出力信号 S_{d1} と第二出力信号 S_{d2} との両方がハイ信号である場合にのみ、論理積回路61がハイ信号を出力する。

【0043】

オンディレイ部62は、論理積回路61の出力信号に予め定めたディレイ時間 T_{trig} のオンディレイを施す。オンディレイ部62のディレイ時間は例えば10ms(ミリ秒)であってもよい。オンディレイ部62でノイズを除去することができる。

【0044】

なお、図3では一例として、欠相検出部20の構成要素が論理ゲートおよびコンパレータを含む回路ブロックで図示されている。しかしながら、欠相検出部20は、アナログ回路またはデジタル回路またはデジタルアナログ混合回路のいずれで構築されてもよい。欠相検出部20の演算を行うための関数は、数式、テーブルおよびマップなどのあらゆる形式のものから適宜に選択されてもよい。

【0045】

図4および図5は、実施の形態にかかる電力変換装置3の欠相検出効果を説明するためのグラフである。時刻 t_1 において欠相が生じると、図4では直後の時刻 t_x において第一相電流実効値 i_{a_rms} の値が急変する。具体的には、時刻 t_x において第一相電流実効値 i_{a_rms} が急峻に低下している。低下幅は i_{rms} であり、一例として定格電流の約5%の大きさである。

【0046】

また、図5では、時刻 t_1 の直後に、逆相電流の振幅 I_{n_abs} が急変している。具体的には、振幅 I_{n_abs} が急峻に増大している。増大幅は I_{n_abs} であり、一例として定格電流の約2%の大きさである。

【0047】

図6は、実施の形態にかかる電力変換装置3の動作を説明するためのタイミングチャートである。図6では、時刻 t_1 の後、ディレイ時間 T_{trig} の経過後に、欠相検出信号 S_{fal} がハイに立ち上がっている。

【0048】

単なる低出力運転と欠相とでは、逆相電流の振る舞いが異なる。単なる低出力運転の場合、三相それぞれの出力電流値は互いに同じ程度に低い値となる。

【0049】

「単なる低出力運転」とは、欠相は起きていないけれども電力変換装置3の出力がたまたま低い場合である。単なる低出力運転の一例として、太陽光発電システムに接続された電力変換装置であれば、早朝または夕方は日射量が少ないので電力変換装置の出力は低い。天候によって発電量が左右される再生可能エネルギー発電設備では、太陽光発電システムと同様の理由で、天候に応じて、単なる低出力運転が発生しうる。この種の再生可能エネルギー発電設備は、風力発電設備などを含む。単なる低出力運転の他の例として、蓄電池を含むエネルギー貯蔵システム(ESS)では、蓄電池が蓄えた電力が低下すると、電力変換装置の出力が低くなることもある。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

これに対し、欠相が起きると三相それぞれの出力電圧と出力電流とがアンバランスとなる。このアンバランスは、逆相電流の増大となって現れる。そこで、逆相電流を欠相検出に取り入れることで、単なる低出力運転と欠相との区別を正確に行うことができる。したがって、欠相の検出精度を向上させることができる。

【 0 0 5 1 】

特に、実施の形態によれば、欠相検出精度と欠相検出速度との両方を向上させることができる。欠相検出速度の向上は、図 4 に示した制御ブロックの演算処理によって達成される特有の効果でもある。

【 0 0 5 2 】

変形例として、欠相検出部 2 0 から、電流実効値検知部 5 0 および論理積回路 6 1 が省略されてもよい。以下、この変形例を説明する。

【 0 0 5 3 】

ある相で欠相が起きると、その相の出力電流がゼロとなる。一方、欠相ではないが、何らかの原因で相電圧がアンバランスになるなどの理由で、三相の出力電流が互いにアンバランスになることがある。この場合、三相のうちいずれが一相または二相の出力電流が、アンバランスによって電流が例えば定格電流の 5 0 % ~ 6 0 % などまで低下することがある。

【 0 0 5 4 】

実施の形態では図 3 の電流実効値検知部 5 0 が電流判定値 T_i に基づく比較判定を行う。このため、実施の形態では、出力電流が著しく低くなった相があることを検出して欠相の有無をより厳密に検出できる。これにより、実施の形態では、アンバランスと欠相とを精度良く区別することができる。

【 0 0 5 5 】

しかしながら、変形例として電流実効値検知部 5 0 が省略された場合には、電流判定値 T_i に基づく比較判定ができない。そこで、この変形例では、図 5 の逆相電流基準値 T_r が次のように定められてもよい。図 4 に示す電流実効値低下幅 i_{rms} が大きければ大きいほど、図 5 に示す逆相電流振幅増大幅 I_{n_abs} も大きくなる。そこで、逆相電流振幅増大幅 I_{n_abs} が十分に大きくなった場合に限り欠相検出信号 S_{fal} を出力するために、図 5 の逆相電流基準値 T_r がある程度大きく設定されてもよい。

【 0 0 5 6 】

逆相電流基準値 T_r がある程度大きく設定されることで、欠相によりある特定の相の出力電流が大きく低下した場合に限って欠相検出信号 S_{fal} を出力させることができる。その一方で、逆相電流振幅増大幅 I_{n_abs} がある程度大きくない場合には欠相が検出されないため、欠相の誤検出を防ぐこともできる。例えば変形例の一つとして、図 5 を考慮して、定格電流の 2 % ~ 3 % に逆相電流基準値 T_r が設定されてもよい。

【 0 0 5 7 】

なお、実施の形態にかかる欠相技術が、「欠相検出方法」として提供されても良い。実施の形態にかかる欠相検出方法は、電力変換回路の出力する三相交流電流から二相逆相電流を生成し、二相逆相電流の振幅の大きさに基づいて電力変換回路の出力側における欠相を検出する。

【 0 0 5 8 】

実施の形態にかかる上記欠相検出方法において、二相逆相電流の振幅の大きさが増大し、かつ、三相交流電流のうち少なくとも一つの相の電流が低下したときに、欠相が発生したと判定されてもよい。

【 0 0 5 9 】

実施の形態にかかる上記欠相検出方法は：三相交流電流を二相逆相電流に変換するステップと；予め定めた関数に従って二相逆相電流の振幅を計算するとともに、振幅が予め定めた逆相電流基準値を超えて増大したことを検出するステップと；三相交流電流における第一相電流実効値と第二相電流実効値と第三相電流実効値とのうち少なくとも一つの実効

10

20

30

40

50

値が予め定めた電流判定値を下回ったことを検出するステップと；振幅が予め定めた逆相電流基準値を超えて増大し、且つ少なくとも一つの実効値が予め定めた電流判定値を下回ったときに、欠相を検出するステップと；を含んでもよい。

【符号の説明】

【0060】

1 系統連系電力システム、2 直流電源、3 電力変換装置、3 a 電力変換回路、4 制御装置、4 a インバータ制御部、5 フィルタリアクトル、6 フィルタキャパシタ、7 PLL回路、8 連系リアクトル、9 電力系統、10 欠相、20 欠相検出部、30 電流変換部、31 デカップリング部、32 d q変換部、40 振幅検知部、41 d 第一積算部、41 q 第二積算部、42 加算器、43 平方根計算部、44 ローパスフィルタ、45 振幅検知用コンパレータ、50 電流実効値検知部、51 a 第一実効値計算部、51 b 第二実効値計算部、51 c 第三実効値計算部、52 a 第一実効値コンパレータ、52 b 第二実効値コンパレータ、52 c 第三実効値コンパレータ、53 論理和回路、60 論理検知部、61 論理積回路、62 オンディレイ部、C f キャパシタンス、 i_{abc} 三相交流電流（三相交流出力電流）、 i_a 第一相電流、 i_{a_rms} 第一相電流実効値、 i_b 第二相電流、 i_{b_rms} 第二相電流実効値、 i_c 第三相電流、 i_{c_rms} 第三相電流実効値、 i_{dc} 直流電流、 I_{n_abs} 振幅、 I_{n_d} d軸逆相電流値、 I_{n_dq} 二相逆相電流（dq軸）、 $I_{n_}$ 二相逆相電流（軸）、 I_{p_dq} 二相正相電流（dq軸）、 $I_{p_}$ 二相正相電流（軸）、L f、L g インダクタンス、S d 1 第一出力信号、S d 2 第二出力信号、S f a l 欠相検出信号、S G $_{abc}$ スイッチング制御信号、t 1 時刻（欠相発生時刻）、T i 電流判定値、T r 逆相電流基準値、T t r i g デレイ時間、V d c 直流電圧、v o 三相交流出力電圧、 I_{n_abs} 逆相電流振幅増大幅、 i_{rms} 電流実効値低下幅、g 位相信号

10

20

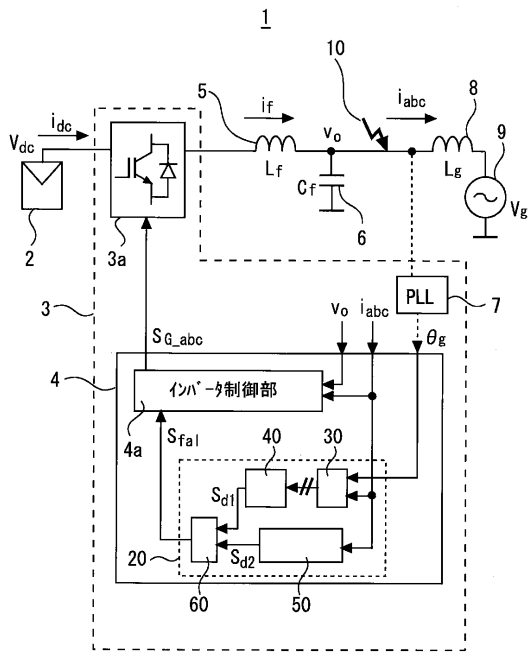
30

40

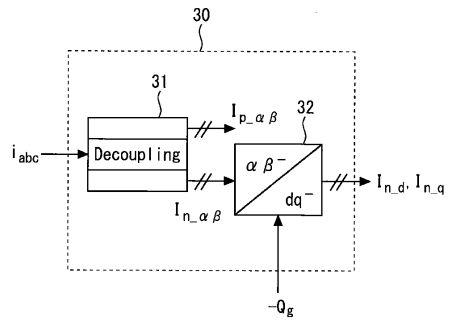
50

【図面】

【図 1】



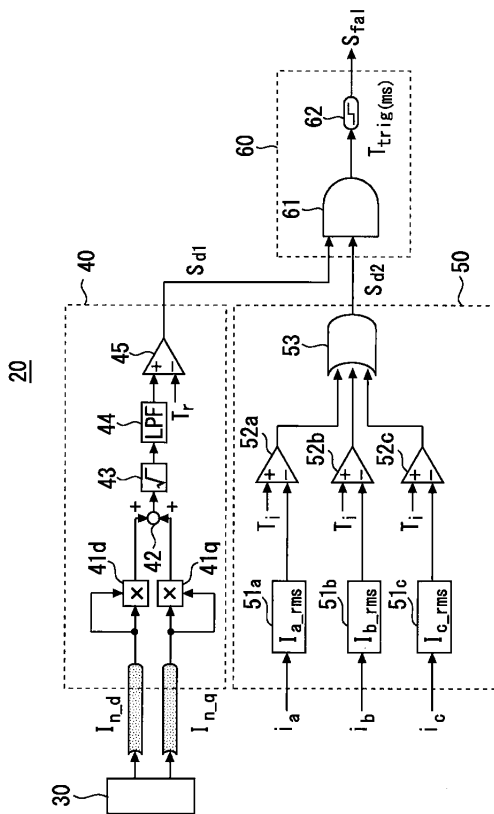
【図 2】



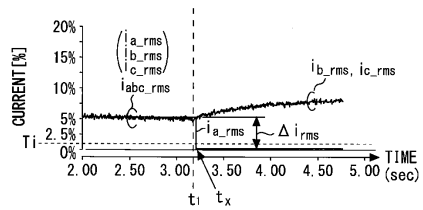
10

20

【図 3】



【図 4】

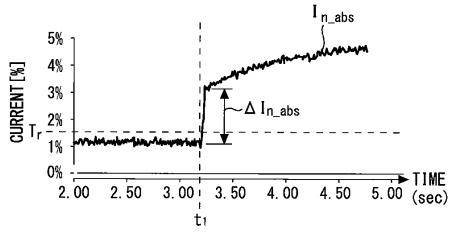


30

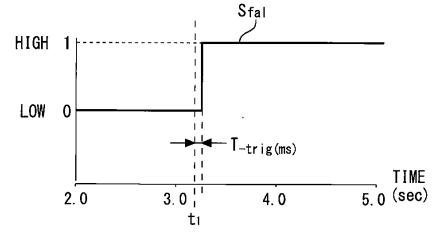
40

50

【 5 】



【 6 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭60-84919(JP,A)
特開2004-187435(JP,A)
特開2012-175834(JP,A)
特公昭50-4857(JP,B1)
米国特許出願公開第2015/0177335(US,A1)
国際公開第2017/081908(WO,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01R 29/16
H02H 3/34
H02M 7/537