

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年5月23日(23.05.2019)



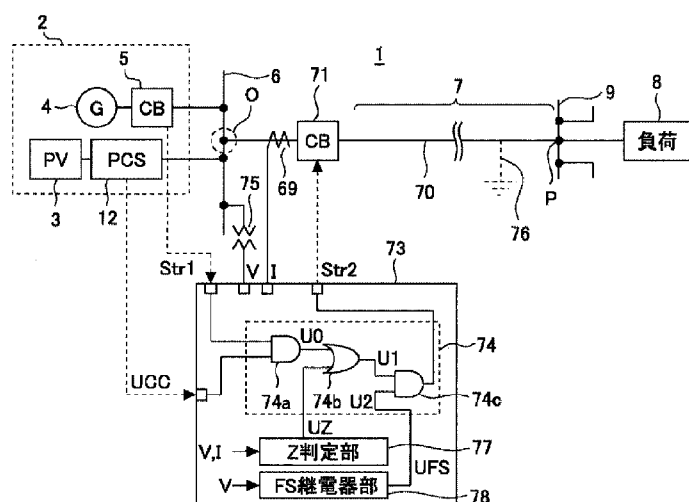
(10) 国際公開番号

WO 2019/097580 A1

- (51) 国際特許分類:
H02H 3/16 (2006.01) *H02H 7/26* (2006.01)
H02H 3/40 (2006.01) *H02J 3/38* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/040948
- (22) 国際出願日: 2017年11月14日(14.11.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 東 芝 三 菱 電 機 産 業 シ ス テ ム 株式会社(TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長 崎 寛 美 (NAGASAKI, Hiromi); 〒1040031 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内 Tokyo (JP). 飯島 由紀久(IIJIMA, Yukihisa); 〒1040031 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内 Tokyo (JP). 梅野 千恵子(UMENO, Chieko); 〒1040031 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内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 高田 守, 外(TAKADA, Mamoru et al.); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12番22号 コンワビル7階 特許業務法人 高田・高橋国際特許事務所 Tokyo (JP).

(54) Title: POWER SYSTEM AND RELAY

(54) 発明の名称: 電力システムおよび継電器



8 Load
77 Z determination unit
78 FS relay unit

(57) Abstract: This power system comprises: a power conditioner; and a relay that detects the occurrence of an accident with a transmission line on the basis of whether current limiting control of the power conditioner is being executed. The power conditioner has an inverter circuit that converts direct-current power from a direct-current power supply into alternating-current power and then supplies the alternating-current power to the transmission line, and a control circuit that is configured to be capable of executing current limiting control, which inhibits or stops output current of the inverter

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

circuit when the voltage on the output side of the inverter circuit matches a predetermined condition. The power system may include a rotary generator that supplies power to the transmission line. The relay may be a distance relay that detects an accident with the transmission line on the basis of whether the impedance of the transmission line matches a prescribed impedance condition determined in advance. The distance relay may detect that an accident with the transmission line has occurred when there has been a match of the impedance with the prescribed impedance condition, or when there has been execution of the current limiting control.

(57) 要約: 電力システムは、パワーコンディショナと、パワーコンディショナの電流制限制御が実行されているか否かに基づいて送電線の事故発生を検出する継電器と、を備える。パワーコンディショナは、直流電源からの直流電力を交流電力に変換し且つ交流電力を送電線に供給するインバータ回路と、インバータ回路の出力側の電圧が予め定めた条件に合致したときにインバータ回路の出力電流を抑制又は停止させる電流制限制御を実行可能に構築された制御回路と、を有する。電力システムは、送電線に電力を供給する回転機発電機を備えてもよい、継電器は、送電線のインピーダンスが予め定めた所定インピーダンス条件に合致したか否かに基づいて送電線の事故を検出する距離継電器であってもよい。距離継電器は、インピーダンスの所定インピーダンス条件への合致または電流制限制御の実行があったときに、送電線に事故が発生したことを検出してもよい。

明 細 書

発明の名称：電力システムおよび継電器

技術分野

[0001] 本発明は、電力システムおよび継電器に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、例えば日本特開2015-065719号公報に記載されているように、太陽光発電部、パワーコンディショナ、および連系保護装置を備えた太陽光発電設備用の系統連系装置が知られている。この系統連系装置では、パワーコンディショナと配電系統の間に、連係保護装置が設けられている。連係保護装置は開閉器を含んでおり、開閉器によって配電系統からパワーコンディショナおよび太陽光発電部を切り離すことができる。この公報の段落0060では、開閉器に保護動作を行わせるために必要な保護継電器を設けてもよいことが僅かに言及されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本特開2015-065719号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] エネルギー源として化石エネルギーと非化石エネルギーがあり、非化石エネルギーは原子力と再生可能エネルギーに分類される。近年では再生可能エネルギーを利用した電力システムの普及がますます進められている。再生可能エネルギー電力システムと、それ以外の化石エネルギー等の電力システムとを並列運転させる、いわゆる系統連系システムが普及している。また、再生可能エネルギー電力システムのみで構成され、系統連系を行わない、いわゆる独立電源システムも実用化されている。

[0005] 再生可能エネルギー電力システムは、パワーコンディショナを含んでいる。パワーコンディショナは、内蔵したインバータ回路を駆動することで、直

流電力を所望の交流電力に変換する。

[0006] 再生可能エネルギー電力システムの電力も、既設の電力系統と同様に、送電網の送電線を介して需要家へと供給される。一般的に、送電線に事故があったときのために、送電網には保護継電器が設けられている。送電線保護用の保護継電器には、送電線上の電氣的物理量を根拠として事故検出を行うものも多い。このような保護継電器では、送電線上の電氣的物理量が予め定めたふるまいを見せたときに送電線に事故が発生したとみなされる。例えば、送電線に地絡事故が発生した場合は通常であれば過大な地絡電流が流れるはずなので、そのような電流の増大を根拠として事故発生を検出することができる。

[0007] パワーコンディショナは、自己の出力側の電圧に応じて、出力電流を制限する機能を持っている。この出力電流制限によってパワーコンディショナが出力電流を抑制すると、送電線に過大な地絡電流が流れることは防止される。しかしながら、この出力電流抑制は、パワーコンディショナを含まない従来の電力システムで短絡事故が発生したときの電流挙動とは異なるものである。パワーコンディショナの出力電流抑制が、従来の継電器にとって予定外の電流挙動を引き起こしてしまう。パワーコンディショナを含む電力システムでは、パワーコンディショナ特有の電流制御が生ずることによって継電器の事故検出精度を低下させるおそれがあるという問題があった。

[0008] この出願は、上述のような課題を解決するためになされたもので、パワーコンディショナを含む電力システムにおいても事故検出を正確に行うことができる継電器および電力システム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] 本願の第一発明にかかる電力システムは、

直流電源からの直流電力を交流電力に変換し且つ前記交流電力を送電線に供給するインバータ回路と、前記インバータ回路の出力側の電圧が予め定めた条件に合致したときに前記インバータ回路の出力電流を抑制又は停止させる電流制限制御を実行可能に構築された制御回路と、を有するパワーコンデ

ィシヨナと、

前記電流制限制御が実行されているか否かに基づいて前記送電線の事故発生を検出する継電器と、
を備える。

[0010] 本願の第二発明にかかる継電器は、

パワーコンディショナの制御内容を示す信号を受信するための第一入力部と、

送電線の電圧の大きさに応じた信号を受信するための第二入力部と、

前記パワーコンディショナが予め定めた電流制限制御を実行したことを示す特定信号を前記第一入力部から受信しかつ前記送電線の電圧が予め定めた電圧以下となった場合に、前記送電線の事故発生を検出する判定部と、
を備える。

発明の効果

[0011] 上記電力システムまたは上記継電器によれば、パワーコンディショナの電流制限制御が行われているか否かを事故検出の条件に含ませることができる。これにより、送電線上の電氣的物理量がパワーコンディショナの制御によって影響を受けても、事故発生を正確に検出することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態1にかかる電力システムおよび継電器を示す回路図である。

[図2]実施の形態1にかかる電力システムのパワーコンディショナを示す回路図である。

[図3]実施の形態1にかかるパワーコンディショナの動作を説明するためのグラフである。

[図4]実施の形態1にかかる継電器の動作を説明するためのグラフである。

[図5]実施の形態1にかかる継電器の動作を説明するためのグラフである。

[図6]実施の形態1の変形例にかかる電力システムおよび継電器を示す回路図である。

[図7]実施の形態1の変形例にかかる電力システムおよび継電器を示す回路図

である。

[図8]実施の形態2にかかる電力システムおよび継電器を示す回路図である。

発明を実施するための形態

[0013] 図1は、実施の形態1にかかる電力システム1および継電器73を示す回路図である。電力システム1は、系統連系発電部2と、系統連系発電部2の発電電力を受け取る第一母線6と、第一母線6と接続した送電網7と、送電網7を介して電力を受け取る第二母線9と、第二母線9と接続した負荷8と、を備えている。

[0014] 系統連系発電部2は、回転機発電機4と、第一遮断器5と、太陽電池アレイ3と、電力変換装置であるパワーコンディショナシステム12と、を備えている。「パワーコンディショナシステム」を、「PCS」とも略称する。

[0015] 回転機発電機4は、第一遮断器5を介して第一母線6に接続している。回転機発電機4は、第一母線6を通じて、送電線70に電力を供給する。回転機発電機4は、化石エネルギー発電機あるいは原子力発電機に搭載された回転機発電機である。回転機発電機4は、太陽電池アレイ3およびPCS12で構成される太陽光発電システムとともに系統連系運転をする。

[0016] PCS12は、図2に示されているとおり、インバータ回路22と、電力変換制御装置40とを備えている。PCS12は、直流電力を交流電力に変換する電力変換装置である。インバータ回路22は、太陽電池アレイ3からの直流電力を交流電力に変換する。インバータ回路22が出力する交流電力は、第一母線6を介して送電線70に供給される。電力変換制御装置40は、インバータ回路22の動作を制御するものであり、具体的にはインバータ回路22に含まれるスイッチング素子のスイッチングを制御する。電力変換制御装置40は、定常制御とは別に、「電流制限制御」を実行可能に構築されている。実施の形態1にかかる「電流制限制御」は、インバータ回路の出力側の電圧が予め定めた条件に合致したときにインバータ回路の出力電流を抑制又は停止させるものである。PCS12の詳細な構造は、図2を参照しつつ後ほど説明する。

[0017] 電力システム 1 は、計器用変流器 69 と、第二遮断器 71 と、継電器 73 と、計器用変圧器 75 と、を備えている。送電網 7 は、送電線 70 を備えている。送電線 70 の一端が第一母線 6 と接続し、送電線 70 の他端が第二母線 9 に接続している。送電線 70 と第一母線 6 との接続部付近には、計器用変流器 69 および計器用変圧器 75 が設けられている。計器用変流器 69 で計測された電流 I と、計器用変圧器 75 で計測された電圧 V とが、継電器 73 に入力される。なお、符号 76 は、送電線 70 に地絡事故 76 が発生した状況を模式的に表したものである。

[0018] 継電器 73 は、距離継電器である。継電器 73 は、送電線 70 のインピーダンスが予め定めた所定インピーダンス条件に合致したか否かに基づいて送電線 70 の事故を検出することができる。継電器 73 は、送電線 70 のインピーダンスが所定インピーダンス条件に合致した場合と上記の電流制限制御の実行があった場合の少なくとも一方の場合に、送電線 70 に事故が発生したことを検出する。

[0019] 一般的に、保護継電器は、発電所あるいは変電所に設置されるのが普通である。送電線 70 を保護するための保護継電器には、送電線 70 上の電氣的物理量を根拠として事故検出を行うものも多い。このような保護継電器では、送電線 70 上の電氣的物理量が予め定めたふるまいを見せたときに送電線 70 に事故が発生したとみなされる。例えば、送電線 70 に地絡事故が発生した場合は通常であれば過大な地絡電流が流れるはずなので、そのような電流の増大を根拠として事故検出を行うことができる。このような保護継電器の一例として「距離継電器」がある。実施の形態 1 にかかる継電器 73 も、距離継電器と同様の構造を備えている。継電器 73 は送電線 70 のインピーダンスを監視することによって事故が発生しているか否かを検出する。また、インピーダンスは送電線 70 の距離を決める電氣的尺度となる。継電器 73 は送電線 70 のインピーダンスに基づいて事故点までの距離を知ることができる。

[0020] 第一母線 6 には、回転機発電機 4 と、送電網 7 の送電線 70 と、PCS 1

2と、が接続している。第一母線6には、回転機発電機4とPCS12とが並列接続されており、送電線70はこれらの発電設備の出力電力を受け取る。第一母線6は、変電所の母線である。

[0021] 図2は、実施の形態1にかかる電力システム1のPCS12を示す回路図である。PCS12は、電力変換部であるインバータ回路22と、連系トランス23と、コンデンサ24と、直流リアクトル25と、直流電圧検出器26と、直流電流検出器27と、交流電圧検出器28と、交流電流検出器29と、電力変換制御装置40と、を備えている。

[0022] 主回路21は、太陽電池アレイ3により発電された電力を第一母線6に供給する回路である。主回路21には、インバータ回路22、連系トランス23、コンデンサ24、及び直流リアクトル25が設けられている。

[0023] インバータ回路22は、太陽電池アレイ3から供給される直流電力を第一母線6の交流電源と同期する交流電力に変換する。インバータ回路22は、変換した交流電力を第一母線6に供給するために出力する。

[0024] 連系トランス23は、インバータ回路22の出力側（交流側）に設けられている。連系トランス23は、インバータ回路22から出力される交流電圧を第一母線6に供給するための電圧に変圧する。

[0025] コンデンサ24及び直流リアクトル25は、交流フィルタを構成する。交流フィルタは、連系トランス23の交流側に設けられている。交流フィルタは、インバータ回路22から第一母線6に流出する高調波電流を抑制する。

[0026] 直流電圧検出器26は、インバータ回路22の入力側（直流側）に設けられている。直流電圧検出器26は、太陽電池アレイ3から入力される直流電圧を検出する。直流電圧検出器26は、検出した直流電圧を電力変換制御装置40に出力する。

[0027] 直流電流検出器27は、インバータ回路22の入力側に設けられている。直流電流検出器27は、太陽電池アレイ3から入力される直流電流を検出する。直流電流検出器27は、検出した直流電流を電力変換制御装置40に出力する。

- [0028] 交流電圧検出器 28 は、直流リアクトル 25 の出力側（交流側）に設けられている。交流電圧検出器 28 は、インバータ回路 22 から出力される交流電圧を検出する。交流電圧検出器 28 は、検出した交流電圧を電力変換制御装置 40 に出力する。
- [0029] 交流電流検出器 29 は、直流リアクトル 25 の出力側に設けられている。交流電流検出器 29 は、インバータ回路 22 から出力される交流電流を検出する。交流電流検出器 29 は、検出した交流電流を電力変換制御装置 40 に出力する。
- [0030] 電力変換制御装置 40 は、インバータ回路 22 を制御する制御装置である。電力変換制御装置 40 は、直流電圧計測部 41 と、直流電流計測部 42 と、交流電圧計測部 43 と、交流電流計測部 44、電力制御部 45 と、PWM (Pulse Width Modulation) 制御部 46 とを備えている。
- [0031] 直流電圧計測部 41 は、直流電圧検出器 26 により検出された直流電圧により、太陽電池アレイ 3 から入力される直流電圧を計測する。直流電圧計測部 41 は、計測した直流電圧を電力制御部 45 に出力する。
- [0032] 直流電流計測部 42 は、直流電流検出器 27 により検出された直流電流により、太陽電池アレイ 3 から入力される直流電流を計測する。直流電流計測部 42 は、計測した直流電流を電力制御部 45 に出力する。
- [0033] 交流電圧計測部 43 は、交流電圧検出器 28 により検出された交流電圧により、第一母線 6 の系統電圧（インバータ回路 22 の出力電圧）を計測する。交流電圧計測部 43 は、計測した交流電圧を電力制御部 45 に出力する。
- [0034] 交流電流計測部 44 は、交流電流検出器 29 により検出された交流電流により、インバータ回路 22 から出力される交流電流を計測する。交流電流計測部 44 は、計測した交流電流を電力制御部 45 に出力する。
- [0035] 電力制御部 45 は、直流電圧計測部 41 により計測された直流電圧、直流電流計測部 42 により計測された直流電流、交流電圧計測部 43 により計測された交流電圧、及び交流電流計測部 44 により計測された交流電流に基づいて、インバータ回路 22 から出力させる電気量（電流、電圧、電力など）

を制御するための演算処理をする。電力制御部45は、演算された電気量をインバータ回路22に対する出力指令値として、PWM制御部46に出力する。

[0036] PWM制御部46は、電力制御部45から入力された出力指令値に基づいて、インバータ回路22をPWM制御するためのゲート信号を生成する。PWM制御部46は、生成したゲート信号により、インバータ回路22を駆動制御する。これにより、インバータ回路22から、所望の周波数を持つ交流電力を出力することができる。

[0037] PCS12は、インバータ回路22の出力側の電圧に応じて、インバータ回路22の出力電流を制限する機能を持っている。PCS12の電流制限機能の一つは、FRT (Fault Ride Through) と呼ばれるものである。FRTによれば、負荷8側の電圧つまりPCS12の出力側の電圧が低下しても、一定時間は出力電流を絞りつつ流し続けるようにPCS12が電流制御を行う。PCS12の電流制限機能の他の一つは、自己の出力側の電圧が予め定めた所定電圧以下になるとPCS12が出力電流をシャットダウンするという機能である。所定電圧は、例えば送電線70の定常電圧の20%程度に設定されてもよい。PCS12は、電流制限制御の実行に応じて、継電器73に電流制御フラグ信号UCCを送信するように構築されている。これにより、PCS12が行っている電流制御の情報を、継電器73に伝えることができる。

[0038] 図3は、実施の形態1にかかるPCS12の動作を説明するためのグラフである。図3は、FRT機能の検証波形の一例であり、ミニモデルによる検証波形を示している。矢印Q0が指し示す区間100msの領域では、PCS12の出力する交流電圧の大きさが突然かつ極端に低下している。このような電圧低下が起きると、FRTが作動する。PCS出力電流波形のうち矢印Q1で指し示された部分は、PCS12からの電流出力がFRTによって継続されている様子を表している。PCS12に入力される直流電圧のうち矢印Q2で指し示された部分は、矢印Q0で指し示した出力電力の低下によ

り直流電圧が上昇している様子を表している。矢印Q2にかかる直流電圧上昇は、太陽電池の特性によるものである。

[0039] 継電器73は、PCS12から制御情報を受け取ったうえで、電流制限制御が実行されているか否かに基づいて送電線70の事故を検出する。継電器73は、複数の入力部と、トリップ命令信号Str2を出力する判定論理回路74と、インピーダンス判定部77と、フェールセーフ継電器部78と、を備えている。図1では、便宜上、インピーダンス判定部を「Z判定部」とも称し、フェールセーフ継電器部を「FS継電器部」としている。継電器73が備える複数の入力部は、計器用変流器69で計測された電流値信号Iを取得する電流値入力部と、計器用変圧器75で計測された送電線70の電圧の大きさに応じた電圧値信号Vを受信するための電圧値入力部と、PCS12と通信することで電流制御フラグ信号UCCを受信するための通信入力部と、第一遮断器5のトリップ状態を示すトリップ状態信号Str1を取得するためのトリップ状態入力部と、を含む。判定論理回路74は、電流値入力部、電圧値入力部、通信入力部、およびトリップ状態入力部に入力される複数の信号と、インピーダンス判定部77の出力するインピーダンスフラグ信号UZと、フェールセーフ継電器部78の出力するフェールセーフフラグ信号UFSとに基づいて、第二遮断器71に対してトリップ命令信号Str2を出力する。

[0040] 継電器73の具体的な内部回路構造は、公知の各種の距離継電器をベースとすることができる。実施の形態1では、継電器73が判定論理回路74を備えている。判定論理回路74は、第一論理積ゲート74aと、論理和ゲート74bと、第二論理積ゲート74cと、を含んでいる。判定論理回路74は、下記の第一演算ステップ～第三演算ステップを行うように構築されている。第一演算ステップとして、第一論理積ゲート74aは、電流制御フラグ信号UCCと、トリップ状態信号Str1と、の論理積を出力する。第一論理積ゲート74aの出力を出力信号U0とする。インピーダンスフラグ信号UZは、インピーダンス判定部77が後述する図3の動作を実行することに

よって決定される。第二演算ステップとして、論理和ゲート 74 b は、インピーダンスフラグ信号 U Z と、第一論理積ゲート 74 a の出力信号 U 0 との論理和を出力する。論理和ゲート 74 b の論理和出力が、フラグ信号 U 1 である。第三演算ステップとして、第二論理積ゲート 74 c は、フラグ信号 U 1 とフェールセーフフラグ信号 U F S との論理積を出力する。

[0041] PCS 12 が電流制限制御を実行すると、PCS 12 から電流制御フラグ信号 U C C が継電器 73 に与えられる。継電器 73 は、電流制御フラグ信号 U C C の内容を上記の第一演算ステップ～第三演算ステップに取り込んでいるので、PCS 12 の制御の情報を送電線 70 の事故検出のための情報として利用することができる。

[0042] 以下、図 1 に加えて図 4～図 5 を更に参照しつつ、継電器 73 の動作を説明する。

[0043] 図 4 は、実施の形態 1 にかかる継電器 73 の動作を説明するためのグラフである。図 4 は、回転機発電機 4 の運転中に送電線 70 に事故があった場合を表している。以下、図 4 を用いて、「継電器が見るインピーダンス」について説明する。ただし、個々で説明する事項は既に公知の距離継電器で実施されている内容であり、新規な事項ではない。このため、必要事項を中心に説明し、説明を簡略化する。図 4 には、インピーダンスを表す複素数平面に、送電線 70 のインピーダンス直線 81 と、継電器 73 の動作範囲 80 と、動作範囲 80 が持つオフセット 82 およびオフセット 83 と、負荷インピーダンス 85 と、が図示されている。なお、R X 直交座標の原点 O は、図 1 では継電器 73 の設置付近に対応している。図 1 では便宜上、送電線 70 上における計器用変流器 69 の取り付け位置を、原点 O に対応付けている。また、R X 直交座標で、インピーダンス直線 81 と動作範囲 80 との交点 P が、継電器 73 の保護範囲の末端を表している。図 1 では、便宜上、送電線 70 と第二母線 9 との接続点を、交点 P と対応付けている。

[0044] 継電器 73 は、送電線 70 に流れる電流と第一母線 6 の電圧に基づいて、送電線 70 のインピーダンスの大きさを測っている。事故の発生していない

通常の運転では、原点Oから遠方にある負荷インピーダンス85が支配的である。通常の運転では、継電器73から見て相当な遠方に負荷インピーダンス85が存在している状態となる。一方、保護区間内で事故が生ずることで継電器73が見るインピーダンスが送電線70の線路インピーダンスのみとなると、インピーダンスが極端に小さな値となる。継電器73が見るインピーダンスは、図4の矢印84に示すように、遠方から、継電器73の動作範囲80内へ移動する。その結果、送電線70に事故があったことが検出される。インピーダンス判定部77は、上述の内容を実行することで、動作範囲80内に入るほどにインピーダンスが小さくなったことを根拠として保護区間内に事故が生じたか否かを判定する。インピーダンスに基づく事故検出がなされ、第二遮断器71が速やかにトリップされる。

[0045] 一般的に、計器用変流器69、継電器73および計器用変圧器75は、変電所内に設置されている。継電器73は、計器用変圧器75を介して送電線70の電圧値を取り込み、計器用変流器69を介して送電線70の電流値を取り込む。図1では、第一母線6と第二遮断器71の間に計器用変流器69が設置されている。

[0046] 送電線70の保護は、複数の継電器の論理和に基づいて事故を検出するいわゆるOR運用によって行われることが好ましい。これは保護の確実性を重視するためである。複数の継電器は、例えば短絡差動継電器と短絡インピーダンス継電器とを含んでいる。短絡作動継電器には、例えば主保護のために87S継電器が選定される。短絡インピーダンス継電器には、例えば後備保護のために44S継電器が選定される。一例として、44S継電器の第一段44SXあるいは送電線70の全長の80%程度の範囲が、保護範囲として取り扱われる。また、44S継電器が検知する電圧は、継電器73の設置点近傍での事故に対しては、ゼロになる。仮に動作範囲80がR軸のプラス側およびX軸のプラス側のみで設定されている場合、44S継電器が検知する電圧がゼロになると正常動作ができないおそれがある。そこで、動作範囲80にオフセット82およびオフセット83が設定されることが好ましい。な

お、「８７Ｓ」および「４４Ｓ」は、ＪＩＳ規格あるいはＪＥＭ規格で定められているデバイス種類および短絡／地絡の別を表しており、公知技術に属する情報なので詳細な説明は省略する。また、ＪＩＳ規格と、海外規格であるＩＥＣ規格とではデバイス種類と数字との対応が一部異なり、ＪＩＳ規格の４４番はＩＥＣでは２１番に対応している。

[0047] 図５は、実施の形態１にかかる継電器７３の動作を説明するためのグラフである。図５は、回転機発電機４が休止中であり且つ太陽電池アレイ３のみで発電が行われている場合において、送電線７０に事故があった場合を表している。第一母線６の電圧が低下すると、ＦＲＴが作動することでＰＣＳ１２が出力電流の大きさを制限する。ＰＣＳ１２が電流制限を行うと、継電器７３が正確なインピーダンス測距を実施できなくなるおそれがある。継電器７３のインピーダンス測距が実施されるよりも早く、ＰＣＳ１２のＦＲＴが作動するからである。この場合、電圧は低下しているものの、図５の矢印８６のようにインピーダンスが動作範囲８０の内側に到達できないので、短絡事故判断が働かないという不具合が生じる。その結果、継電器７３が事故点を誤計測してしまう。

[0048] 図４のように継電器７３のインピーダンス測距機能が正常動作していれば問題は無い。しかし図５のようにインピーダンス測距機能が妨げられることもありうる。そこで、実施の形態１では、継電器７３に、ＰＣＳ１２の電流出力制限状態を入力している。継電器７３は、ＰＣＳ１２の電流出力制限状態を事故判定情報として取り入れつつ、事故発生を検出した場合には送電線７０の第二遮断器７１に対して開放指令すなわちトリップ指令を出力する。第二遮断器７１をトリップさせることにより、送電線７０の事故に対して速やかに対策を施すことができる。

[0049] 実際には、継電器７３は、複数の事故検出条件が満たされた場合に事故発生を検出するように構築されることが好ましい。第一事故検出条件の一例としては、回転機発電機４が運転しておらず、尚且つＰＣＳ１２のＦＲＴ機能が働いていることを条件とすることが好ましい。この第一事故検出条件の他

に、フェールセーフのための第二事故検出条件も課せられることが好ましい。第二事故検出条件の一例として、フェールセーフ継電器部を継電器 73 に内蔵させることで、送電線 70 の電圧が予め定めた所定電圧以下であるときに事故発生を検出するという条件を加えてもよい。フェールセーフ継電器部は、例えば、27S 不足電圧継電器を用いてもよい。なお、「27S」は、JIS 規格あるいは JEM 規格で定められているデバイス種類および短絡／地絡の別を表しており、公知技術に属する情報なので詳細な説明は省略する。

[0050] 図 1 を参照しつつ、判定論理回路 74 の具体的動作についてより詳細に説明する。FRT の作動に応じて電流制御フラグ信号 UCC がハイとなり、第一遮断器 5 が遮断状態にあることでトリップ状態信号 Str1 がハイとなっていると、第一論理積ゲート 74a の出力信号 UO がハイとなる。図 4 で説明したように継電器 73 が見るインピーダンスが動作範囲 80 内に入った場合には、インピーダンス判定部 77 がインピーダンスフラグ信号 UZ をハイとする。出力信号 UO とインピーダンスフラグ信号 UZ の少なくとも一方がハイになると、フラグ信号 U1 がハイとなる。実施の形態 1 では、計器用変圧器 75 で計測した送電線 70 の電圧が、予め定めた所定電圧以下となったときに、フェールセーフフラグ信号 UFS がハイとなる。インピーダンスフラグ信号 UZ または電流制御フラグ信号 UCC がハイとなり、かつフェールセーフフラグ信号 UFS がハイとなった場合に、第一論理積ゲート 74a がトリップ命令信号 Str2 をハイ出力とする。電流制御フラグ信号 UCC とインピーダンスフラグ信号 UZ の両方がローである場合には、第一論理積ゲート 74a はトリップ命令信号 Str2 をローに保持する。また、フェールセーフフラグ信号 UFS がローであれば、第一論理積ゲート 74a はトリップ命令信号 Str2 をローに保持する。以上の動作によれば、送電線 70 に事故が発生したことを正確に検出し、それにより第二遮断器 71 を正確に作動させることができる。継電器 73 によれば、電流制限制御が行われているか否かを事故検出の条件に含ませることができるので、送電線 70 上の電気

物理量がPCS12の制御によって影響を受けても、正確な事故検出を行うことができる。トリップ命令信号Str2の出力がハイとなったときに継電器73の外部に報知信号を出力してもよい。これにより送電線70で事故が検出されたことを外部に報知してもよい。

[0051] なお、継電器73は次のように変形してもよい。実施の形態1では一例として論理回路によって継電器73が事故検出を行っているが、変形例として論理回路の代わりにマイコン上で判定プログラムを実行させてもよい。距離継電器などの保護継電器として、デジタル保護継電器が普及している。デジタル保護継電器は、CPU、アナログフィルタ、A/Dコンバータ、デジタルフィルタ、およびメモリを備えている。CPUが、メモリに記憶された事故検出プログラムおよび保護動作プログラムを実行することで継電器の機能が発揮されている。上記の判定論理回路74で行われる上記第1演算ステップ〜第3演算ステップをソフトウェア上で構築すればよい。

[0052] なお、実施の形態1にかかる電力システム1では、回転機発電機4が運転されている場合には、送電線70に事故が発生しても回転機発電機4が急停止せずに一定期間は発電を続ける。この一定期間の発電に伴う電流を利用して、継電器73がインピーダンスに基づく事故点測距を行うことができる。その一方で、回転機発電機4による発電が停止している場合には、太陽電池アレイ3およびPCS12を介して得られる再生可能エネルギー発電電力のみが送電線70へ供給される。この場合にも、実施の形態1にかかる継電器73は、インピーダンスに基づく事故検出に代えて、電流制御フラグ信号UCCを利用した事故検出を行うことができる。従って、実施の形態1によれば、距離継電器によるインピーダンス事故点測距と、電流制御フラグ信号UCCを利用した事故検出とを、状況に応じて使い分けることができる。

[0053] なお、実施の形態1では、電流制限制御がFRTを含んでいるので、PCS12はFRTの実行に応じて継電器73に電流制御フラグ信号UCCを送信する。継電器73は、電流制御フラグ信号UCCに基づいて事故検出を行っている。一方、変形例として、仮に電流制限制御にFRTが含まれずシャ

ットダウン制御のみである場合には、PCS 12はシャットダウン制御の実行に応じて継電器 73に電流制御フラグ信号UCCを送信するようにしてもよい。

[0054] 図6は、実施の形態1の変形例にかかる電力システム1および継電器73を示す回路図である。図6では、太陽電池アレイ3に代えて、蓄電池13がPCS 12に接続されている。図7に示すように、蓄電池13に代えて、風力発電システム14がPCS 12に接続されてもよい。風力発電システム14は、風力発電機15および電力変換装置16を含んでいる。風力発電機15の発電する交流電力は、風の強さに左右される。風の強さは時々刻々と変化するので、風力発電機15の発電する交流電力は安定しにくい。そこで、電力変換装置16により風力発電機15からの交流電力を一定の直流電圧に変換し、さらにこの直流電圧をPCS 12で安定した交流電力に変換することが好ましい。他の変形例として、太陽電池アレイ3、蓄電池13、および風力発電システム14からなる直流電源システム群から二つ以上の直流電源システムを選択してもよく、複数のPCS 12を介してこの選択した直流電源システムをそれぞれ第一母線6に接続してもよい。これにより複数の直流電源システムを並行運転させてもよい。

[0055] 実施の形態2.

図8は、実施の形態2にかかる電力システム101および継電器173を示す回路図である。実施の形態2の電力システム101が実施の形態1と異なる点としては、次の二点がある。第一の相違点として、第一母線6に回転機発電機4が接続されておらず、第一母線6にPCS 12および太陽電池アレイ3の直列回路のみが接続されている。第二の相違点として、実施の形態2では継電器73が継電器173に置換されている。継電器173は、判定論理回路74に代えて、判定論理回路174を備えている。これらの点を除いて、実施の形態2の電力システム101は、実施の形態1と同様の構成を備えている。

[0056] 判定論理回路174は、第四論理積ゲート174aを備える。インピーダ

ンスフラグ信号UZが使用されないので、継電器173は計器用変流器69を用いた電流取込を行わなくともよい。第四論理積ゲート174aは、電流制御フラグ信号UCCと、フェールセーフフラグ信号UFSとの論理積を演算する。これにより、FRTの作動に応答して電流制御フラグ信号UCCがハイとなり、かつ送電線70の電圧低下に応じてフェールセーフフラグ信号UFSがハイとなった場合に、第四論理積ゲート174aがトリップ命令信号Str2をハイとすることができる。従って、実施の形態1と同様に、電流制限制御が行われているか否かを事故検出の条件に含ませることができるので、送電線70上の電氣的物理量がPCS12の制御によって影響を受けても、正確な事故検出を行うことができる。実施の形態1とは異なりインピーダンスフラグ信号Zが不要なので、継電器173の構造は距離継電器以外の各種の保護継電器の内部構成をベースとして作られても良い。

[0057] 実施の形態1と同様の変形を適用しても良い。判定論理回路174をソフトウェアで実現しても良いことは、実施の形態1と同様である。図6および図7のように蓄電池13または風力発電システム14を第一母線6に接続してもよい。太陽電池アレイ3、蓄電池13、および風力発電システム14からなる直流電源システム群から選択した二つ以上の直流電源システムを、第一母線6に接続してもよい。

符号の説明

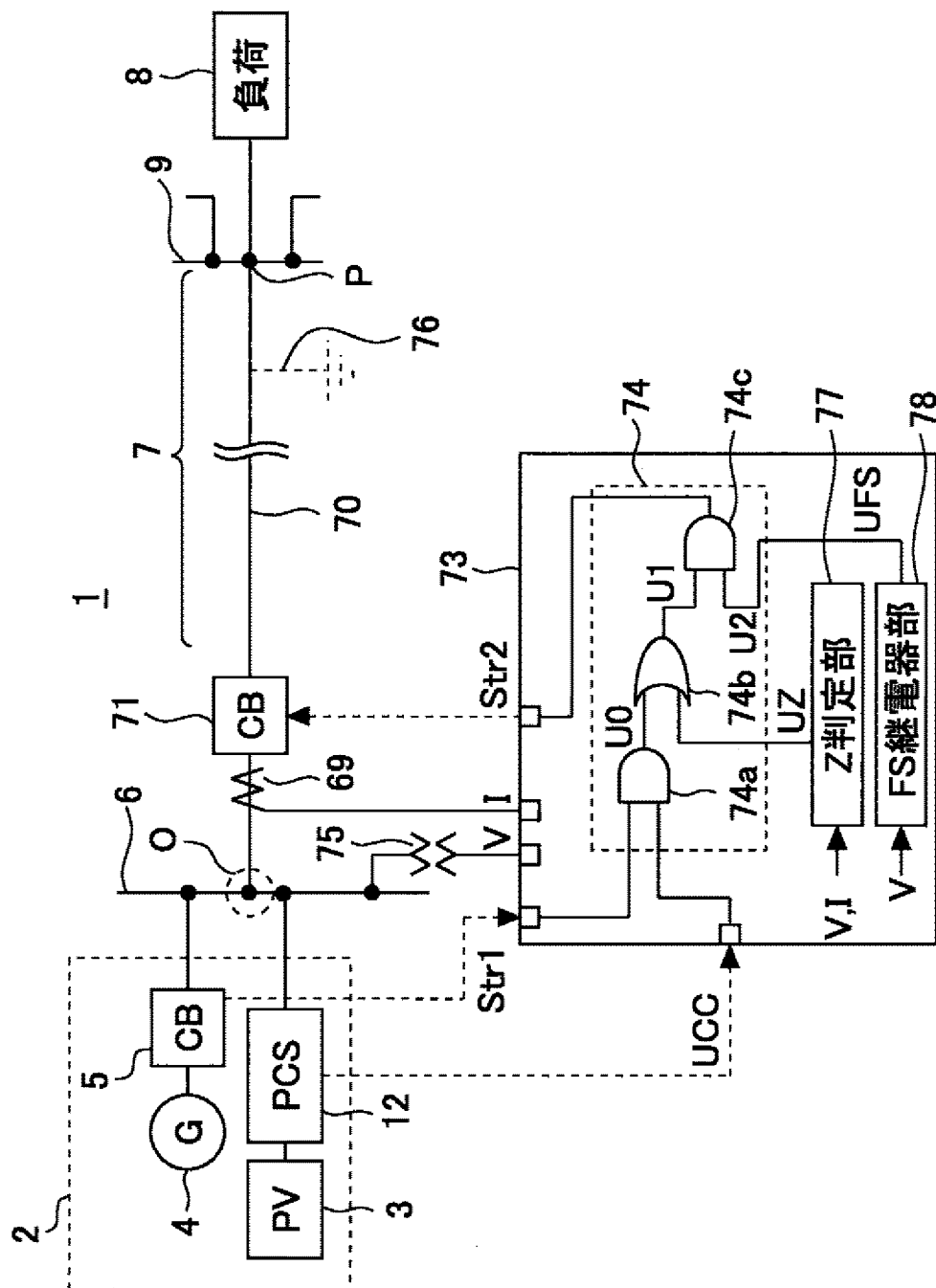
[0058] 1、101 電力システム、2 系統連系発電部、3 太陽電池アレイ、4 回転機発電機、5 第一遮断器、6 第一母線、7 送電網、8 負荷、9 第二母線、12 パワーコンディショナシステム（PCS）、13 蓄電池、14 風力発電システム、15 風力発電機、16 電力変換装置、21 主回路、22 インバータ回路、23 連系トランス、24 コンデンサ、25 直流リアクトル、26 直流電圧検出器、27 直流電流検出器、28 交流電圧検出器、29 交流電流検出器、40 電力変換制御装置、41 直流電圧計測部、42 直流電流計測部、43 交流電圧計測部、44 交流電流計測部、45 電力制御部、46 PWM制御部、69

計器用変流器、70 送電線、71 第二遮断器、73、173 継電器、
74、174 判定論理回路、74a 第一論理積ゲート、74b 論理和
ゲート、74c 第二論理積ゲート、75 計器用変圧器、76 地絡事故
、77 インピーダンス判定部、78 フェールセーフ継電器部、80 動
作範囲、81 インピーダンス直線、82、83 オフセット、85 負荷
インピーダンス、173 継電器、174a 第四論理積ゲート、Str1
トリップ状態信号、Str2 トリップ命令信号、U0 出力信号、U1
フラグ信号、UCC 電流制御フラグ信号、UFS フェールセーフフラ
グ信号、UZ インピーダンスフラグ信号

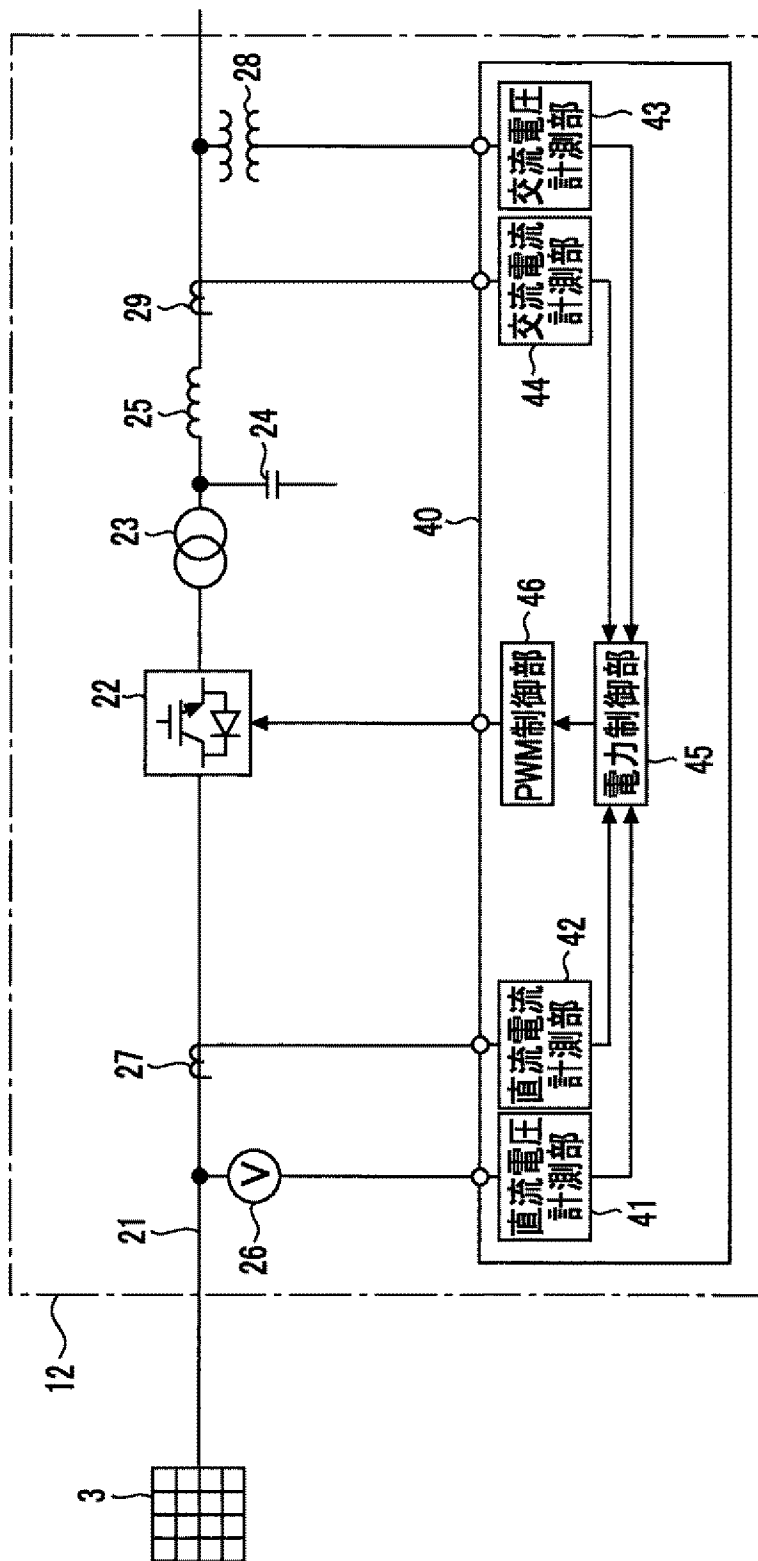
請求の範囲

- [請求項1] 直流電源からの直流電力を交流電力に変換し且つ前記交流電力を送電線に供給するインバータ回路と、前記インバータ回路の出力側の電圧が予め定めた条件に合致したときに前記インバータ回路の出力電流を抑制又は停止させる電流制限制御を実行可能に構築された制御回路と、を有するパワーコンディショナと、
- 前記電流制限制御が実行されているか否かに基づいて前記送電線の事故発生を検出する継電器と、
- を備える電力システム。
- [請求項2] 前記送電線に電力を供給する回転機発電機をさらに備え、
- 前記継電器は、前記送電線のインピーダンスが予め定めた所定インピーダンス条件に合致したか否かに基づいて前記送電線の事故を検出する距離継電器であり、
- 前記距離継電器は、前記インピーダンスが前記所定インピーダンス条件に合致した場合と前記電流制限制御の実行があった場合の少なくとも一方の場合に、前記送電線に事故が発生したことを検出する請求項1に記載の電力システム。
- [請求項3] パワーコンディショナの制御内容を示す信号を受信するための第一入力部と、
- 送電線の電圧の大きさに応じた信号を受信するための第二入力部と、
- 、
- 前記パワーコンディショナが予め定めた電流制限制御を実行したことを示す特定信号を前記第一入力部から受信しかつ前記送電線の電圧が予め定めた電圧以下となった場合に、前記送電線の事故発生を検出する判定部と、
- を備える継電器。

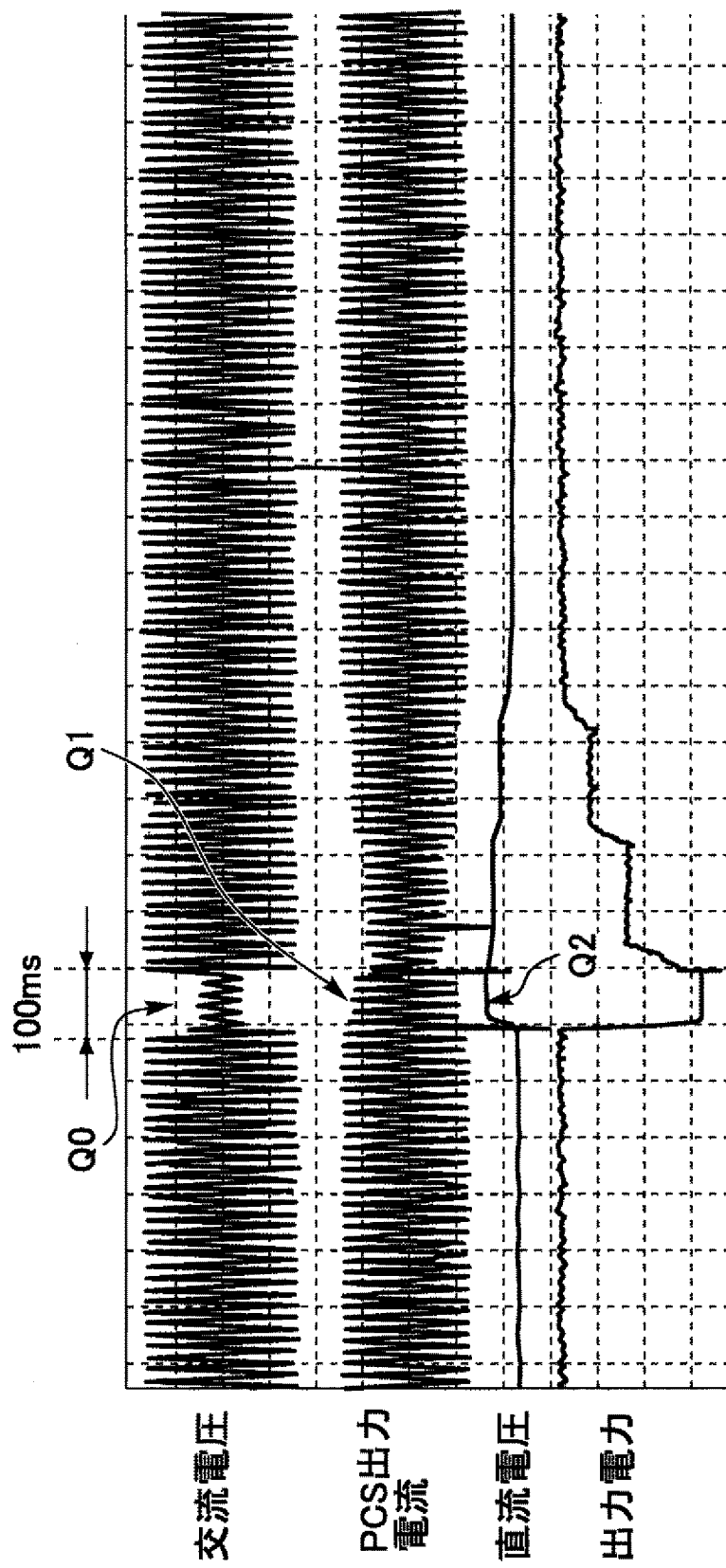
[図1]



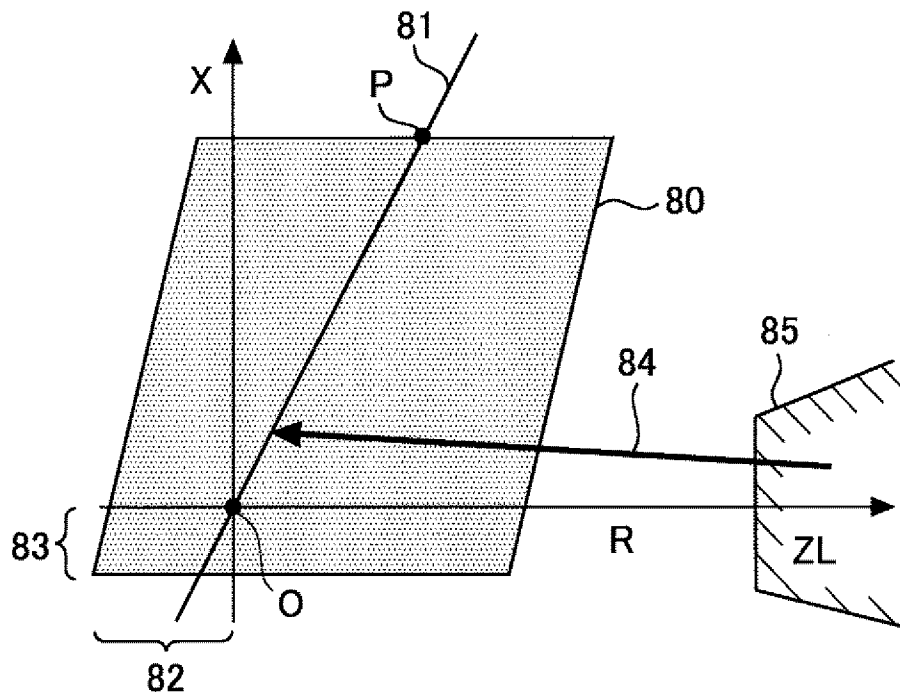
[図2]



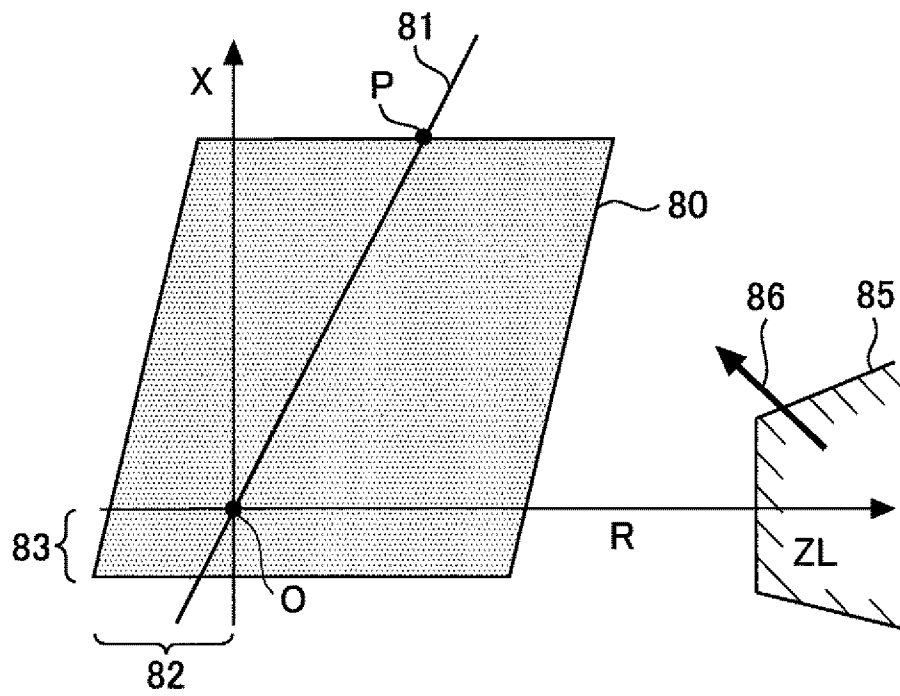
[図3]



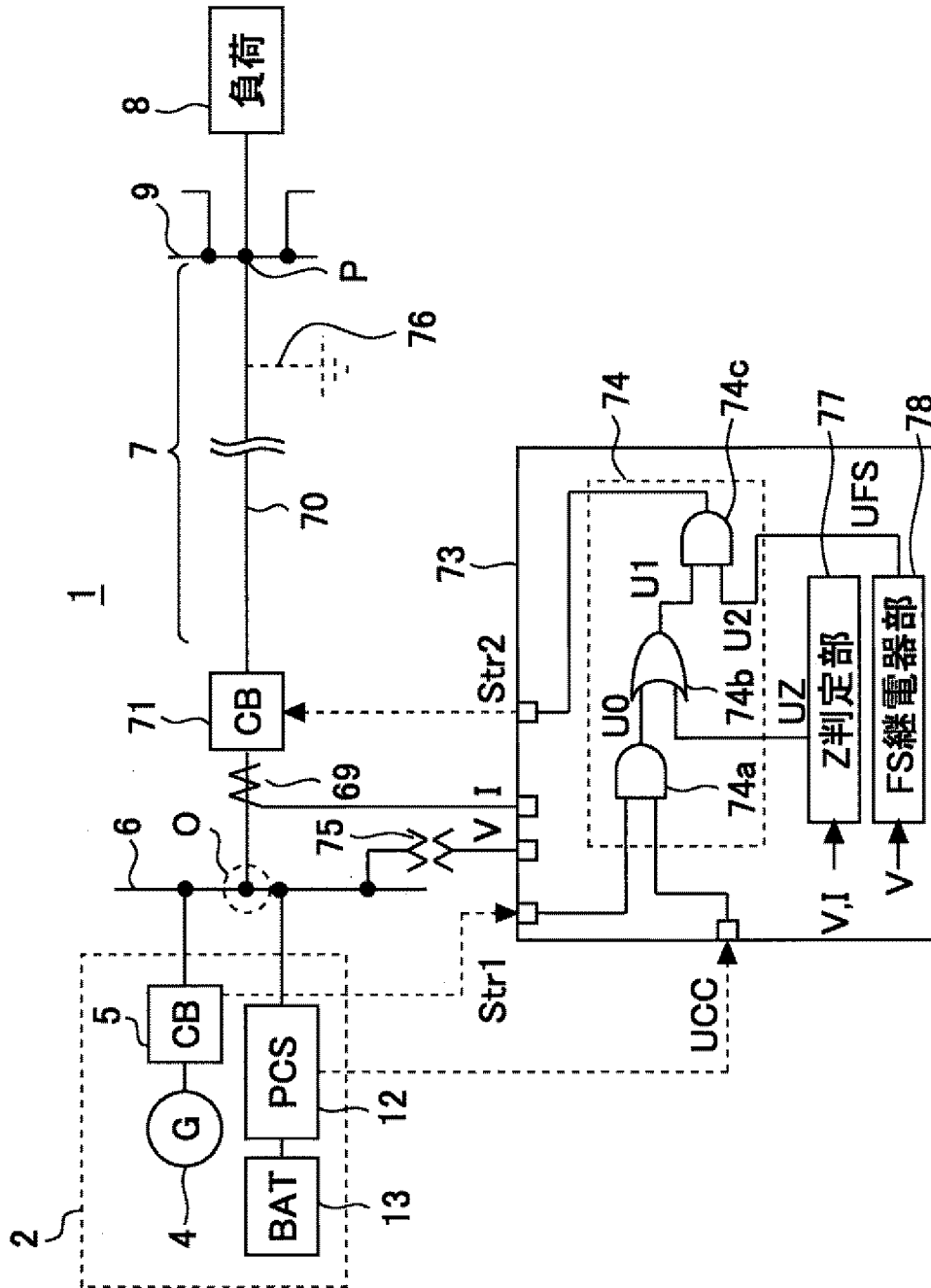
[図4]



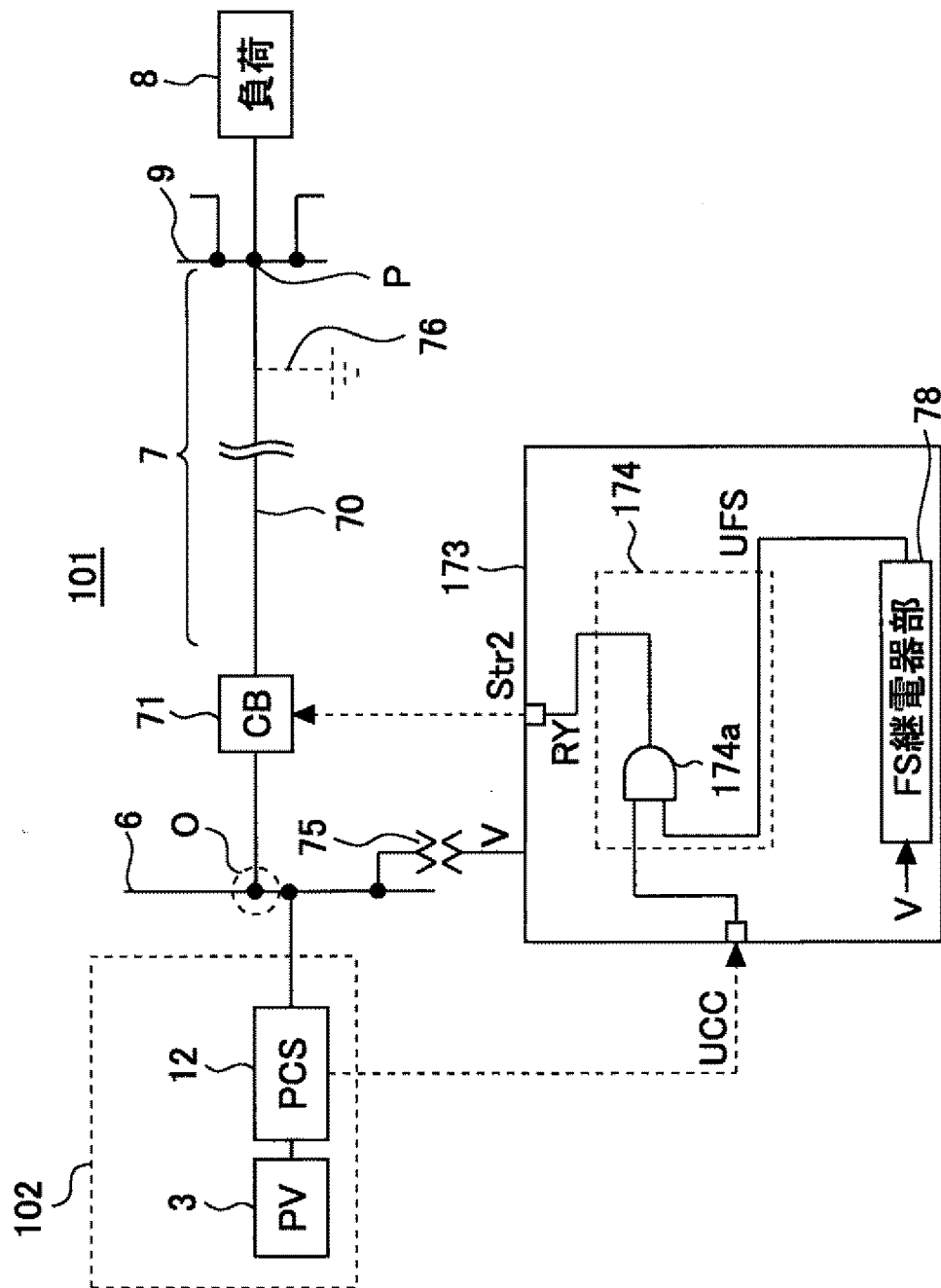
[図5]



[図6]



【図8】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/040948

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int. Cl. H02H3/16 (2006.01) i, H02H3/40 (2006.01) i, H02H7/26 (2006.01) i, H02J3/38 (2006.01) i According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int. Cl. H02H3/16, H02H3/40, H02H7/26, H02J3/38 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017 Registered utility model specifications of Japan 1996-2017 Published registered utility model applications of Japan 1994-2017 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2015-165729 A (NTT FACILITIES, INC.) 17 September 2015, entire text, all drawings, (Family: none)	1-3
A	JP 2015-65719 A (DAIHEN CORP.) 09 April 2015, entire text, all drawings, (Family: none)	1-3
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 30.11.2017		Date of mailing of the international search report 19.12.2017
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02H3/16(2006.01)i, H02H3/40(2006.01)i, H02H7/26(2006.01)i, H02J3/38(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02H3/16, H02H3/40, H02H7/26, H02J3/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2015-165729 A（株式会社N T Tファシリティーズ） 2015.09.17, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-3
A	JP 2015-65719 A（株式会社ダイヘン） 2015.04.09, 全文、全図 （ファミリーなし）	1-3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.11.2017

国際調査報告の発送日

19.12.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

猪瀬 隆広

5 T

6295

電話番号 03-3581-1101 内線 3568