

(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
2025年3月6日(06.03.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/046684 A1

(51) 国際特許分類:

H02J 3/24 (2006.01) H02J 3/38 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/030908

(22) 国際出願日: 2023年8月28日(28.08.2023)

(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: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

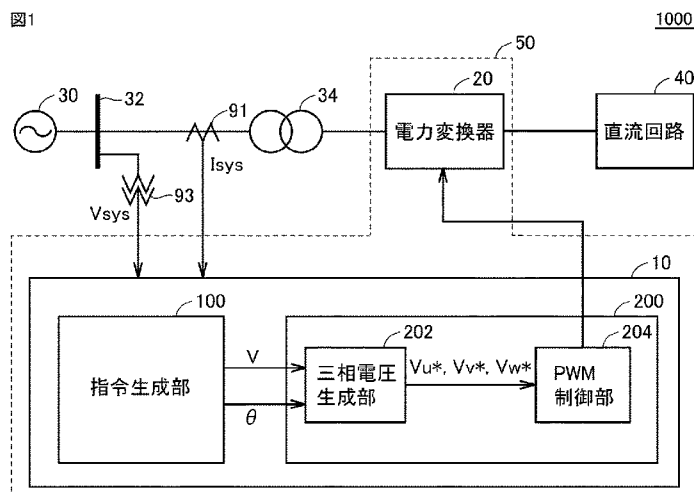
(72) 発明者: 田 畠 和 順 (TAHATA, Kazuyori); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE

(54) 発明の名称: 電力変換装置



20 Power converter
40 DC circuit
100 Command generation unit
202 Three-phase voltage generation unit
204 PWM control unit

(57) Abstract: A power conversion device (50) comprises a power converter (20) and a control device (10). The control device (10): generates a first voltage command value for the power converter (20) by simulating the characteristics of a synchronous generator on the basis of an AC voltage and an AC current in a power system (30); generates a first current command value for the power converter (20) on the basis of the first voltage command value; sets a limit value so that a second current range according to the limit value is smaller than a first current range according to the current capacity of the power converter (20) when an accident is not detected in the power system (30); generates a second current command value by limiting the first current command value within the second current range; generates a second voltage command value on the basis of the second current command value; and generates a control signal for the power converter (20) on the basis of the second voltage command value.



SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 電力変換装置 (50) は、電力変換器 (20) と制御装置 (10) とを備える。制御装置 (10) は、電力系統 (30) における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器 (20) に対する第1電圧指令値を生成し、第1電圧指令値に基づいて電力変換器 (20) の第1電流指令値を生成し、電力系統 (30) において事故が検出されていない場合、電力変換器 (20) の電流容量に従う第1電流範囲よりもリミット値に従う第2電流範囲が小さくなるようにリミット値を設定し、第1電流指令値を第2電流範囲内に制限して第2電流指令値を生成し、第2電流指令値に基づいて第2電圧指令値を生成し、第2電圧指令値に基づいて電力変換器 (20) に対する制御信号を生成する。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置

技術分野

[0001] 本開示は、電力変換装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、電力系統に対して、太陽光発電設備等の再生可能エネルギーを用いた多くの分散型電源が導入されている。これに伴い、発電機脱落などの事故時に、単位時間あたりの周波数変化の大きさを示す周波数変化率（R o C o F : Rate of Change of Frequency）の増加が課題となっている。周波数安定化装置では、太陽光発電パネルおよび蓄電池等の電源から出力される有効電力を電力変換器により制御して、電力系統に擬似的な慣性力を与えることで電力系統の安定化を行なう。

[0003] 例えば、特開 2 0 1 9 - 1 7 6 5 8 4 号公報（特許文献 1）は、分散電源の制御装置を開示している。この制御装置は、分散電源を電力系統に連系させる電力変換装置に対して、仮想慣性を設定するものであって、分散電源の仕様および動作状態に基づいて仮想慣性値を算出し、算出される仮想慣性値と、系統運用者から要求される要求慣性値とのいずれか一方に基づいて、電力変換装置に仮想慣性を設定する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2 0 1 9 - 1 7 6 5 8 4 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記のような電力変換装置では、通常運転時には、有効電力を上限まで出力可能とする運用がなされている。しかしながら、この場合、電力変換装置は、系統事故時（例えば、発電機の脱落時）に電力系統に対する有効電力出力を増大しようとしてもその余力がない。したがって、電力変換装置

は、電力系統に対して慣性力を与えることができず、系統周波数を安定化させることができない。

[0006] 本開示のある局面における目的は、通常時に有効電力を電力系統に融通しつつ、電力系統の事故時に慣性力を与えることが可能な電力変換装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] ある実施の形態に従う電力変換装置は、直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、電力変換器を制御する制御装置とを備える。制御装置は、電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器に対する第1電圧指令値を生成する発電機模擬部と、発電機模擬部により生成された第1電圧指令値に基づいて、電力変換器の第1電流指令値を生成する電流指令生成部と、電力系統において事故が検出されていない場合、電力変換器の電流容量に従う第1電流範囲よりもリミット値に従う第2電流範囲が小さくなるようにリミット値を設定する設定部と、第1電流指令値を第2電流範囲内に制限して第2電流指令値を生成するリミッタと、第2電流指令値に基づいて、第2電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、第2電圧指令値に基づいて、電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含む。

[0008] 他の実施の形態に従う電力変換装置は、直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、電力変換器を制御する制御装置とを備える。制御装置は、電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器に対する第1電圧指令値を生成する発電機模擬部と、発電機模擬部により生成された第1電圧指令値に基づいて電力変換器の第1電流指令値を生成する電流指令生成部と、第1電流指令値を電力変換器の電流容量に従う電流範囲内に制限して第2電流指令値を生成するリミッタと、第2電流指令値に基づいて、第2電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、第2電圧指令値に基づいて、電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含む。電力系統において事故が検出されてい

い場合、発電機模擬部は、電力変換器の電流容量に基づいて算出される第1有効電力よりも小さい第2有効電力に基づいて、第1電圧指令値の位相を生成する。

発明の効果

[0009] 本開示に係る電力変換装置によれば、通常時に有効電力を電力系統に融通しつつ、電力系統の事故時に慣性力を与えることが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]電力変換システムの全体構成の一例を説明するための図である。
- [図2]電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。
- [図3]制御装置のハードウェア構成例を示す図である。
- [図4]実施の形態1に従う指令生成部の機能構成例を示すブロック図である。
- [図5]電圧振幅生成部の構成例を示すブロック図である。
- [図6]事故検出部および設定部の処理の一例を示すフローチャートである。
- [図7]実施の形態1に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。
- [図8]実施の形態1の変形例に従う設定部の構成の一例を説明するための図である。
- [図9]実施の形態1の変形例に従う設定部の構成の他の例を説明するための図である。
- [図10]実施の形態1の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。
- [図11]実施の形態1の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の他の例を示す図である。
- [図12]実施の形態2に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。
- [図13]実施の形態2の変形例に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。
- [図14]有効電力指令値と電力マージンとの関係を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照しつつ、本実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。したがって、それらについての詳細な説明は繰り返さない。

[0012] 実施の形態 1.

＜全体構成＞

図 1 は、電力変換システムの全体構成の一例を説明するための図である。電力変換システム 1000 は、電力系統 30 と、変圧器 34 と、直流回路 40 と、電力変換装置 50 と、電流検出器 91 と、電圧検出器 93 とを含む。電力変換装置 50 は、制御装置 10 と、電力変換器 20 とを含む。

[0013] 電力変換器 20 は、直流回路 40 と電力系統 30 との間で電力変換を行なう電力変換器である。具体的には、電力変換器 20 は、変圧器 34 を介して電力系統 30 に接続されており、直流回路 40 からの直流電力を交流電力に変換して、交流電力を電力系統 30 に出力する。

[0014] 電力変換器 20 は、例えば、2 レベル変換器、3 レベル変換器、あるいはモジュラーマルチレベル変換器等の自励式変換器である。自励式変換器は、自己消弧型の素子を用いた変換器であり、出力電圧の大きさと位相を自由に制御できる。また、自励式変換器は、電力系統の電源がなくても、交流と直流の電力交換を行なうことができる。電力系統 30 は、例えば、三相の交流系統である。直流回路 40 は、例えば、太陽電池、風力発電機等の再生可能エネルギー電源、蓄電要素、直流送電系統、他の電力変換器の直流端子等である。

[0015] 電流検出器 91 は、電力系統 30 と電力変換器 20 との連系点 32 における三相の交流電流を検出する。具体的には、電流検出器 91 は、連系点 32 と変圧器 34 との間に流れる U 相の交流電流 I_{sysu} 、V 相の交流電流 I_{sysv} 、および W 相の交流電流 I_{sysw} を検出する。交流電流 I_{sysu} 、 I_{sysv} 、 I_{sysw} （以下、「交流電流 I_{sys} 」とも総称する。）は、制御装置 10 へ入力される。

[0016] 電圧検出器 93 は、電力系統 30 の連系点 32 における三相の交流電圧を

検出する。具体的には、電圧検出器 93 は、連系点 32 の U 相の交流電圧 V_{sysu} 、V 相の交流電圧 V_{sysv} 、および W 相の交流電圧 V_{sysw} を検出する。交流電圧 V_{sysu} 、 V_{sysv} 、 V_{sysw} （以下、「交流電圧 V_{sys} 」とも総称する。）は、制御装置 10 へ入力される。

[0017] 制御装置 10 は、電力変換器 20 の動作を制御する装置である。具体的には、制御装置 10 は、主な機能構成として、指令生成部 100 と、信号生成部 200 とを含む。指令生成部 100 および信号生成部 200 の各機能は、処理回路により実現される。処理回路は、専用のハードウェアであってもよいし、制御装置 10 の内部メモリに格納されるプログラムを実行する CPU (Central Processing Unit) であってもよい。処理回路が専用のハードウェアである場合、処理回路は、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array)、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、またはこれらを組み合わせたもの等で構成される。

[0018] 指令生成部 100 は、主に、同期発電機の特性を模擬する機能を有しており、電力変換器 20 から出力される電圧の位相 θ （すなわち、電圧指令値の位相）と、当該電圧の振幅（すなわち、電圧指令値の振幅） V とを生成する。位相 θ は、電力変換器 20 の制御に用いられる基準となる位相である。指令生成部 100 の詳細については後述する。

[0019] 信号生成部 200 は、指令生成部 100 により生成された電圧指令値（すなわち、振幅 V および位相 θ ）に基づいて、電力変換器 20 に対する制御信号を生成し、電力変換器 20 に出力する。具体的には、信号生成部 200 は、三相電圧生成部 202 と、PWM 制御部 204 とを含む。

[0020] 三相電圧生成部 202 は、位相 θ および振幅 V に基づいて、2 相／3 相変換により三相の正弦波電圧 V_{u*} 、 V_{v*} 、 V_{w*} を生成する。

[0021] PWM 制御部 204 は、三相の正弦波電圧 V_{u*} 、 V_{v*} 、 V_{w*} のそれぞれに対してパルス幅変調を行ない、PWM 信号としての制御信号を生成する。PWM 制御部 204 は、当該制御信号を電力変換器 20 に出力する。典型的には、制御信号は、電力変換器 20 に含まれる各スイッチング素子のオ

ンおよびオフを制御するためのゲート制御信号である。

[0022] 上記のような電力変換装置 50 は、同期発電機の特性を模擬する機能を有しており、系統周波数を安定化させるために電力系統 30 に出力する有効電力を調整する。ここで、電力系統 30 に事故が発生していない通常時において、電力変換装置 50 が、ハードウェア性能より定まる上限値まで有効電力を出力可能に構成されている場合、図 2 に示すような問題が生じる。

[0023] 図 2 は、電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。図 2 の横軸は時間であり、縦軸は電力変換器 20 の出力有効電力である。電力変換器 20 から電力系統 30 に有効電力が出力される方向を正方向とし、電力系統 30 から電力変換器 20 に有効電力が入力（すなわち、吸収）される方向を負方向とする。また、図 2 の例では、直流回路 40 は、電力変換器 20 に電力を供給する再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

[0024] 図 2 中の“上限値”は、電力変換器 20 のハードウェア性能より定まる電流容量（すなわち、許容電流）の正極性の上限値から規定される有効電力上限値を示す。図 2 中の“下限値”は、電力変換器 20 の電流容量の負極性の上限値（すなわち、電流容量の下限値）から規定される有効電力下限値を示す。

[0025] 図 2 を参照して、電力変換器 20 は、通常時において、有効電力を上限値で出力し続けている。系統事故が発生（例えば、電力系統 30 内の発電機が脱落）して系統周波数が低下した場合、電力変換器 20 は、系統周波数を増大させるために電力系統 30 に対する有効電力出力を増大しようとするが、ハードウェア性能の限界により有効電力を増大できない。すなわち、電力系統 30 に対して擬似慣性力を付与できず、系統周波数を規定値に維持することができない。したがって、電力変換装置 50 は、系統周波数低下時において有効電力出力を増大できるように構成されていることが好ましい。

[0026] また、系統事故が発生（例えば、電力系統 30 内の負荷が脱落）して系統周波数が増大した場合、電力変換器 20 は、系統周波数を低下させるために

電力系統 30 に対する有効電力出力を低減する。ただし、図 2 の例では、直流回路 40 としての再生可能エネルギー電源は有効電力を吸収できない。そのため、電力変換装置 50 による有効電力出力の下限值についても適切に設定しておく必要がある。

[0027] 本実施の形態に従う電力変換装置 50 は、系統周波数低下時において電力系統 30 に対する有効電力出力を増大して慣性力を付与できるように構成される。その具体的な構成については後述する。

[0028] <ハードウェア構成>

図 3 は、制御装置のハードウェア構成例を示す図である。図 3 には、コンピュータによって制御装置 10 を構成する例が示される。

[0029] 図 3 を参照して、制御装置 10 は、1 つ以上の入力変換器 70 と、1 つ以上のサンプルホールド回路 71 と、マルチプレクサ 72 と、A/D 変換器 73 と、1 つ以上の CPU (Central Processing Unit) 74 と、RAM (Random Access Memory) 75 と、ROM (Read Only Memory) 76 と、1 つ以上の入出力インターフェイス 77 と、補助記憶装置 78 とを含む。制御装置 10 は、構成要素間を相互に接続するバス 79 を含む。

[0030] 入力変換器 70 は、入力チャンネルごとに補助変成器を有する。各補助変成器は、図 1 の電流検出器 91 および電圧検出器 93 による検出信号を、後続する信号処理に適した電圧レベルの信号に変換する。

[0031] サンプルホールド回路 71 は、入力変換器 70 ごとに設けられる。サンプルホールド回路 71 は、対応の入力変換器 70 から受けた電気量を表す信号を規定のサンプリング周波数でサンプリングして保持する。

[0032] マルチプレクサ 72 は、複数のサンプルホールド回路 71 に保持された信号を順次選択する。A/D 変換器 73 は、マルチプレクサ 72 によって選択された信号をデジタル値に変換する。なお、複数の A/D 変換器 73 を設けることによって、複数の入力チャンネルの検出信号に対して並列的に A/D 変換を実行するようにしてもよい。

[0033] CPU 74 は、制御装置 10 の全体を制御し、プログラムに従って演算処

理を実行する。揮発性メモリとしてのRAM 75及び不揮発性メモリとしてのROM 76は、CPU 74の主記憶として用いられる。ROM 76は、プログラム及び信号処理用の設定値などを収納する。補助記憶装置78は、ROM 76に比べて大容量の不揮発性メモリであり、プログラム及び電気量検出値のデータなどを格納する。

[0034] 入出力インターフェイス77は、CPU 74及び外部装置の間で通信する際のインターフェイス回路である。

[0035] なお、図3の例とは異なり、制御装置10の少なくとも一部をFPGAおよび、ASIC等の回路を用いて構成することも可能である。

[0036] <指令生成部>

図4は、実施の形態1に従う指令生成部の機能構成例を示すブロック図である。図4を参照して、指令生成部100は、発電機模擬部110と、事故検出部120と、設定部130と、電流指令生成部140と、電流リミッタ142と、電圧指令生成部144と、座標変換部150と、交流電力算出部152と、電圧振幅生成部160とを含む。なお、図4では、直流回路40が再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

[0037] 座標変換部150は、位相 θ を用いて交流電流 I_{sysu} , I_{sysv} , I_{sysw} を3相/2相変換して、d軸電流 I_d およびq軸電流 I_q を算出する。また、座標変換部150は、位相 θ を用いて交流電圧 V_{sysu} , V_{sysv} , V_{sysw} を3相/2相変換して、d軸電圧 V_d およびq軸電圧 V_q を算出する。

[0038] 交流電力算出部152は、電流検出器91により検出された交流電流 I_{sys} と、電圧検出器93により検出された交流電圧 V_{sys} とに基づいて、連系点32における有効電力 P および無効電力 Q を算出する。

[0039] 電圧振幅生成部160は、d軸電圧 V_d 、q軸電圧 V_q 、無効電力 Q 、および無効電力指令値 Q_{ref} に基づいて、電圧指令値の振幅 V_{ref} を生成する。振幅 V_{ref} は、電力変換器20の出力電圧の振幅指令値に相当する。

- [0040] 図5は、電圧振幅生成部の構成例を示すブロック図である。図5を参照して、電圧振幅生成部160は、正相電圧算出部161と、減算器162、163と、電圧調整部164と、座標変換部165、167と、加算器166を含む。
- [0041] 正相電圧算出部161は、d軸電圧 V_d およびq軸電圧 V_q に基づいて、正相電圧 V_{pos} を算出する。減算器162は、無効電力指令値 Q_{ref} と無効電力 Q との偏差 $\Delta Q (=Q_{ref} - Q)$ を算出する。減算器162は、系統電圧指令値 V_{acref} と正相電圧 V_{pos} との偏差 $\Delta V_{pos} (=V_{acref} - V_{pos})$ を算出する。
- [0042] 電圧調整部164は、自動無効電力調整モードまたは自動電圧調整モードのいずれかを選択し、選択したモードに基づいて、電圧振幅調整量 ΔV_{acref} を生成する。具体的には、電圧調整部164は、自動無効電力調整モードを選択した場合、偏差 ΔQ を規定値以下（例えば、0）にするためのフィードバック制御により電圧振幅調整量 ΔV_{acref} を生成する。電圧調整部164は、自動電圧調整モードを選択した場合、偏差 ΔV_{pos} を規定値以下（例えば、0）にするためのフィードバック制御により電圧振幅調整量 ΔV_{acref} を生成する。電圧調整部164は、PI制御器、一次遅れ要素等で構成される。
- [0043] 座標変換部165は、規定電圧指令値のd軸成分（すなわち、規定d軸電圧指令値 V_{dx} ）およびq軸成分（すなわち、規定q軸電圧指令値 V_{qx} ）を、振幅 $|V_x|$ および位相 ϕ_v に変換する。規定d軸電圧指令値 V_{dx} および規定q軸電圧指令値 V_{qx} は、系統運用者等により予め設定される値である。加算器166は、振幅 $|V_x|$ と電圧振幅調整量 ΔV_{acref} とを加算する。座標変換部167は、振幅 $|V_x|$ および電圧振幅調整量 ΔV_{acref} の加算値および位相 ϕ_v を、dq軸変換して、d軸電圧振幅 V_{dref} （すなわち、振幅 V_{ref} のd軸成分）およびq軸電圧振幅 V_{qref} （すなわち、振幅 V_{ref} のq軸成分）を生成する。
- [0044] 再び、図4を参照して、発電機模擬部110は、電力系統30における交

流電圧 V_{sys} および交流電流 I_{sys} に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、電力変換器 20 に対する電圧指令値 $V1^*$ を生成する。具体的には、発電機模擬部 110 は、減算器 111 と、積分器 112 と、加算器 113 と、積分器 114 と、電圧指令生成部 115 とを含む。

[0045] 減算器 111 は、有効電力 P と有効電力指令値 P_{ref} との差分 ΔP ($= P_{ref} - P$) を積分器 112 に出力する。有効電力指令値 P_{ref} は有効電力 P の目標値であり、系統運用者により定められる。

[0046] 積分器 112 は、減算器 111 の出力値である差分 ΔP を時間積分することにより角周波数偏差 $\Delta \omega$ を出力する。これにより、電力変換器 20 の制御において同期発電機が有する制動力が模擬される。積分器 112 の“M”は、同期発電機の慣性定数である。角周波数偏差 $\Delta \omega$ は、仮想同期発電機における回転子の角周波数と基準角周波数 ω_0 との差分に相当する。基準角周波数 ω_0 は、電力系統 30 における電力の基準周波数（例えば、50 Hz または 60 Hz）の角周波数である。

[0047] 加算器 113 は、角周波数偏差 $\Delta \omega$ と基準角周波数 ω_0 とを加算して角周波数 ω ($= \Delta \omega + \omega_0$) を出力する。積分器 114 は、角周波数 ω を時間積分することにより位相 θ を算出する。電圧指令生成部 115 は、振幅 V_{ref} と位相 θ に基づく電圧指令値 $V1^*$ を生成する。

[0048] 事故検出部 120 は、角周波数偏差 $\Delta \omega$ に基づいて、電力系統 30 の事故を検出する。例えば、事故検出部 120 は、角周波数偏差 $\Delta \omega$ が整定値以上である場合には電力系統 30 に事故が発生したと判断し（すなわち、系統事故を検出し）、角周波数偏差 $\Delta \omega$ が整定値未満である場合には電力系統 30 に事故が発生していないと判断する。事故検出部 120 は、検出結果に応じた信号 Tr を出力する。例えば、信号 Tr の値は、系統事故が検出された場合には“1”を示し、系統事故が検出されていない場合には“0”を示す。

[0049] ただし、上記検出方式は一例であり、その他の公知の検出方式であってもよい。例えば、事故検出部 120 は、有効電力指令値 P_{ref} と有効電力 P との差分、あるいは発電機模擬部 110 内の他の信号に基づいて電力系統 3

0の事故を検出してもよい。また、事故検出部120は、連系点32における交流電圧 V_{sys} の周波数変動結果に基づいて、電力系統30の事故を検出してもよい。

[0050] 設定部130は、電流リミッタ142のリミット値を設定する。具体的には、設定部130は、選択器131と、電流演算部132と、減算器133とを含む。

[0051] 選択器131は、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号 T_r の値が“0”の場合）には“ P_{mar} ”を電流演算部132に出力し、系統事故が検出された場合（すなわち、信号 T_r の値が“1”の場合）には“0”を電流演算部132に出力する。 P_{mar} は、電力変換器20から電力系統30に出力される有効電力のマージン（以下、「電力マージン」とも称する。）を示す。電力マージン P_{mar} は、系統運用者により予め定められる値である。

[0052] 電流演算部132は、系統事故が検出されていない場合、電力マージン P_{mar} の有効電力出力に必要な電流マージン I_{mar} を算出する。ここで、電力変換器20の電流容量の上限値（すなわち、正極性の上限値）を“電流容量 I_{ca} ”と記載する。減算器133は、電力変換器20の電流容量 I_{ca} （ただし、 $I_{ca} > 0$ ）から電流マージン I_{mar} を減算した減算値（すなわち、 $I_{ca} - I_{mar}$ ）を電流リミッタ142のリミット値の上限値を示す上限リミット値 I_{max} に設定する。

[0053] 一方、電流演算部132は、系統事故が検出された場合、“0”を減算器133に出力する。減算器133は、電力変換器20の電流容量 I_{ca} を電流リミッタ142の上限リミット値 I_{max} に設定する。

[0054] なお、直流回路40としての再生可能エネルギー電源は有効電力を吸収できないため、設定部130は、電流リミッタ142のリミット値の下限値を示す下限リミット値 I_{min} をゼロに設定する。

[0055] 上記のように、設定部130は、電力系統30において事故が検出されていない場合、電流容量の上限値（すなわち、 I_{ca} ）から電流マージン I_m

a_r を減算した値を上限リミット値 I_{max} として設定し、下限リミット値 I_{min} を“0”に設定する。この場合、電流容量 I_{ca} よりも上限リミット値 I_{max} が小さいため、電流容量に従う電流範囲 R_1 よりもリミット値に従う電流範囲 R_2 の方が小さくなる。

[0056] また、設定部130は、電力系統30において事故が検出された場合、上限リミット値 I_{max} を“ I_{ca} ”に設定し、下限リミット値 I_{min} を“0”に設定する。この場合、この場合、電流容量 I_{ca} と上限リミット値 I_{max} とが同一となる。

[0057] 図6は、事故検出部および設定部の処理の一例を示すフローチャートである。図6を参照して、事故検出部120は、電力系統30において事故が検出されたか否かを判断する（ステップS10）。事故が検出された場合（ステップS10においてYES）、設定部130は、電力変換器20の電流容量 I_{ca} を上限リミット値 I_{max} として設定する（ステップS12）。この場合、電力マージン P_{mar} は考慮されない。一方、事故が検出されていない場合（ステップS10においてNO）、設定部130は、電流容量 I_{ca} に電力マージン P_{mar} を反映した値（すなわち、 $I_{ca} - I_{mar}$ ）を上限リミット値 I_{max} として設定する（ステップS14）。

[0058] 再び、図4を参照して、電流指令生成部140は、発電機模擬部110により生成された電圧指令値 V_1^* に基づいて、電力変換器20の電流指令値 I_1^* を生成する。ここで、連系点32における交流電圧 V_{sys} と、電力変換器20の出力電圧 V_i と、電力変換器20の出力電流 I と、変圧器34の漏れリアクタンス X との関係は、以下の式（1）で表わされる。

[0059]
$$I = (V_{sys} - V_i) / X \quad \dots (1)$$

したがって、電流指令値 I_1^* は式（1）を用いて、“ $(V_{sys} - V_1^*) / X$ ”と算出される。

[0060] 電流リミッタ142は、電流指令値 I_1^* を電流範囲 R_2 内に制限して電流指令値 I_2^* を生成する。具体的には、電流リミッタ142は、電流指令値 I_1^* を下限リミット値 I_{min} 以上かつ上限リミット値 I_{max} 以下に

制限した値を電流指令値 I_2^* として出力する。例えば、系統事故が検出されていない場合（すなわち、下限リミット値 I_{min} が“0”、上限リミット値 I_{max} が“ $I_{ca} - I_{mar}$ ”に設定されている場合）、電流指令値 I_2^* は0以上かつ“ $I_{ca} - I_{mar}$ ”以下に制限される。

[0061] 電圧指令生成部144は、電流指令値 I_2^* に基づいて電力変換器20の電圧指令値 V_2^* を生成する。具体的には、電圧指令生成部144は、式(1)を用いて、電流指令値 I_2^* を変換することにより電圧指令値 V_2^* （具体的には、 $V_2^* = V_{sys} - (X \times I_2^*)$ ）を生成する。なお、電圧指令値 V_2^* は、図1の指令生成部100から出力される位相 θ および振幅 V を有する電圧指令値に対応する。そのため、図1の信号生成部200は、指令生成部100により生成された電圧指令値 V_2^* に基づいて、電力変換器20に対する制御信号を生成し、電力変換器20に出力する。

[0062] 上記の指令生成部100の構成によると、電力変換器20から出力される有効電力の時間変化は図7のように示される。

[0063] 図7は、実施の形態1に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。図7の横軸は時間であり、縦軸は電力変換器20の出力有効電力である。電力変換器20から電力系統30に有効電力が出力される方向を正方向とし、電力系統30から電力変換器20に有効電力が吸収される方向を負方向とする。

[0064] 図7を参照して、電力変換器20は、電力系統30の事故発生前においては、通常時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“ $I_{ca} - I_{mar}$ ”に対応する有効電力）を出力している。

[0065] 系統事故が発生（例えば、電力系統30内の発電機が脱落）して系統周波数が低下した場合、電力変換器20は、系統周波数を増大させるために電力系統30に対して出力する有効電力を P_{mar} だけ増大して、事故時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流“ I_{ca} ”に対応する有効電力）を出力する。これにより、電力系統30に対して擬似慣性力を付与することができ、系統周波数の安定化を実現できる。

[0066] 一方、系統事故が発生（例えば、電力系統 30 内の負荷が脱落）して系統周波数が増大した場合、電力変換器 20 は、系統周波数を低下させるために電力系統 30 に対する有効電力を低減して、下限値の有効電力（すなわち、電流“0”に対応する有効電力）を出力する。すなわち、電力変換器 20 は、有効電力出力をゼロとする。これにより、電力変換器 20 の有効電力出力の下限値も適切に制御される。

[0067] <変形例>

上述した実施の形態 1 では、直流回路 40 が再生可能エネルギー電源で構成されている例について説明したが、実施の形態 1 の変形例では、直流回路 40 が、電力変換器 20 との間で電力の授受が可能な電源（例えば、蓄電要素）で構成されている例について説明する。蓄電要素は、有効電力の供給および吸収が可能な点で、再生可能エネルギー電源と異なる。例えば、蓄電要素は、例えば、電気二重層コンデンサ、あるいはリチウムイオン電池等の蓄電池を含む蓄電装置である。

[0068] なお、以下の説明では、直流回路 40 が蓄電要素である場合について説明するが、直流回路 40 は、例えば、直流送電網等を含む直流電力系統、または他の電力変換装置の直流端子であってもよい。後者の場合、2 台の電力変換器を連結することによって定格周波数などが異なる交流電力系統間を接続するための B T B（Back To Back）システムが構成される。

[0069] 図 8 は、実施の形態 1 の変形例に従う設定部の構成の一例を説明するための図である。図 8 を参照して、設定部 130 A は、図 4 の設定部 130 に極性反転部 134 を追加した構成を有する。

[0070] 系統事故が検出されていない場合、減算器 133 は、電力変換器 20 の電流容量 I_{ca} （ただし、 $I_{ca} > 0$ ）から電流マージン I_{mar} を減算した減算値（すなわち、 $I_{ca} - I_{mar}$ ）を電流リミッタ 142 の上限リミット値 I_{max} に設定する。また、減算器 133 は、当該減算値を極性反転部 134 に出力する。極性反転部 134 は、当該減算値の極性を反転した値（すなわち、 $-I_{ca} + I_{mar}$ ）を電流リミッタ 142 の下限リミット値 I

minに設定する。

[0071] 系統事故が検出された場合、減算器133は、電力変換器20の電流容量Icaを電流リミッタ142の上限リミット値Imaxに設定する。また、減算器133は、電流容量Icaを極性反転部134に出力する。極性反転部134は、電流容量Icaの極性を反転した値（すなわち、 $-Ica$ ）を電流リミッタ142の下限リミット値iminに設定する。

[0072] 上記より、設定部130Aは、系統事故が検出されていない場合、電流容量の上限値（すなわち、Ica）から電流マージンImarを減算した値を上限リミット値Imaxとして設定し、電流容量の下限値（すなわち、 $-Ica$ ）に電流マージンImarを加算した値を下限リミット値iminとして設定する。

[0073] 一方、設定部130Aは、系統事故が検出された場合、電流容量の上限値（すなわち、Ica）を上限リミット値Imaxとして設定し、電流容量の下限値（すなわち、 $-Ica$ ）を下限リミット値iminとして設定する。

[0074] 図9は、実施の形態1の変形例に従う設定部の構成の他の例を説明するための図である。図9を参照して、設定部130Bは、図4の設定部130に、選択器135、電流演算部136、減算器137および極性反転部138を追加した構成を有する。

[0075] 電流リミッタ142の上限リミット値Imaxの設定方式は、図4または図8で説明したものと同様である。

[0076] 選択器135は、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号Trの値が“0”の場合）には“Pmar2”を電流演算部132に出力し、系統事故が検出された場合（すなわち、信号Trの値が“1”の場合）には“0”を電流演算部132に出力する。Pmar2は、電力変換器20から直流回路40に出力される（例えば、蓄電要素に吸収される）有効電力のマージンを示す。電力マージンPmar2は、系統運用者により予め定められる値である。典型的には、電力マージンPmar2は、電力変換器20から電力系統30に出力される有効電力の電力マージンPmarとは異なる値であ

る。

[0077] 電流演算部136は、系統事故が検出されていない場合、電力マージン P_{mar2} の有効電力出力に必要な電流マージン I_{mar2} を算出する。減算器137は、電力変換器20の電流容量 I_{ca} から電流マージン I_{mar2} を減算した減算値（すなわち、 $I_{ca} - I_{mar2}$ ）を極性反転部138に出力する。極性反転部138は、当該減算値の極性を反転した値（すなわち、 $-I_{ca} + I_{mar2}$ ）を電流リミッタ142の下限リミット値 I_{min} に設定する。

[0078] 一方、電流演算部136は、系統事故が検出された場合、“0”を減算器137に出力する。減算器137は、電流容量 I_{ca} を極性反転部138に出力する。極性反転部138は、電流容量 I_{ca} の極性を反転した値（すなわち、 $-I_{ca}$ ）を電流リミッタ142の下限リミット値 I_{min} に設定する。

[0079] 上記より、設定部130Bは、系統事故が検出されていない場合、電流容量の上限値（すなわち、 I_{ca} ）から電流マージン I_{mar} を減算した値を上限リミット値 I_{max} として設定し、電流容量の下限値（すなわち、 $-I_{ca}$ ）に電流マージン I_{mar2} を加算した値を下限リミット値 I_{min} として設定する。

[0080] 一方、設定部130Bは、系統事故が検出された場合、電流容量の上限値（すなわち、 I_{ca} ）を上限リミット値 I_{max} として設定し、電流容量の下限値（すなわち、 $-I_{ca}$ ）を下限リミット値 I_{min} として設定する。

[0081] 上記のように、系統事故が検出されていない場合、設定部130A、130Bの設定方式によると、上限リミット値 I_{max} が電流容量の上限値（すなわち、 I_{ca} ）よりも小さく、下限リミット値 I_{min} が電流容量の下限値（すなわち、 $-I_{ca}$ ）よりも大きい。したがって、電力変換器20の電流容量に従う電流範囲R1よりもリミット値（すなわち、上限リミット値 I_{max} および下限リミット値 I_{min} ）に従う電流範囲R2の方が小さくなる。

[0082] 上記の変形例の構成によると、電力変換器 20 から出力される有効電力の時間変化は図 10 または図 11 のように示される。

[0083] 図 10 は、実施の形態 1 の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の一例を示す図である。図 10 の横軸は時間であり、縦軸は電力変換器 20 の出力有効電力である。電力変換器 20 から電力系統 30 に有効電力が出力される方向を正方向とし、電力系統 30 から電力変換器 20 に有効電力が吸収される方向を負方向とする。これは、以下の図 11 でも同様である。図 10 の例では、電力変換器 20 は、通常運転時に有効電力を電力系統 30 へ送電している。

[0084] 図 10 を参照して、電力変換器 20 は、電力系統 30 の事故発生前においては、通常時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流 “ $I_{ca} - I_{mar}$ ” に対応する有効電力）を出力している。

[0085] 系統事故が発生して系統周波数が低下した場合、電力変換器 20 は、系統周波数を増大させるために電力系統 30 に対して出力する有効電力を増大して、事故時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流 “ I_{ca} ” に対応する有効電力）を出力する。一方、系統事故が発生して系統周波数が増大した場合、電力変換器 20 は、系統周波数を低下させるために電力系統 30 に対する有効電力を低減し、事故時の下限値に対応する有効電力（すなわち、電流 “ $-I_{ca}$ ” に対応する有効電力）を蓄電要素に吸収させる。

[0086] 図 11 は、実施の形態 1 の変形例に従う電力変換器から出力される有効電力の時間変化の他の例を示す図である。図 11 の例では、電力変換器 20 は、通常運転時に有効電力を電力系統 30 から受電している。

[0087] 図 11 を参照して、電力変換器 20 は、電力系統 30 の事故発生前においては、通常時の下限値に対応する有効電力（すなわち、電流 “ $-I_{ca} + I_{mar}$ ” に対応する有効電力）を吸収している。

[0088] 系統事故が発生して系統周波数が低下した場合、電力変換器 20 は、系統周波数を増大させるために電力系統 30 に対して出力する有効電力を増大して、事故時の上限値に対応する有効電力（すなわち、電流 “ I_{ca} ” に対応

する有効電力)を出力する。一方、系統事故が発生して系統周波数が増大した場合、電力変換器20は、系統周波数を低下させるために電力系統30からの有効電力(すなわち、電流“ $-I_{ca}$ ”に対応する有効電力)を蓄電要素に吸収させる。

[0089] 上記より、変形例によると、電力変換器20は、系統周波数が低下した場合には電力系統30に対して有効電力を出力し、系統周波数が増大した場合には電力系統30からの有効電力を吸収することにより、系統周波数の安定化を実現できる。

[0090] <利点>

実施の形態1によると、有効電力の出力のみが可能で吸収ができない電源(例えば、再生可能エネルギー電源)により直流回路40が構成される場合、電力変換装置50の通常運転時には電力系統30に有効電力を融通しつつ、電力系統30の事故時等で慣性力が要求される際には適切な有効電力を出力することで擬似的な慣性力を付与できる。

[0091] また、有効電力の出力および吸収の双方が可能な電源(例えば、蓄電要素、直流送電系統、他の電力変換器の直流端子等)により直流回路40が構成される場合、通常運転時に有効電力を電力系統30へ送電する運転をしている場合と、有効電力を電力系統30から受電する運転をしている場合のいずれにおいても、慣性力付与のための有効電力マージンを確保できる。これにより、電力変換装置50の通常運転時には電力系統30に有効電力を融通しつつ、電力系統30の事故時等で慣性力が要求される際には適切な有効電力を出力または吸収することで擬似的な慣性力を付与できる。

[0092] 実施の形態2.

実施の形態1では、電流リミッタ142のリミット値を適切に設定することにより、有効電力マージンを確保する構成について説明した。実施の形態2では、発電機模擬部が、有効電力マージンを反映させた電圧指令値 $V1^*$ を出力する構成について説明する。

[0093] 図12は、実施の形態2に従う指令生成部の構成例を示すブロック図であ

る。図12を参照して、指令生成部100Aは、発電機模擬部110Aと、事故検出部120と、電流指令生成部140と、電流リミッタ142と、電圧指令生成部144と、座標変換部150と、交流電力算出部152と、電圧振幅生成部160とを含む。図4と同様の構成についてはその詳細な説明は繰り返さない。なお、図12では、直流回路40が再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

[0094] 発電機模擬部110Aは、減算器111と、積分器112と、加算器113と、積分器114Aと、電圧指令生成部115と、位相演算部116と、リミット設定部117とを含む。減算器111、積分器112および加算器113の機能構成は、図4の構成と同様である。

[0095] 位相演算部116は、有効電力のマージン（例えば、 P_{mar} ）を考慮した有効電力 P_{marS} に基づいて位相 θ_{marS} を生成する。例えば、有効電力 P_{marS} は、有効電力上限値（例えば、 P_{ref} ）から電力マージン P_{mar} を減算した値である。ここで、有効電力 P_{marS} と、交流電圧 V_{sys} と、電力変換器20の出力電圧 V_i と、位相 θ_{marS} と、変圧器34の漏れリアクタンス X との関係は、以下の式（2）で表わされる。

$$[0096] \quad P_{marS} = \{V_{sys} \times V_i \times \sin(\theta_{marS})\} / X \quad \cdots (2)$$

したがって、位相 θ_{marS} は式（2）を用いて算出される。

[0097] 系統事故が検出された場合（すなわち、信号 Tr の値が“1”の場合）には、リミット設定部117は、積分器114Aの上限リミット値を $+\infty$ に設定し、下限リミット値を $-\infty$ に設定する。すなわち、リミット設定部117は、積分器114Aの出力値を制限しない。

[0098] 一方、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号 Tr の値が“0”の場合）には、リミット設定部117は、上限リミット値および下限リミット値の両方を位相 θ_{marS} に設定する。すなわち、リミット設定部117は、積分器114Aの出力値を“ θ_{marS} ”に制限する。

[0099] リミット設定部117により上限リミット値および下限リミット値が制限されていない場合（すなわち、系統事故が検出された場合）には、積分器1

14Aは、角周波数 ω を時間積分した値を位相 θ として出力する。一方、リミット設定部117により上限リミット値および下限リミット値が“ θ_{max} ”に制限されている場合（すなわち、系統事故が検出されていない場合）には、積分器114Aは、上記時間積分の結果によらず、“ θ_{max} ”を位相 θ として出力する。

[0100] 電圧指令生成部115は、振幅 V_{ref} と位相 θ に基づく電圧指令値 V_1^* を生成する。具体的には、系統事故が検出されていない場合には、電圧指令生成部115は、有効電力 P_{max} に基づいて算出される位相 θ_{max} を電圧指令値 V_1^* の位相 θ として設定する。系統事故が検出された場合には、電圧指令生成部115は、角周波数 ω を時間積分した値を電圧指令値 V_1^* の位相 θ として設定する。

[0101] 電流指令生成部140、電流リミッタ142および電圧指令生成部144の機能構成は、図4で説明したものと同様である。ただし、電流リミッタ142の上限リミット値 I_{max} は電流容量 I_{ca} に固定され、下限リミット値 I_{min} はゼロに固定されている。

[0102] 図13は、実施の形態2の変形例に従う指令生成部の構成例を示すブロック図である。図13を参照して、指令生成部100Bは、指令生成部100Aの発電機模擬部110Aを発電機模擬部110Bに置き換えた構成に相当する。図12と同様の構成についてはその詳細な説明は繰り返さない。なお、図13では、直流回路40が再生可能エネルギー電源で構成されているものとする。

[0103] 発電機模擬部110Bは、減算器111A、111Bと、積分器112と、加算器113と、積分器114と、電圧指令生成部115と、選択器118とを含む。積分器112、加算器113、積分器114および電圧指令生成部115の機能構成は、図4で説明した当該機能構成と同様である。

[0104] 選択器118は、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号 T_r の値が“0”の場合）には“ P_{max} ”を減算器111Aに出力し、電力系統30において事故が検出された場合（すなわち、信号 T_r の値が“1”の

場合)には“0”を減算器111Aに出力する。

[0105] 減算器111Aは、系統事故が検出されていない場合（すなわち、信号 T_r の値が“0”の場合）には有効電力指令値 P_{ref} と電力マージン P_{mar} との差分 ΔP_1 （すなわち、 $\Delta P_1 = P_{ref} - P_{mar}$ ）を減算器111Bに出力する。

[0106] 図14は、有効電力指令値と電力マージンとの関係を説明するための図である。図14を参照して、有効電力指令値 P_{ref} は、電力変換器20のハードウェア性能より定まる電流容量の正極性の上限値から規定される有効電力上限値に対応する。

[0107] 有効電力 P_{marS} は、通常時の有効電力の上限値に対応する。例えば、有効電力 P_{marS} は、実施の形態1で説明した電流“ $I_{ca} - I_{mar}$ ”に対応する有効電力に相当する。このことから、差分 ΔP_1 は、有効電力 P_{marS} に相当することが理解される。

[0108] 再び、図13を参照して、系統事故が検出されていない場合、減算器111Bは、有効電力 P_{marS} （すなわち、差分 ΔP_1 ）と有効電力 P との差分 ΔP_2 （すなわち、 $\Delta P_2 = P_{marS} - P$ ）を積分器112に出力する。積分器112は、差分 ΔP_2 を時間積分することにより角周波数偏差 $\Delta \omega$ を出力する。積分器114は、角周波数偏差 $\Delta \omega$ と基準角周波数 ω_0 との加算値である角周波数 ω を時間積分することにより位相 θ を算出する。電圧指令生成部115は、振幅 V_{ref} と位相 θ に基づく電圧指令値 V_1^* を生成する。このように、電圧指令生成部115は、有効電力 P_{marS} と有効電力 P との差分に基づいて算出される位相を電圧指令値 V_1^* の位相 θ として設定する。

[0109] なお、系統事故が検出された場合における位相 θ の生成方式は、図12で説明したものと同様である。

[0110] 上記のように、発電機模擬部110Aは、系統事故が検出されていない場合、電力変換器20の電流容量に基づいて算出される有効電力（例えば、有効電力指令値 P_{ref} ）よりも小さい有効電力（例えば、 P_{marS} ）に基

づいて、電圧指令値 V_1^* の位相を生成する。これにより、有効電力マージンが考慮された電圧指令値 V_1^* を出力することができる。

[0111] <利点>

実施の形態2によると実施の形態1と同様の利点を有する。

[0112] その他の実施の形態.

上述の実施の形態として例示した構成は、本開示の構成の一例であり、別の公知の技術と組み合わせることも可能であるし、本開示の要旨を逸脱しない範囲で、一部を省略する等、変更して構成することも可能である。また、上述した実施の形態において、他の実施の形態で説明した処理および構成を適宜採用して実施する場合であってもよい。

[0113] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の範囲は、上記した説明ではなく、請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0114] 10 制御装置、20 電力変換器、30 電力系統、32 連系点、34 変圧器、40 直流回路、50 電力変換装置、70 入力変換器、71 サンプルホールド回路、72 マルチプレクサ、73 A/D変換器、74 CPU、75 RAM、76 ROM、77 入出力インターフェイス、78 補助記憶装置、79 バス、91 電流検出器、93 電圧検出器、100, 100A, 100B 指令生成部、110, 110A, 110B 発電機模擬部、112, 114, 114A 積分器、115, 144 電圧指令生成部、116 位相演算部、117 リミット設定部、118, 131, 135 選択器、120 事故検出部、130, 130A, 130B 設定部、132, 136 電流演算部、134, 138 極性反転部、140 電流指令生成部、142 電流リミッタ、150, 165, 167 座標変換部、152 交流電力算出部、160 電圧振幅生成部、161 正相電圧算出部、164 電圧調整部、200 信号生成部、202 三

相電圧生成部、204 PWM制御部、1000 電力変換システム。

請求の範囲

- [請求項1] 直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、
前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、
前記制御装置は、
前記電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、前記電力変換器に対する第1電圧指令値を生成する発電機模擬部と、
前記発電機模擬部により生成された前記第1電圧指令値に基づいて、前記電力変換器の第1電流指令値を生成する電流指令生成部と、
前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記電力変換器の電流容量に従う第1電流範囲よりもリミット値に従う第2電流範囲が小さくなるように前記リミット値を設定する設定部と、
前記第1電流指令値を前記第2電流範囲内に制限して第2電流指令値を生成するリミッタと、
前記第2電流指令値に基づいて、第2電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、
前記第2電圧指令値に基づいて、前記電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含む、電力変換装置。
- [請求項2] 前記直流回路は、前記電力変換器との間で電力の授受が可能な電源を含み、
前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記設定部は、前記電流容量の上限値からマージンを減算した値を前記リミット値の上限値として設定し、前記電流容量の下限値に前記マージンを加算した値を前記リミット値の下限値として設定する、請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記直流回路は、前記電力変換器との間で電力の授受が可能な電源を含み、
前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記設定部は

、前記電流容量の上限値から第 1 マージンを減算した値を前記リミット値の上限値として設定し、前記電流容量の下限値に第 2 マージンを加算した値を前記リミット値の下限値として設定する、請求項 2 に記載の電力変換装置。

[請求項4] 前記電力系統において事故が検出された場合、前記設定部は、前記電流容量の上限値を前記リミット値の上限値として設定し、前記電流容量の下限値を前記リミット値の下限値として設定する、請求項 2 または請求項 3 に記載の電力変換装置。

[請求項5] 前記直流回路は、前記電力変換器に電力を供給する再生可能エネルギー電源を含み、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記設定部は、前記電流容量の上限値からマージンを減算した値を前記リミット値の上限値として設定し、前記リミット値の下限値をゼロに設定する、請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項6] 前記発電機模擬部は、前記交流電圧および前記交流電流に基づいて算出される有効電力と前記有効電力の目標値との差分を時間積分することにより第 1 角周波数を算出し、

前記制御装置は、前記第 1 角周波数に基づいて前記電力系統における事故を検出する事故検出部をさらに含む、請求項 1 ～請求項 5 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

[請求項7] 直流回路と電力系統との間で電力変換を行なう電力変換器と、
前記電力変換器を制御する制御装置とを備え、
前記制御装置は、

前記電力系統における交流電圧および交流電流に基づいて同期発電機の特性を模擬することにより、前記電力変換器に対する第 1 電圧指令値を生成する発電機模擬部と、

前記発電機模擬部により生成された前記第 1 電圧指令値に基づいて前記電力変換器の第 1 電流指令値を生成する電流指令生成部と、

前記第 1 電流指令値を前記電力変換器の電流容量に従う電流範囲内に制限して第 2 電流指令値を生成するリミッタと、

前記第 2 電流指令値に基づいて、第 2 電圧指令値を生成する電圧指令生成部と、

前記第 2 電圧指令値に基づいて、前記電力変換器に対する制御信号を生成する信号生成部とを含み、

前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記発電機模擬部は、前記電力変換器の電流容量に基づいて算出される第 1 有効電力よりも小さい第 2 有効電力に基づいて、前記第 1 電圧指令値の位相を生成する、電力変換装置。

[請求項8] 前記電力系統において事故が検出されていない場合、前記発電機模擬部は、前記第 2 有効電力に基づいて算出される位相を、前記第 1 電圧指令値の位相として設定する、請求項 7 に記載の電力変換装置。

[請求項9] 前記発電機模擬部は、前記電力系統において事故が検出されていない場合、

前記第 1 有効電力と規定有効電力との差分を前記第 2 有効電力として算出し、

前記交流電圧および前記交流電流に基づいて算出される有効電力と前記第 2 有効電力との差分を時間積分することにより第 1 角周波数を算出し、

前記第 1 角周波数を時間積分することにより第 1 位相を算出し、

前記第 1 位相を前記第 1 電圧指令値の位相として設定する、請求項 7 に記載の電力変換装置。

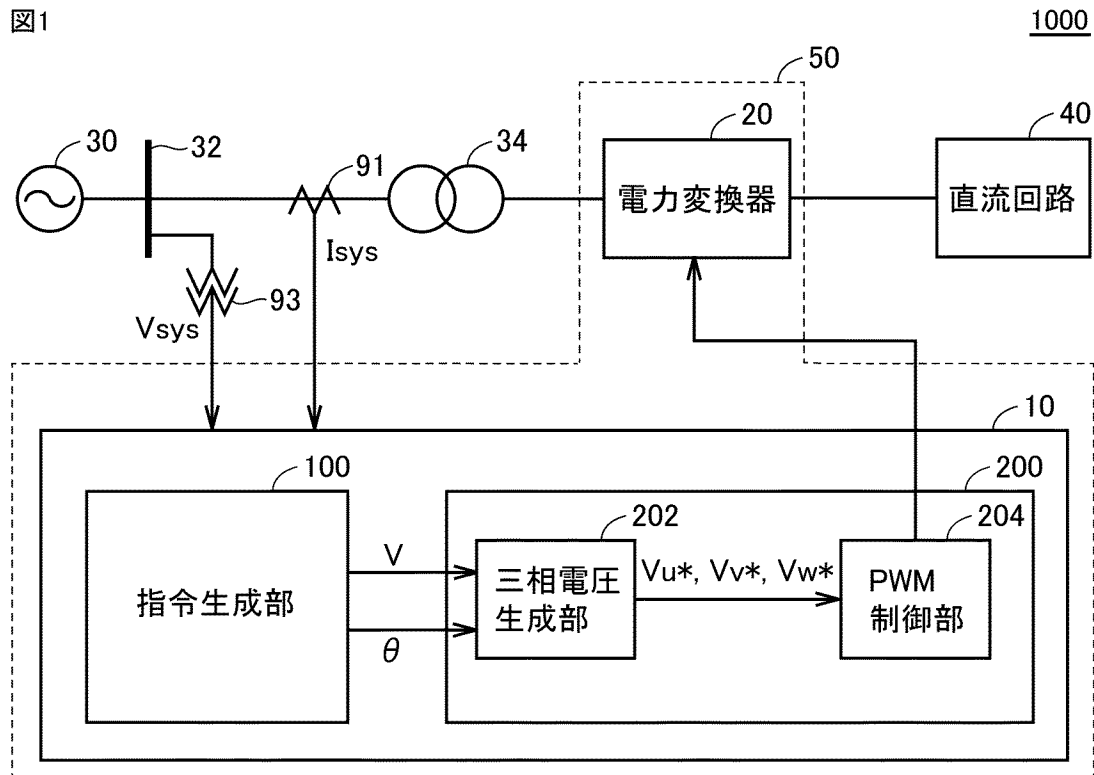
[請求項10] 前記発電機模擬部は、前記電力系統において事故が検出された場合、

前記交流電圧および前記交流電流に基づいて算出される有効電力と前記第 1 有効電力との差分を時間積分することにより第 2 角周波数を算出し、

前記第 2 角周波数を時間積分することにより第 2 位相を算出し、
前記第 2 位相を前記第 1 電圧指令値の位相として設定する、請求
項 7 ～請求項 9 のいずれか 1 項に記載の電力変換装置。

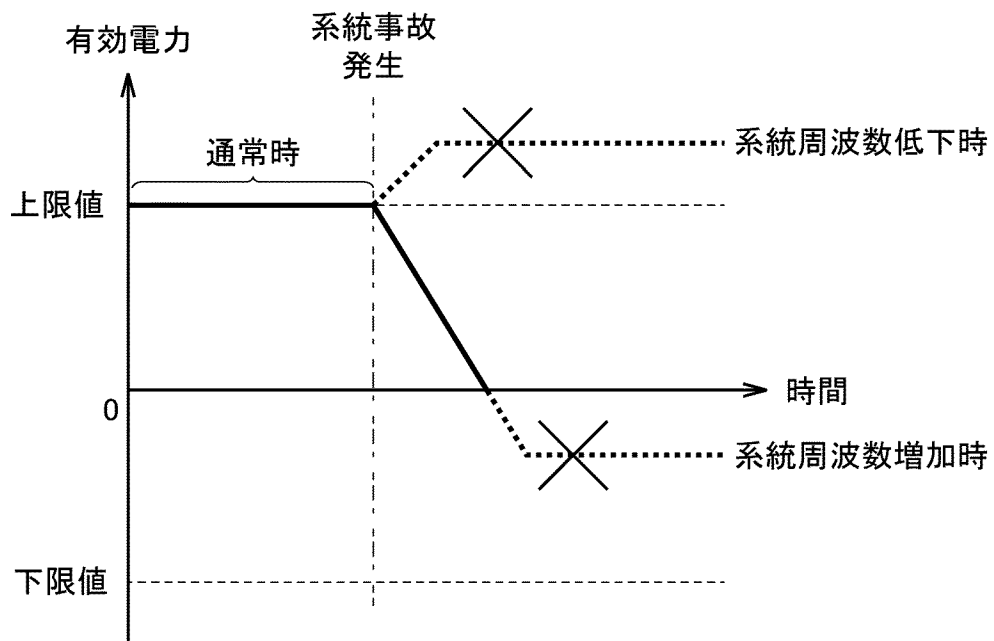
[図1]

図1



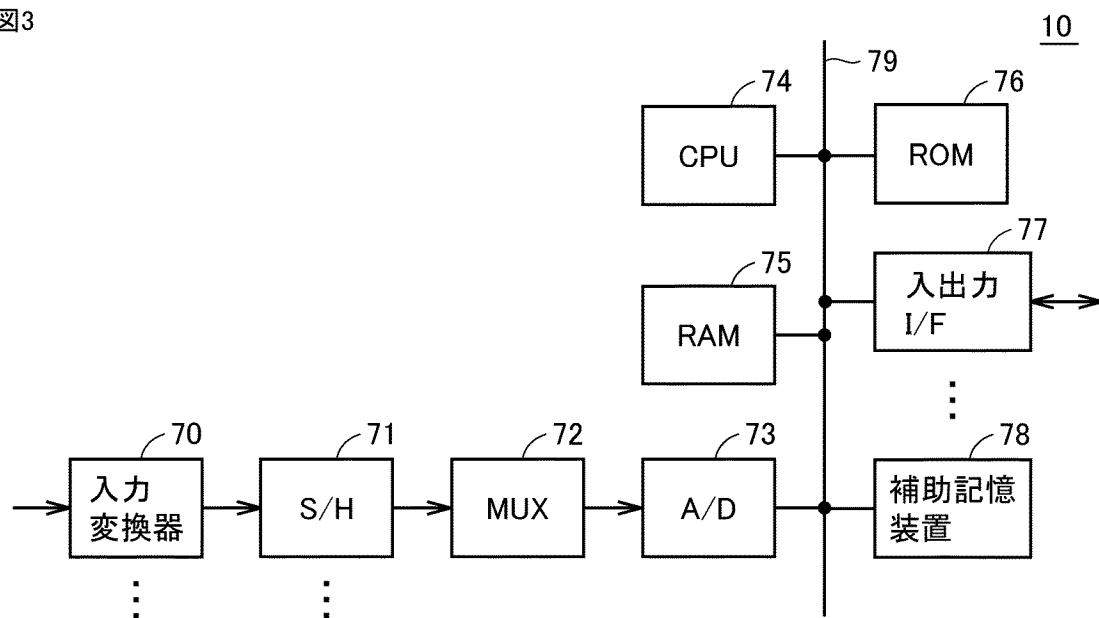
[図2]

図2



[図3]

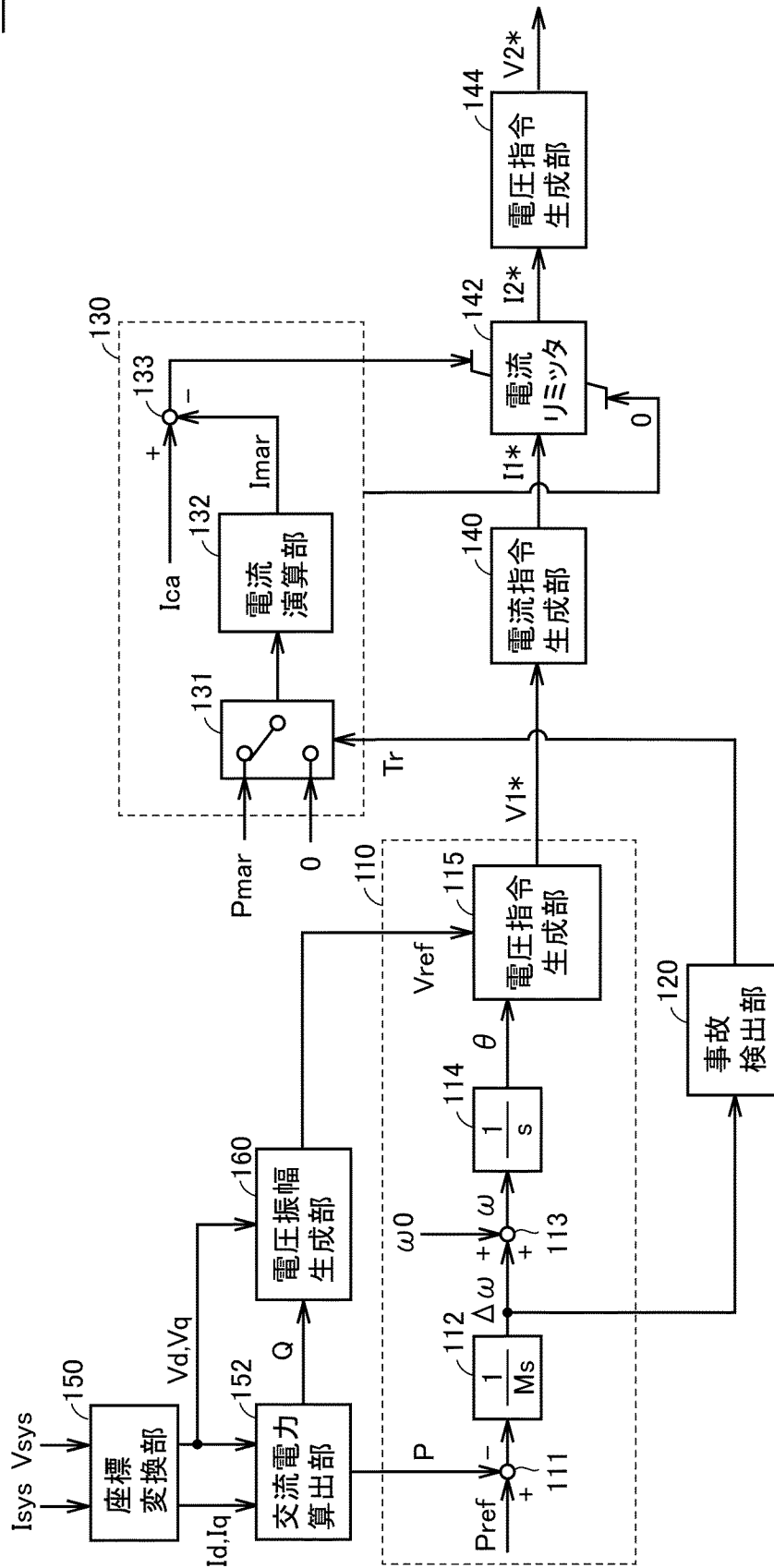
図3



[図4]

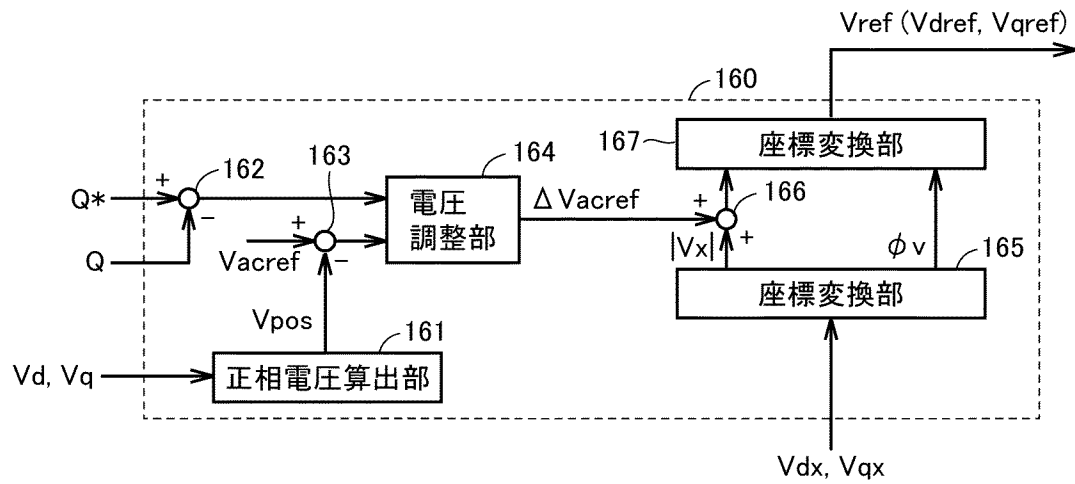
図4

100



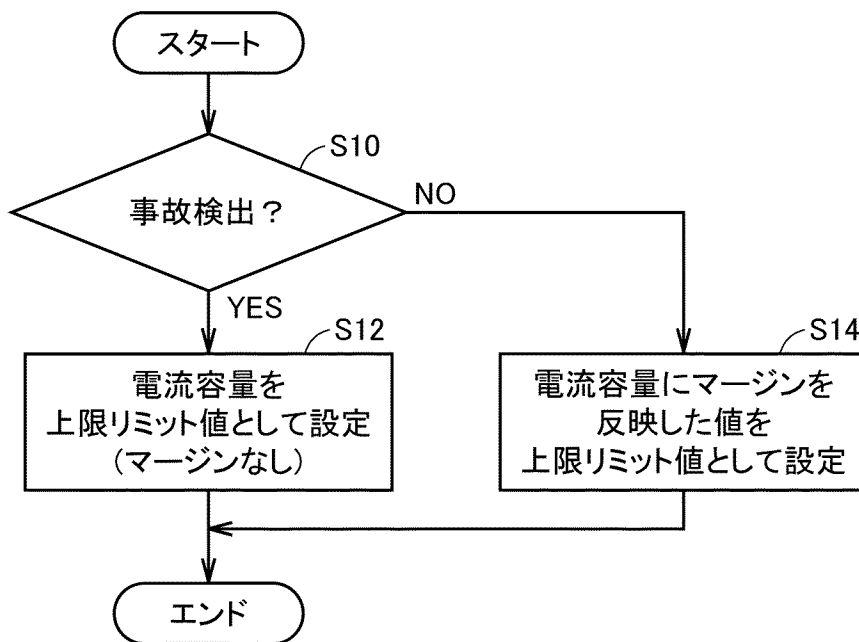
[図5]

図5



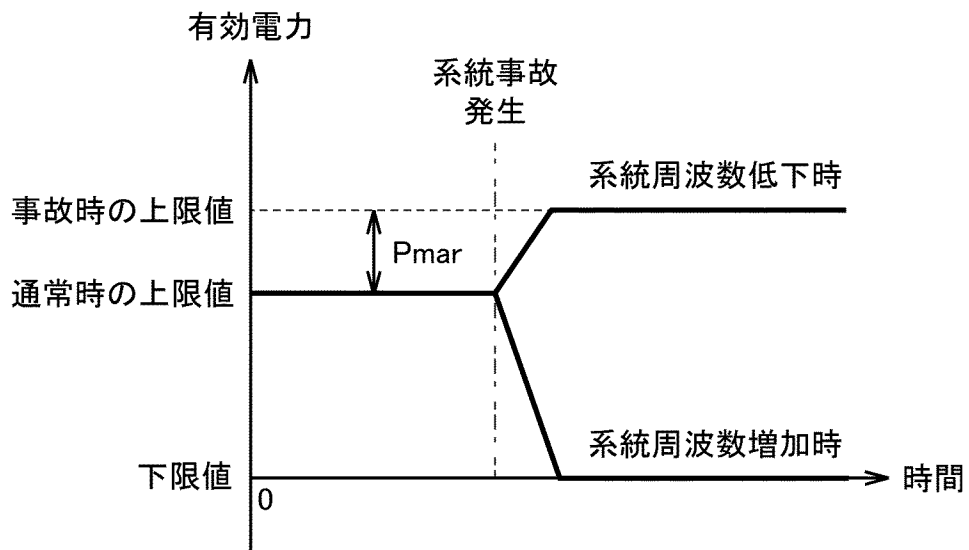
[図6]

図6



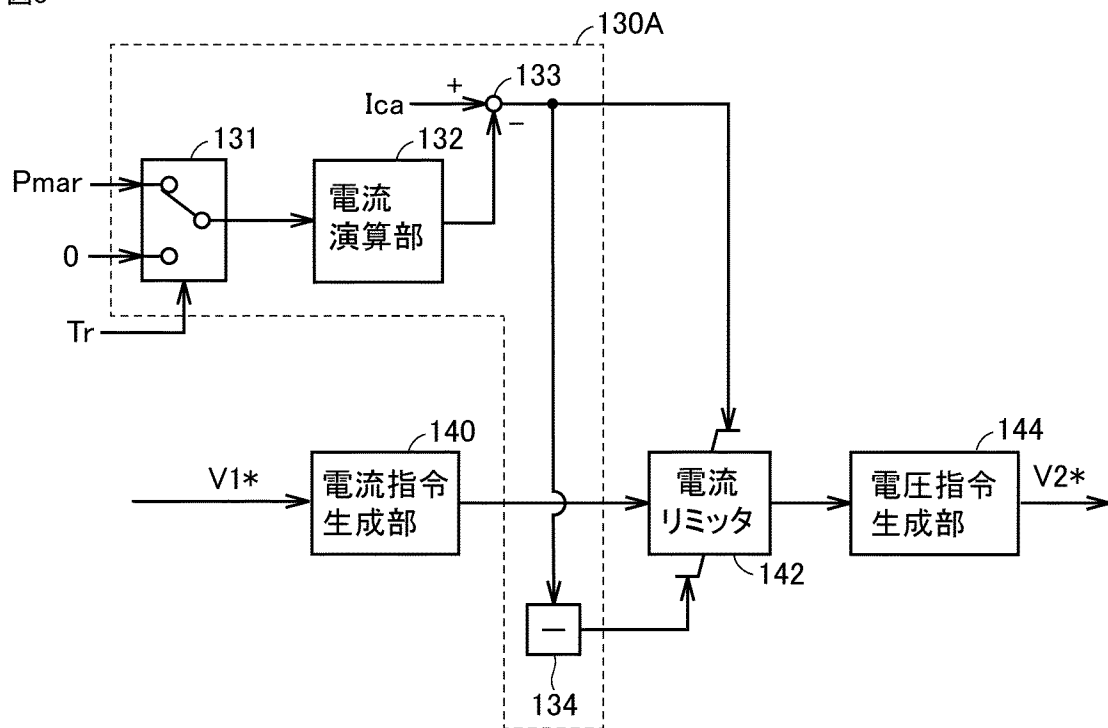
[図7]

図7



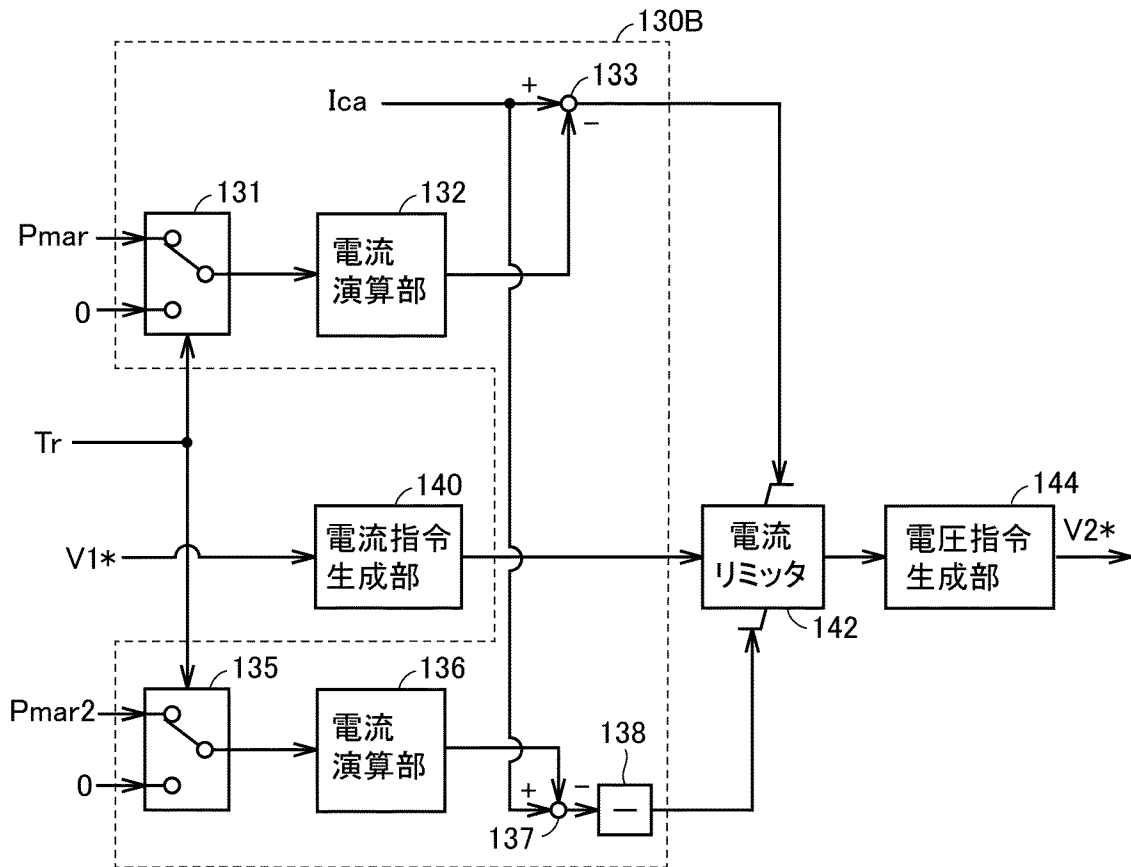
[図8]

図8



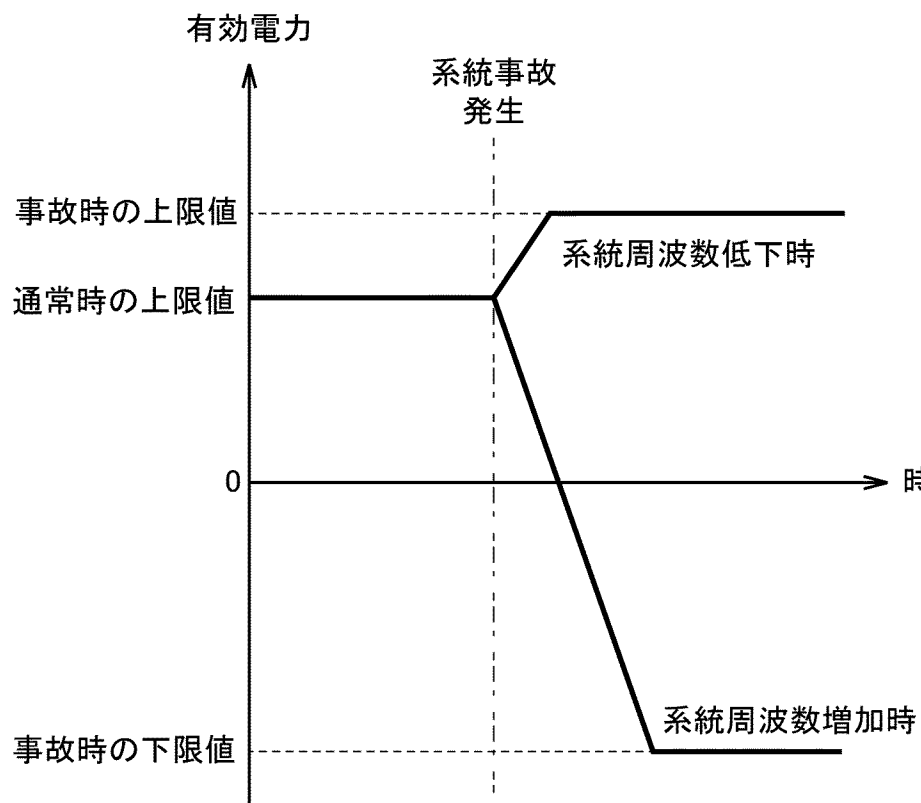
[図9]

図9



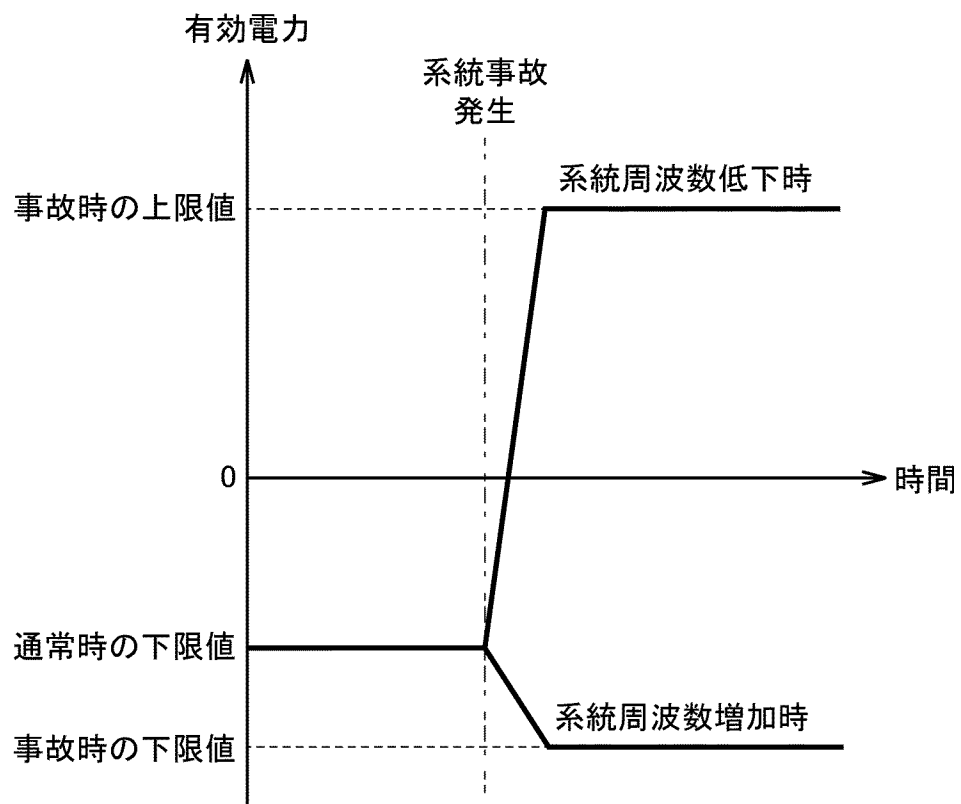
[図10]

図10



[図11]

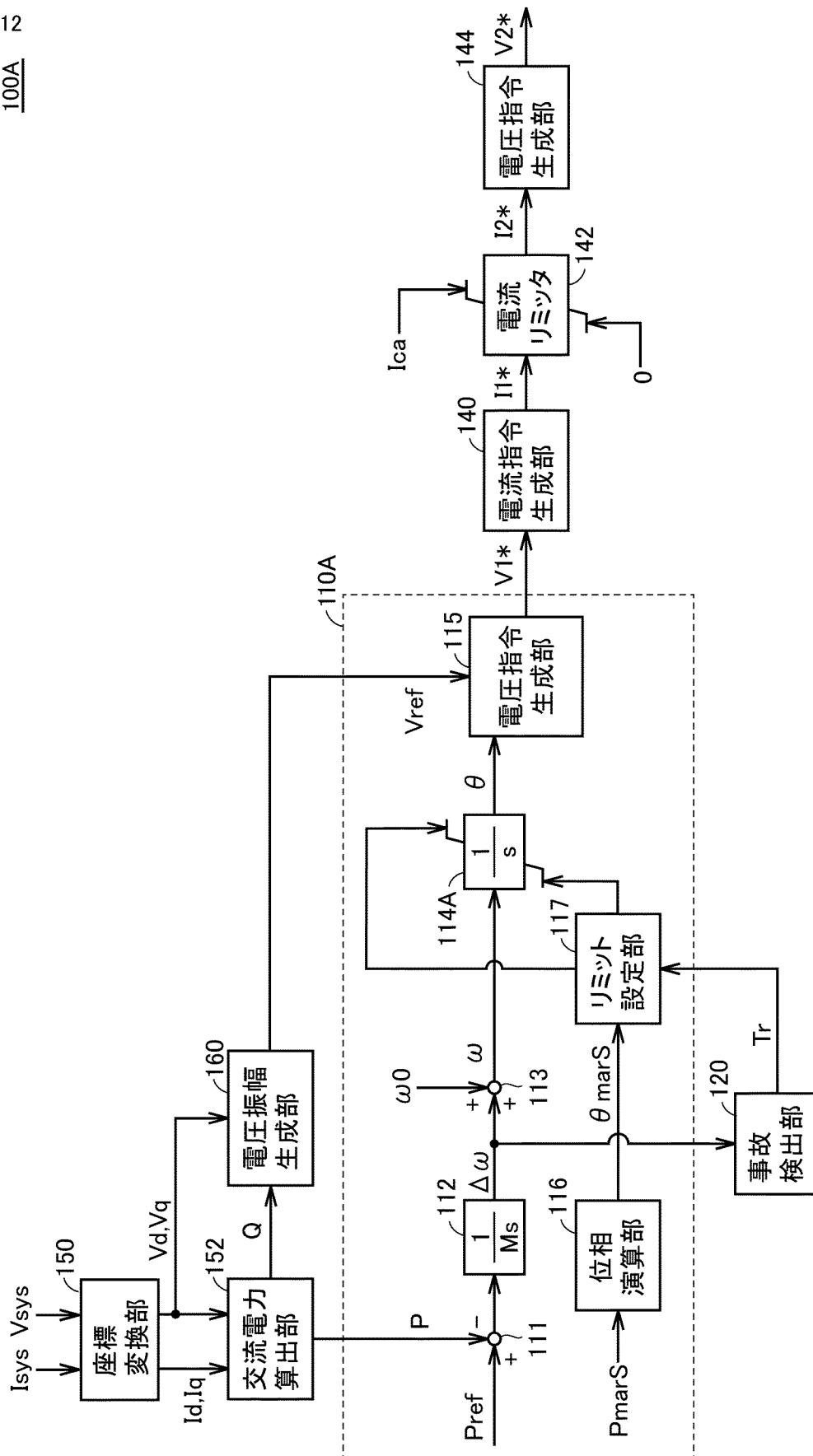
図11



[図12]

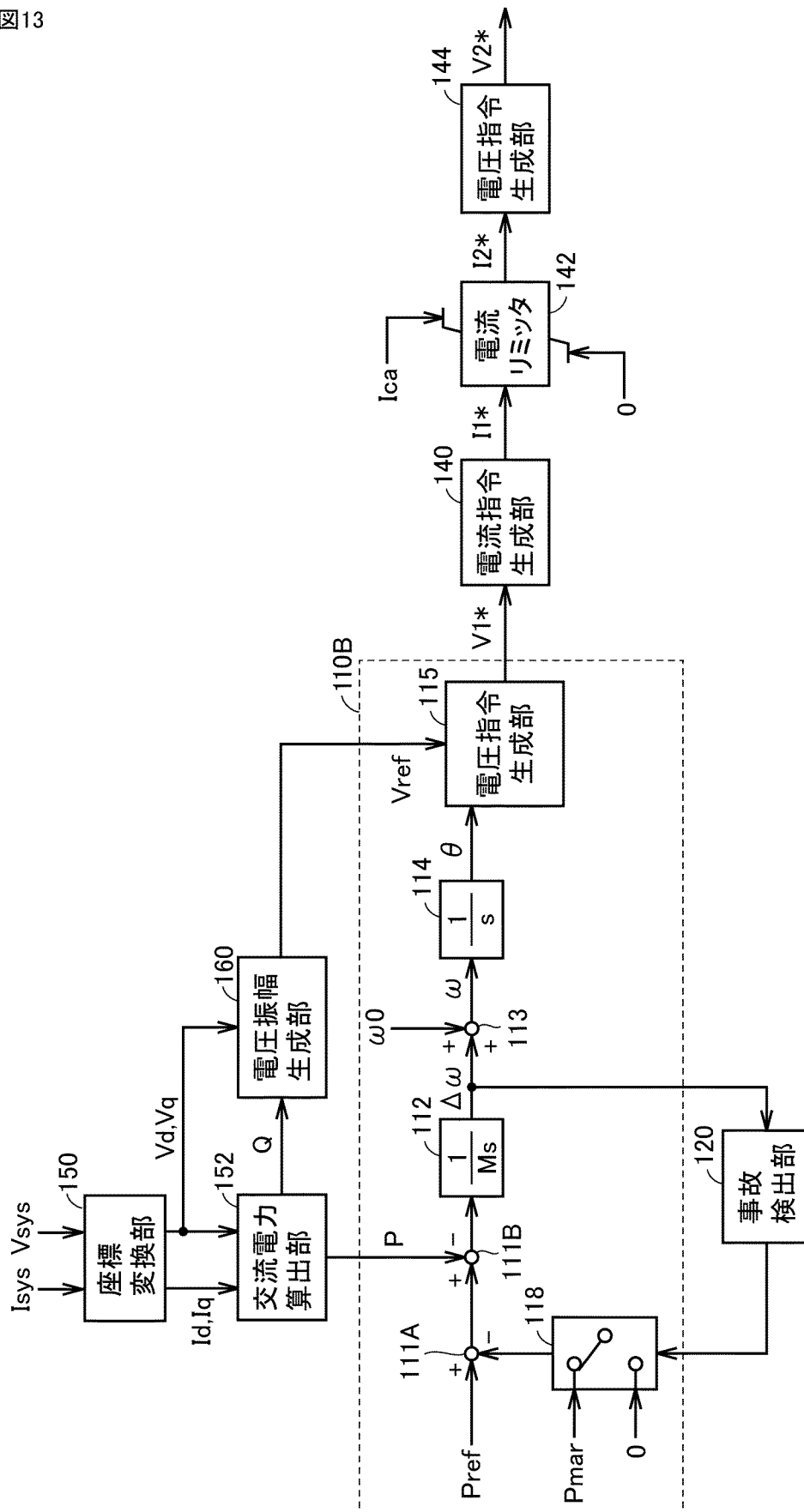
図12

100A



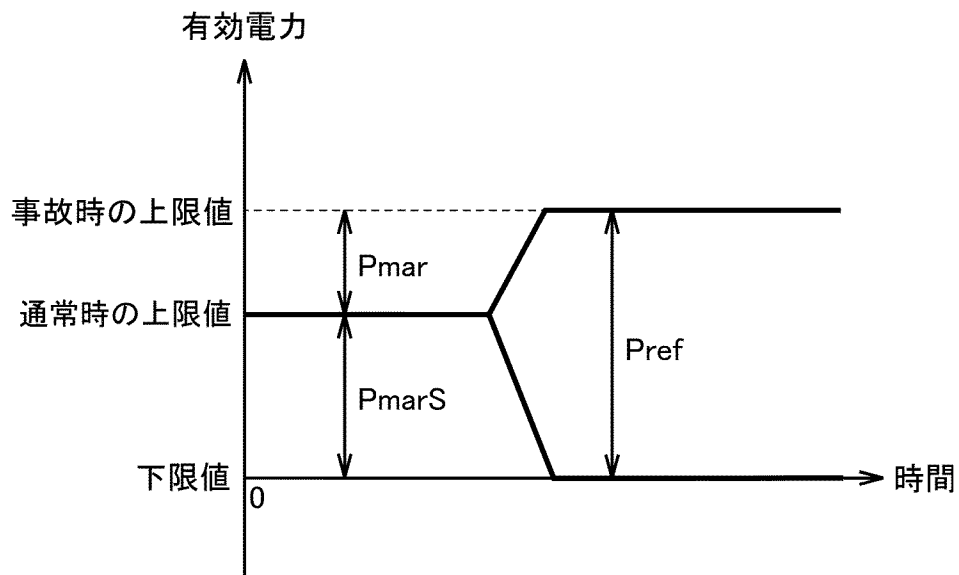
[図13]

図13



[図14]

図14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/030908

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H02J 3/24**(2006.01)i; **H02J 3/38**(2006.01)i

FI: H02J3/24; H02J3/38 110

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)

H02J3/24; 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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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 2019-176584 A (HITACHI, LTD.) 10 October 2019 (2019-10-10) paragraphs [0014]-[0032], fig. 1-2	1-10
A	JP 2023-63791 A (HITACHI, LTD.) 10 May 2023 (2023-05-10) paragraphs [0024]-[0054], fig. 1-4	1-10
A	JP 2020-188595 A (HITACHI, LTD.) 19 November 2020 (2020-11-19) paragraphs [0014]-[0041], fig. 1-3	1-10



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

31 October 2023

Date of mailing of the international search report

07 November 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/030908

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2019-176584	A	10 October 2019	EP 3780310 A1 paragraphs [0014]-[0032], fig. 1-2	
JP	2023-63791	A	10 May 2023	WO 2023/074321 A1 paragraphs [0024]-[0054], fig. 1-4	
JP	2020-188595	A	19 November 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02J 3/24(2006.01)i; H02J 3/38(2006.01)i FI: H02J3/24; H02J3/38 110		
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（IPC）） H02J3/24; 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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 2019-176584 A（株式会社日立製作所）10.10.2019（2019-10-10） [0014] - [0032], 図1-2	1-10
A	JP 2023-63791 A（株式会社日立製作所）10.05.2023（2023-05-10） [0024] - [0054], 図1-4	1-10
A	JP 2020-188595 A（株式会社日立製作所）19.11.2020（2020-11-19） [0014] - [0041], 図1-3	1-10
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “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抵触するものではなく、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 31.10.2023	国際調査報告の発送日 07.11.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 高野 誠治 5T 3567 電話番号 03-3581-1101 内線 3568	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/030908

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-176584	A	10.10.2019	EP 3780310 A1 [0014] - [0032], 図1-2	
JP	2023-63791	A	10.05.2023	W0 2023/074321 A1 [0024] - [0054], 図1-4	
JP	2020-188595	A	19.11.2020	(ファミリーなし)	