

(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
2021年11月25日(25.11.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/234923 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/12 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/020172

(22) 国際出願日: 2020年5月21日(21.05.2020)

(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: 伊藤 拓巳(ITO Takumi); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電

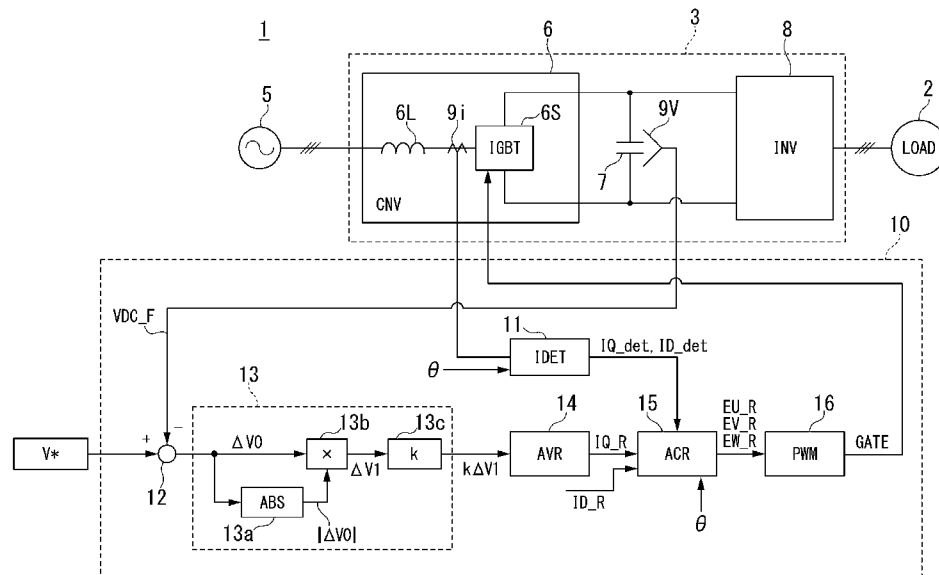
機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 鍋島 賢太郎(NABESHIMA Kentaro); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP). 中村 雅史(NAKAMURA Masashi); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) **Title:** ELECTRIC POWER CONVERSION DEVICE, ELECTRIC POWER CONVERSION CONTROL DEVICE, AND CONTROL METHOD

(54) 発明の名称: 電力変換装置、電力変換制御装置、及び制御方法



(57) **Abstract:** An electric power conversion device (1) is provided with a converter (6), an inverter (8), and a control unit (10). The converter (6) converts electric power supplied from a power source (5) to direct current power. The inverter (8) is provided on the output side of the converter (6). The control unit (10) uses a direct current voltage of a direct current section provided on the output side of the converter (6) as a feedback amount to calculate a control deviation between the feedback amount and a target amount for a control target voltage of the direct current section, performs non-linear

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, 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, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第19条(1))

computational processing on the control deviation, calculates an operation amount based on the results of the non-linear computational processing, and controls the converter (6) using the operation amount.

(57) 要約: 電力変換装置 (1) は、コンバータ (6) と、インバータ (8) と、制御部 (10) とを備える。コンバータ (6) は、電源 (5) 側から供給される電力を直流電力に変換する。インバータ (8) は、コンバータ (6) の出力側に設けられている。制御部 (10) は、コンバータ (6) の出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、制御偏差に対する非線形演算処理を行い、非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、操作量を用いてコンバータ (6) を制御する。

明 細 書

発明の名称： 電力変換装置、電力変換制御装置、及び制御方法
技術分野

[0001] 本発明は、電力変換装置、電力変換制御装置、及び制御方法に関する。

背景技術

[0002] 電力変換装置には、その主回路にコンバータとインバータとを備えるものがある。このような電力変換装置は、コンバータとインバータとの間に設けられた直流区間を介して中継される電力を変換する。この直流区間の電圧は、コンバータを制御することによって調整される。電力変換装置の運転中に、インバータの負荷が比較的大きく変動すると、これに影響されてこの直流区間の電圧が比較的大きく変動する場合があった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特公平7－9602号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] インバータの負荷の変動に起因して生じるコンバータの出力側の直流電圧変動を軽減させる電力変換装置、電力変換制御装置、及び制御方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 実施形態の電力変換装置は、コンバータと、インバータと、制御部とを備える。前記コンバータは、電源側から供給される電力を直流電力に変換する。前記インバータは、前記コンバータの出力側に設けられている。前記制御部は、前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて前記コ

ンバータを制御する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1の実施形態の電力変換装置の構成図。

[図2]第1の実施形態の電圧制御の解析結果を説明するための図。

[図3]第1の実施形態の電圧制御の解析結果を説明するための図。

[図4]第1の実施形態の電圧制御の解析結果を説明するための図。

[図5]第2の実施形態の電力変換装置の構成図。

[図6]第2の実施形態の非線形演算処理を説明するための図。

[図7]第2の実施形態の非線形演算処理を説明するための図。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、実施形態の電力変換装置、電力変換制御装置、及び制御方法を、図面を参照して説明する。なお、以下の説明では、同一又は類似の機能を有する構成に同一の符号を付す。そして、それらの構成の重複する説明は省略する場合がある。なお、電氣的に接続されることを、単に「接続される」ということがある。以下の説明に示す「直交する」とは、略直交する場合を含む。なお、「大きさが等しい」場合には、略等しい場合も含む。

[0008] (第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態の電力変換装置1の構成図である。

電力変換装置1は、例えば、負荷2（図中の記載はLOAD）に電力を供給する主回路3と、電圧センサ9Vと、電流センサ9iと、制御部10とを備える。主回路3の入力側には、電源5から3相交流電力が共有される。

[0009] 例えば、主回路3は、コンバータ6（図中の記載はCNV）と、コンデンサ7と、インバータ8（図中の記載はINV）と、を備える。

[0010] コンバータ6は、電源5側から供給される電力を直流電力に変換する。コンバータ6の出力側には直流区間が設けられている。コンバータ6の出力には、直流区間を介して平滑用のコンデンサ7と、インバータ8の入力とがそれぞれ並列に接続されている。コンデンサ7は、コンバータ6とインバータ8とは独立に設けられていてもよく、コンバータ6又はインバータ8の一部

であってもよく、これらの組み合わせであってもよい。インバータ 8 は、直流区間を介してコンバータ 6 から電力の供給を受ける。上記のように主回路 3 とは、直流区間を介して供給される電力を変換する。電圧センサ 9 V は、直流区間の電圧を検出する。電流センサ 9 i は、コンバータ 6 の入力に流れる電流を検出する。

[0011] 例えば、コンバータ 6 は、リアクトル 6 L と、I G B T 6 S と、を含む。リアクトル 6 L は、3 相交流の各相に対応付けて設けられている。リアクトル 6 L の一端は、コンバータ 6 の入力端子に接続され、コンバータ 6 の入力端子（不図示）を介して電源 5 に接続される。リアクトル 6 L の他端は、I G B T 6 S の制御端子に接続される。

[0012] I G B T 6 S は、1 以上の半導体スイッチを含み、制御端子に供給される制御信号によって半導体スイッチをオン／オフさせることにより、リアクトル 6 L を介して供給される交流電力を直流電力に変換する。

[0013] 制御部 1 0 は、非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、操作量を用いて前記コンバータ 6 を制御する。例えば、制御部 1 0 は、電圧センサ 9 V によって検出された直流区間の電圧（直流電圧）を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量 V^* と前記帰還量 V_{DC_F} との制御偏差を算出し、前記制御偏差に対する非線形演算処理を行う。

[0014] 制御部 1 0 のより具体的な構成例について説明する。

制御部 1 0 は、例えば、電流検出ユニット 1 1（図中の記載は I D E T）と、減算器 1 2 と、非線形演算ユニット 1 3 と、電圧制御部 1 4（図中の記載は A V R）と、電流制御部 1 5（図中の記載は A C R）と、PWM 制御部 1 6（図中の記載は P W M）とを備える。

[0015] 電流検出ユニット 1 1 は、電流センサ 9 i によって検出されたコンバータ 6 の入力電流の検出値と、基準位相 θ とに基づいて、電流検出値 I_{D_det} と I_{Q_det} とを算出する。例えば、電流検出ユニット 1 1 は、基準位相 θ を基準の位相に用いて前記コンバータ 6 の入力側の 3 相交流の 2 相以上の各相の電流の検出値に基づいて、U V W 相の静止座標系から D 軸と Q 軸と

を含む回転座標系に変換して、電流検出値 I_{D_det} と I_{Q_det} とを算出する。基準位相 θ は、コンバータ 6 に供給される交流の位相に同期する位相信号であり、例えば、図示されない位相検出器によって交流の位相に基づいて生成される。

[0016] 減算器 12 は、例えば上位装置から指定される直流区間の制御目標電圧に関する目標量 V^* から、電圧センサ 9 V によって検出された直流区間の電圧（直流電圧）から帰還量 V_{DC_F} を減算して、目標量 V^* と帰還量 V_{DC_F} との制御偏差 ΔV_0 を得る。

[0017] 非線形演算ユニット 13 は、目標量 V^* と帰還量 V_{DC_F} とに関する制御偏差 ΔV_0 を入力変数にして、所定の規則に従ってその制御偏差 ΔV_0 に対する非線形演算と、倍率 k の線形演算とを行って、制御偏差 $k \Delta V_1$ を算出する。

[0018] 例えば、非線形演算ユニット 13 は、演算ユニット 13 a、13 b、及び 13 c を備える。

演算ユニット 13 a（図中の記載は ABS）は、制御偏差 ΔV_0 の絶対値を算出する。演算ユニット 13 b は、乗算器であり、制御偏差 ΔV_0 と、制御偏差 ΔV_0 の絶対値（ $|\Delta V_0|$ ）とを入力変数にして、制御偏差 ΔV_0 と、制御偏差 ΔV_0 の絶対値（ $|\Delta V_0|$ ）とを乗じて、制御偏差 ΔV_1 を算出する。演算ユニット 13 c は、制御偏差 ΔV_1 に、値が予め定められた係数 k を乗じて、制御偏差 $k \Delta V_1$ を算出する。上記の演算処理を、次の式（1）と式（2）に整理する。

$$[0019] \Delta V_1 = \Delta V_0 \times |\Delta V_0| \quad \dots (1)$$

$$k \Delta V_1 = k \times \Delta V_1 \quad \dots (2)$$

[0020] 電圧制御部 14 は、非線形演算ユニット 13 によって算出された制御偏差 $k \Delta V_1$ が 0 になるような値の電流基準 I_{Q_R} を算出する。これは、制御偏差 ΔV_1 を 0 にするような値の電流基準 I_{Q_R} を得るのに相当する。電流基準 I_{Q_R} は、有効電流の大きさを規定する制御目標値になる。比例要素（P）と、積分要素（I）と、微分要素（D）とは、互いに並列に接続さ

れているとよい。例えば、電圧制御部 14 は、比例要素 (P) と、積分要素 (I) と、微分要素 (D) とを含む P I D 演算処理によって電流基準 I_{Q_R} を算出する。電圧制御部 14 において、比例要素 (P) と、積分要素 (I) と、微分要素 (D) との各要素の入力に、制御偏差 ΔV_1 が共通して供給される。

[0021] なお、電圧制御部 14 による演算処理は、P I D 演算処理に制限されない。電圧制御部 14 による演算処理は、P I D 演算処理に代えて、比例要素 (P) と、積分要素 (I) と、微分要素 (D) との中の少なくとも 1 つ以上の演算要素を含む演算処理であってもよい。

[0022] 電流制御部 15 は、図示されない電流基準 I_{D_R} と、電圧制御部 14 によって算出された電流基準 I_{Q_R} と、電流検出ユニット 11 によって算出された電流検出値 I_{D_det} と I_{Q_det} と、基準位相 θ とに基づいて、交流の各相に対応する電圧基準 E_{U_R} 、 E_{V_R} 、 E_{W_R} をそれぞれ算出する。なお、電流基準 I_{D_R} は、無効電流の大きさを規定する制御目標値であり、例えば予め定められた定数であってよい。

[0023] 例えば、電流制御部 15 は、D 軸成分について、電流基準 I_{D_R} と、電流検出値 I_{D_det} との偏差が 0 になるように、電圧基準 V_{D_R} を算出する。電流制御部 15 は、Q 軸成分について、電流基準 I_{Q_R} と、電流検出値 I_{D_det} との偏差が 0 になるように、電圧基準 V_{D_R} を算出する。電流制御部 15 は、D 軸成分の電圧基準 V_{D_R} と、Q 軸成分の電圧基準 V_{D_R} とに基づいて、基準位相 θ を用いて、D 軸と Q 軸とを含む回転座標系から、U V W 相の各軸を含む静止座標系に変換する。

[0024] PWM 制御部 16 は、電流制御部 15 によって算出された電圧基準 E_{U_R} 、 E_{V_R} 、 E_{W_R} に基づいて、図示されないキャリア信号を用いて、交流の各相に流す電流を制御するためのゲートパルス (GATE) を生成する。PWM 制御部 16 は、各相のゲートパルス (GATE) を、コンバータ 6 の IGBT 6 S の制御端子に供給して、IGBT 6 S をオン／オフすることによって交流の各相の電流を調整する。

- [0025] 上記のように構成された電力変換装置 1 の制御部 10 は、下記のように主回路 3 を制御してもよい。
- [0026] 例えば、制御部 10 は、コンバータ 6 の出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量 V_{DC_F} に用いて、直流区間の制御目標電圧に対する目標量 V^* と帰還量 V_{DC_F} との制御偏差 ΔV_O を算出し、制御偏差 ΔV_O に対する非線形演算処理を行う。制御部 10 は、非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、操作量を用いて前記コンバータ 6 を制御する。制御部 10 は、制御偏差 ΔV_O に対する非線形演算処理によって、制御偏差の絶対値 ($|\Delta V_O|$) と制御偏差 ΔV_O との積を得て、非線形演算処理の結果にするとよい。
- [0027] 図 2 から図 4 を参照して、第 1 の実施形態の電圧制御の解析結果について説明する。図 2 から図 4 は、第 1 の実施形態の電圧制御の解析結果を説明するための図である。
- [0028] 図 2 中の (a) に示すグラフは、負荷電流 (アンペア) の変化を示す。図 2 中の (b) に示すグラフは、直流区間の電圧 (ボルト。直流電圧という。) の変化を示す。図 2 中の (c) に示すグラフは、コンバータ 6 の交流側に流れる有効電流の推定値 (アンペア) の変化を示す。
- [0029] 本実施例の電圧制御部 14 は、例えば、非線形演算ユニット 13 の演算結果の制御偏差 $k \Delta V_1$ に対して、比例要素 (P) と、積分要素 (I) とを含む P I 演算処理によって電流基準 I_{Q_R} を算出するよう構成されている。
- [0030] これに対して、比較例の電力変換装置は、本実施例の電力変換装置 1 に対して上記の非線形演算ユニット 13 を備えない。比較例の電力変換装置の電圧制御部は、本実施例の電圧制御部 14 と同様に P I 演算処理によって電流基準 I_{Q_R} を算出する。
- [0031] 図 2 から図 4 に示す異なる条件に基づいた解析において、解析処理の初期状態を互いに共通にしている。例えば、図 2 中の (b) に示されるように直流電圧が 680 ボルト程度に充電され、図 2 中の (a) に示されるように負

荷 2 に流れる負荷電流が 0 アンペアの状態にある。このとき、負荷 2 が無負荷状態にあるため、図 2 中の (c) に示されるように有効電流の値はおおむね 0 アンペアである。

[0032] 図 2 から図 4 に示す解析の状態の違いは、初期状態の下で生じる負荷 2 の変動による変動量が互いに異なることである。図 2、図 3、図 4 の順に、負荷 2 の変動量が多くなる。図 3 と図 4 に示す各グラフに示す初期状態も、図 2 に示す場合と同じである。

[0033] 例えば、図 2 に示すように、最も変動量が少ない場合には、負荷 2 に流れる負荷電流が 0 から 10 アンペアにステップ状に変動する。例えば、この変動が時刻 0.4 秒に生じると、この変動に応じて、図 2 中の (b) に示されるように直流電圧が 680 ボルト程度から 667 ボルト程度まで急に減少し、図 2 中の (c) に示されるように有効電流が 0 アンペアから定常値の 20 アンペアになるまで、定常値に漸近するように増加する。上記の場合、直流電圧の初期状態の電圧に対する変動率は、ボトム値のときで 2 % 程度である。

[0034] 図 2 に示す各グラフの場合、図 2 中の (b) に示す直流電圧の変動も、図 2 中の (c) に示す有効電流の変動も、状態遷移の過程で偏差が生じてはいるものの、変動の傾向は類似している。

[0035] これに対して、図 3 に示すように、次に変動量が多い場合には、負荷 2 に流れる負荷電流が 0 から 50 アンペアにステップ状に変化する。この図 3 に示す場合の負荷電流の変化の大きさは、図 2 に示した場合の 5 倍になる。この変動が上記と同様に、時刻 0.4 秒に生じた場合について説明する。この変動が発生した後に、この変動に応じて、図 3 中の (b) に示されるように、実施例の場合の直流電圧が 680 ボルト程度から 650 ボルト程度まで急に減少する。実施例の場合の直流電圧の初期状態の電圧に対する変動率は、4.4 % 程度である。これに対し、比較例の場合の直流電圧が 630 ボルトを下回る値まで急に減少する。比較例の場合の直流電圧の初期状態の電圧に対する変動率は、7.4 % を超える。比較例の場合に、直流電圧の変動率が

５％以内に回復するまでの時間は、０．１秒程度掛かる。

[0036] また、図３中の（ｃ）に示されるように有効電流の定常値が０アンペアから１００アンペア程度まで変化する。有効電流が定常値まで遷移する過程で、比較例の場合には、定常値に漸近するように有効電流が変動する傾向がみられるが、本実施例の場合には、負荷２の変動に応じて、ピーク値で１２０アンペア程度まで一時的に上昇する。一時的なピーク値が検出された後の有効電流は、比較例の有効電流の値に類似した値で変動する。

[0037] これに対して、図４に示すように、最も変動量が多い場合は、負荷２に流れる負荷電流が０から１００アンペアにステップ状に変化する。この図４に示す場合の負荷電流の変化の大きさは、図２に示した場合の１０倍になる。この変動が上記と同様に、時刻０．４秒に生じた場合について説明する。この変動が発生した後に、この変動に応じて、図４中の（ｂ）に示されるように、実施例の場合の直流電圧が６８０ボルト程度から６３０ボルト程度まで急に減少する。上記の場合の直流電圧の初期状態の電圧に対する変動率は、７．４％程度である。これに対し、比較例の場合の直流電圧が５９０ボルトを下回る値まで急に減少する。上記の場合の直流電圧の初期状態の電圧に対する変動率は、１３．２％を超える。比較例の場合に、直流電圧の変動率が５％以内に回復するまでの時間は、０．１３秒程度掛かるが、実施例の場合には、直流電圧の変動率が５％以内に回復するまでの時間は、０．０１５秒程度しか掛からない。

[0038] また、図４中の（ｃ）に示されるように有効電流の定常値が０アンペアから２００アンペア程度まで変化する。有効電流が定常値まで遷移する過程で、比較例の場合には、定常値に漸近するように有効電流が変動する傾向がみられるが、本実施例の場合には、負荷２の変動に応じて、ピーク値で３００アンペア程度まで一時的に上昇する。一時的なピーク値が検出された後の有効電流は、比較例に類似した値で変化する。

[0039] 上記の実施形態によれば、電力変換装置１は、コンバータ６の出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量 V_{DC_F} に用いて、直流区間の

制御目標電圧に対する目標量 V^* と帰還量 V_{DC_F} との制御偏差を算出し、制御偏差に対する非線形演算処理を行う。電力変換装置1は、非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、操作量を用いて前記コンバータ6を制御する。これにより、電力変換装置1の運転中にインバータ8の負荷2が急に変動しても、コンバータ6の出力側の直流区間の直流電圧が比較例のように大きく変動することなく、また比較的短時間で収束するように制御することが可能になる。

[0040] 例えば、電力変換装置1は、コンバータ出力の直流電圧 V_{DC_F} をフィードバックして指令値 V^* との差と、その差の絶対値とを乗算することで、上記の非線形演算処理の結果を得る。

[0041] 例えば、電力変換装置1は、上記の非線形演算処理の結果をPI制御の入力値にする。この場合、電力変換装置1は、PI制御によって、上記の非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、その操作量を用いて前記コンバータ6を制御する。

[0042] 電力変換装置1の電圧制御部14の入力値は、指令値 V^* と直流電圧 V_{DC_F} の値が乖離するほど大きくなる。これに伴い、電力変換装置1は、あたかもPIゲインが高くなったように、振舞うことになる。これにより、電力変換装置1の応答が早くなって、直流電圧の変動を抑制することができる。

[0043] 電力変換装置1は、非線形演算処理を用いて制御偏差 ΔV_1 を積算する。この積算にあたり、制御偏差 ΔV_1 が定常的に過大な値になることを防止するように、制御偏差 ΔV_1 に乗じる係数 k の値を決定するとよい。

[0044] (第1の実施形態の変形例)

上記の実施形態を、次のような構成に適用してもよい。

コンバータ1台に対してインバータが多数接続されている場合がある。このような構成の場合、インバータの負荷がそれぞれ独立していると、その負荷の変動の影響を軽減させるようにコンバートを制御することが容易ではないことがある。

[0045] 比較例の制御手法として、負荷の変動の影響を抑制するためにインバータの出力を帰還して、コンバータの制御にその帰還量を利用する制御手法が知られている。このような制御手法はパワー補償と呼ばれることがある。この制御手法を、上記の構成に適用しても、負荷の変動に伴う直流電圧の急激な変化を抑制することは困難であった。

[0046] これに対して、実施形態の制御手法であれば、直流電圧の急激な変動を抑制することが可能になる。

[0047] (第2の実施形態)

図5から図7を参照して、第2の実施形態について説明する。

図5は、第2の実施形態の電力変換装置1Aの構成図である。電力変換装置1Aは、電力変換装置1の制御部10に代えて、制御部10Aを備える。制御部10Aは、制御部10の非線形演算ユニット13に代えて、非線形演算ユニット13Aを備える。非線形演算ユニット13Aは、非線形演算ユニット13に対して、演算ユニット13dをさらに備える。

[0048] 演算ユニット13dは、予め定められた所定の値の下限值LLが設定されたりミッタである。演算ユニット13dは、演算ユニット13aによって算出された制御偏差 ΔV_0 の絶対値 $|\Delta V_0|$ に対して、その出力値が下限値LL未満にならないように制限する。演算ユニット13dは、制御偏差 ΔV_0 の絶対値 $|\Delta V_0|$ が下限値LL以上の場合には、制御偏差 ΔV_0 の絶対値 $|\Delta V_0|$ をそのまま出力する。演算ユニット13dは、制御偏差 ΔV_0 の絶対値 $|\Delta V_0|$ が下限値LL未満の場合には、制御偏差 ΔV_0 の絶対値 $|\Delta V_0|$ に代えて、下限値LLの値を出力する。演算ユニット13dから出力される値を、 $CV(|\Delta V_0|)$ で示す。演算ユニット13bは、制御偏差 ΔV_0 と、 $CV(|\Delta V_0|)$ とを入力変数にして、制御偏差 ΔV_0 と $CV(|\Delta V_0|)$ とを乗じて、制御偏差 ΔV_2 を算出する。演算ユニット13cは、制御偏差 ΔV_2 に、値が予め定められた係数kを乗じて、制御偏差 $k \Delta V_2$ を算出する。上記の演算処理を、次の式(3)から式(5)に整理する。

[0049] $CV(|\Delta V O|) = |\Delta V O|$ 、($LL \leq |\Delta V O|$ の場合)、又は、
 LL 、($LL > |\Delta V O|$ の場合) $\cdots$ (3)

$$\Delta V 2 = CV(|\Delta V O|) \times \Delta V O \quad \cdots (4)$$

$$k \Delta V 2 = k \times \Delta V 2 \quad \cdots (5)$$

[0050] 図6と図7は、第2の実施形態の非線形演算処理を説明するための図である。

図6に、 $CV(|\Delta V O|)$ の下限値 LL の値が互いに異なる3つのケースを示す。グラフ $LL1$ は、下限値 LL の値が1である。グラフ $LL2$ は、下限値 LL の値が0から1までの間の代表的な値の一例である。グラフ $LL3$ は、下限値 LL の値が1を超える代表的な値の一例である。

[0051] 図7に、図6に示した3つのケースに対応する制御偏差 $\Delta V 2$ をそれぞれ示す。グラフ $G1$ は、グラフ $LL1$ に対応する下限値 LL の値が1の場合の特性を示す。グラフ $G2$ は、グラフ $LL2$ に対応する下限値 LL の値が0から1までの場合の特性を示す。グラフ $G3$ は、グラフ $LL3$ に対応する下限値 LL の値が1を超える場合の特性を示す。

[0052] 図示を省略するが、図7に示す制御偏差 $\Delta V 2$ に対して、係数 k を乗じることにより、図7に示すグラフが示す制御偏差 $\Delta V 2$ の特性を、振幅方向に伸長又は圧縮することができる。下限値 LL と係数 k の値を独立に設定することで、図7に示したグラフの線形性が保たれる。

[0053] 本実施形態によれば、制御部10Aは、制御偏差 $\Delta V O$ に対する非線形演算処理によって、制御偏差 $\Delta V O$ の絶対値 $|\Delta V O|$ を所定の下限値 LL に制限して、制御偏差 $\Delta V O$ の絶対値 $|\Delta V O|$ の大きさによって下限値 LL に制限された $CV(|\Delta V O|)$ (制御偏差の下限制限付き絶対値)と制御偏差 $\Delta V O$ との積を、非線形演算処理の結果にする。

[0054] 制御部10Aは、制御偏差 $\Delta V O$ に対する非線形演算処理として、制御偏差 $\Delta V O$ の絶対値 $|\Delta V O|$ が所定の大きさの下限值 LL に満たない範囲 (例えば、図6のグラフの範囲 $Z2$) について制御偏差 $\Delta V O$ に対する線形変換によって第1結果を生成する。制御部10Aは、制御偏差 $\Delta V O$ の絶対値

$|\Delta V_O|$ が下限値 L_L を超える範囲（例えば、図 6 のグラフの範囲 $Z3a$ と $Z3b$ ）について制御偏差に対する非線形変換によって第 2 結果を生成して、第 1 結果と第 2 結果とを組み合わせる非線形演算処理の結果にする。

[0055] 上記とは異なる観点で制御部 10A について説明する。図 7 に示すように、制御部 10A は、制御偏差 ΔV_O に対する非線形演算処理として、制御偏差 ΔV_O の絶対値 $|\Delta V_O|$ が下限値 L_L に満たない範囲 $Z2$ について制御偏差 ΔV_O の 1 次近似に基づいた制御偏差 ΔV_2 （第 1 結果）を生成する。

[0056] 制御部 10A は、制御偏差 ΔV_O の絶対値 $|\Delta V_O|$ が下限値 L_L を超える範囲について制御偏差 ΔV_O に対する高次関数に基づいた制御偏差 ΔV_2 （第 2 結果）を生成して、第 1 結果と第 2 結果とを組み合わせる非線形演算の結果にする。

[0057] 制御部 10A は、制御偏差 ΔV_O の絶対値 $|\Delta V_O|$ を下限値 L_L までに制限する演算を先に実施した後に、その演算結果に制御偏差 ΔV_O を乗算して制御偏差 ΔV_2 を得る。これによって、下限値 L_L を挟んで演算式が互いに異なるものになるが、下限値 L_L を挟んで、制御偏差 ΔV_2 の値の連続性が確保されている。制御部 10A は、帰還制御のループ内に非連続制御を含むが、上記のように下限値 L_L を挟んで連続性が確保されていることで、帰還制御のループゲインの急峻な変化が発生しないように構成することができる。

[0058] 以上説明した少なくともひとつの実施形態によれば、電力変換装置 1 は、コンバータ 6 と、インバータ 8 と、制御部 10 とを備える。コンバータ 6 は、電源 5 側から供給される電力を直流電力に変換する。インバータ 8 は、コンバータ 6 の出力側に設けられている。制御部 10 は、コンバータ 6 の出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、直流区間の制御目標電圧に対する目標量と帰還量との制御偏差を算出し、制御偏差に対する非線形演算処理を実行する。制御部 10 は、非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、操作量を用いて前記コンバータ 6 を制御する。これによって、インバータ 8 の負荷の変動に起因して生じるコンバータ 6 の出力側

の直流電圧変動を軽減させることができる。

[0059] 上記の電力変換装置 1 は、その少なくとも一部を、CPUなどのプロセッサがプログラムを実行することにより機能するソフトウェア機能部で実現してもよく、全てをLSI等のハードウェア機能部で実現してもよい。

[0060] 本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

符号の説明

[0061] 1 電力変換装置、2 負荷、3 主回路、5 電源、6 コンバータ、8 インバータ、9V 電圧センサ、9i 電流センサ、10 制御部。

請求の範囲

- [請求項1] 電源側から供給される電力を直流電力に変換するコンバータと、
前記コンバータの出力側に設けられているインバータと、
前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、
前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、
前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて前記コンバータを制御する制御部と、
を備える電力変換装置。
- [請求項2] 前記制御部は、
前記制御偏差に対する前記非線形演算処理によって、前記制御偏差の絶対値と前記制御偏差との積を得て、前記非線形演算処理の結果にする、
請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記制御部は、
前記制御偏差に対する前記非線形演算処理によって、前記制御偏差の絶対値を所定の下限值に制限して、前記制御偏差の絶対値の大きさによって前記下限値に制限された前記制御偏差の下制限付き絶対値と前記制御偏差との積を、前記非線形演算処理の結果にする、
請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項4] 前記制御部は、
前記制御偏差に対する前記非線形演算処理として、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲について前記制御偏差に対する線形変換によって第1結果を生成して、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲について前記制御偏差に対する非線形変換によって第2結果を生成して、前記第1結果と前記第2結果とを組み合わせる前記非線形演算処理の結果にする、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項5]

前記制御部は、

前記制御偏差に対する前記非線形演算処理として、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲について前記制御偏差の 1 次近似に基づいた第 1 結果を生成して、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲について前記制御偏差に対する高次関数に基づいた第 2 結果を生成して、前記第 1 結果と前記第 2 結果とを組み合わせる前記非線形演算処理の結果にする、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項6]

電源側から供給される電力を直流電力に変換するコンバータと、前記コンバータの出力側に設けられているインバータと、を備える電力変換装置の電力変換制御装置であって、

前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、

前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、

前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて前記コンバータを制御する制御部、

を備える電力変換制御装置。

[請求項7]

電源側から供給される電力を直流電力に変換するコンバータと、前記コンバータの出力側に設けられているインバータと、を備える電力変換装置の制御方法であって、

前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、

前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、

前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて前記コンバータを制御するステップ、

を含む制御方法。

補正された請求の範囲
[2020年10月16日(16.10.2020)国際事務局受理]

[請求項 1] (補正後) 電源側から供給される電力を直流電力に変換するコンバータと、

前記コンバータの出力側に設けられているインバータと、

5 前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、

前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲についての前記制御偏差に対する線形変換と、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲について
10 の前記制御偏差に対する非線形変換とが含まれた、前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、

前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて前記コンバータを制御する制御部と、

を備える電力変換装置。

15 [請求項 2] (削除)

[請求項 3] 前記制御部は、

前記制御偏差に対する前記非線形演算処理によって、前記制御偏差の絶対値を所定の下限値に制限して、前記制御偏差の絶対値の大きさによって前記下限値に制限された前記制御偏差の下制限付き絶対値と前記制御偏差との積を、前記非
20 線形演算処理の結果にする、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項 4] 前記制御部は、

前記制御偏差に対する前記非線形演算処理として、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲について前記制御偏差に対する線形変換によって第 1
25 結果を生成して、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲について前記制御偏差に対する非線形変換によって第 2 結果を生成して、前記第 1 結果と前記第 2 結果とを組み合わせる前記非線形演算処理の結果にする、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項 5] 前記制御部は、

前記制御偏差に対する前記非線形演算処理として、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲について前記制御偏差の1次近似に基づいた第1結果を生成して、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲について前記制御偏差に対する高次関数に基づいた第2結果を生成して、前記第1結果と前記第2結果とを組み合わせる前記非線形演算処理の結果にする、

請求項1に記載の電力変換装置。

[請求項6] (補正後) 電源側から供給される電力を直流電力に変換するコンバータと、前記コンバータの出力側に設けられているインバータと、を備える電力変換装置の電力変換制御装置であって、

前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、

前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲についての前記制御偏差に対する線形変換と、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲についての前記制御偏差に対する非線形変換とが含まれた、前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、

前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて前記コンバータを制御する制御部、

を備える電力変換制御装置。

[請求項7] (補正後) 電源側から供給される電力を直流電力に変換するコンバータと、前記コンバータの出力側に設けられているインバータと、を備える電力変換装置の制御方法であって、

前記コンバータの出力側に設けられている直流区間の直流電圧を帰還量に用いて、前記直流区間の制御目標電圧に対する目標量と前記帰還量との制御偏差を算出し、

前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲についての前記制御偏差に対する線形変換と、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲についての前記制御偏差に対する非線形変換とが含まれた、前記制御偏差に対する非線形演算処理を行い、

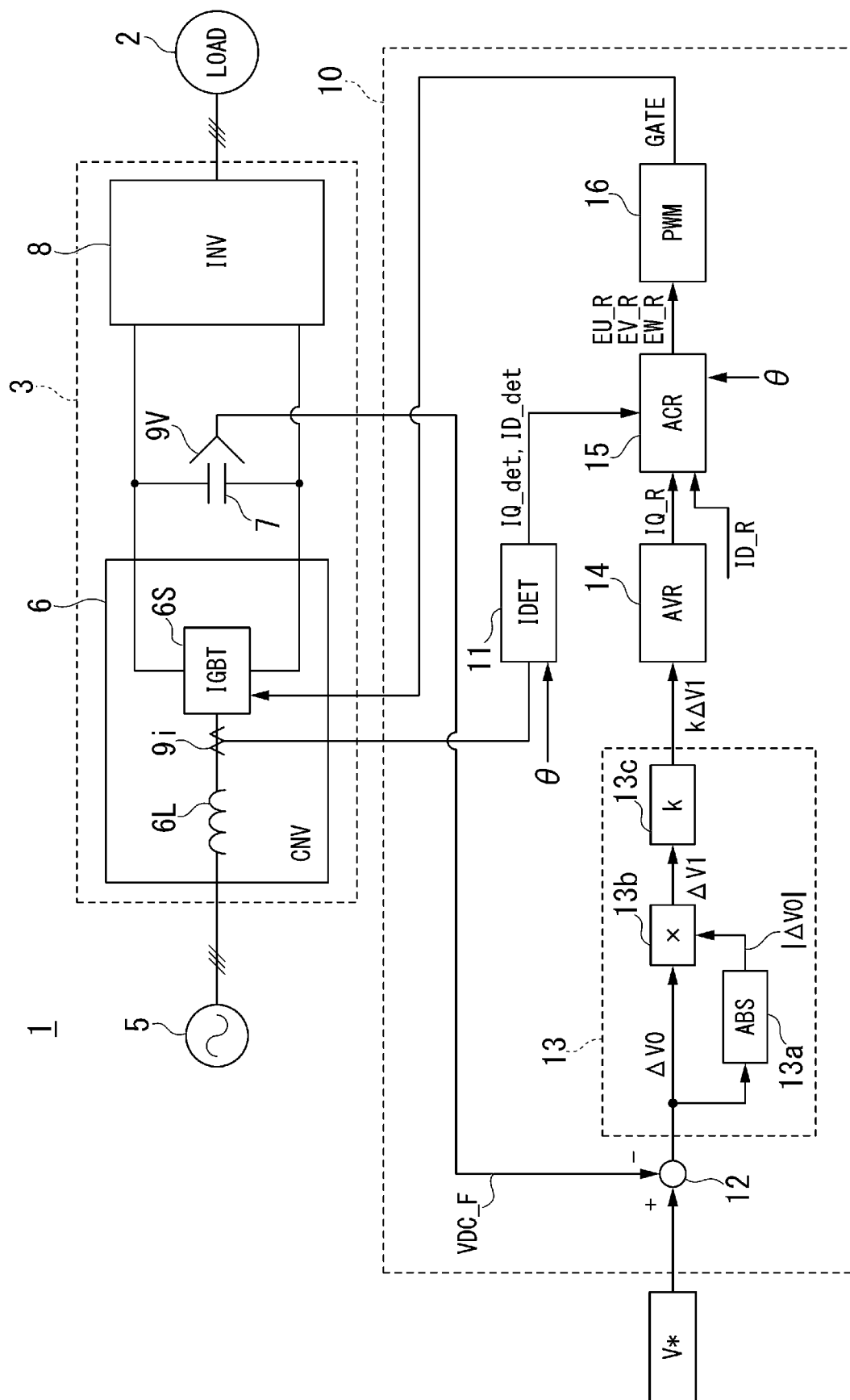
前記非線形演算処理の結果に基づいた操作量を算出して、前記操作量を用いて
前記コンバータを制御するステップ、
を含む制御方法。

条約第 19 条（1）に基づく説明書

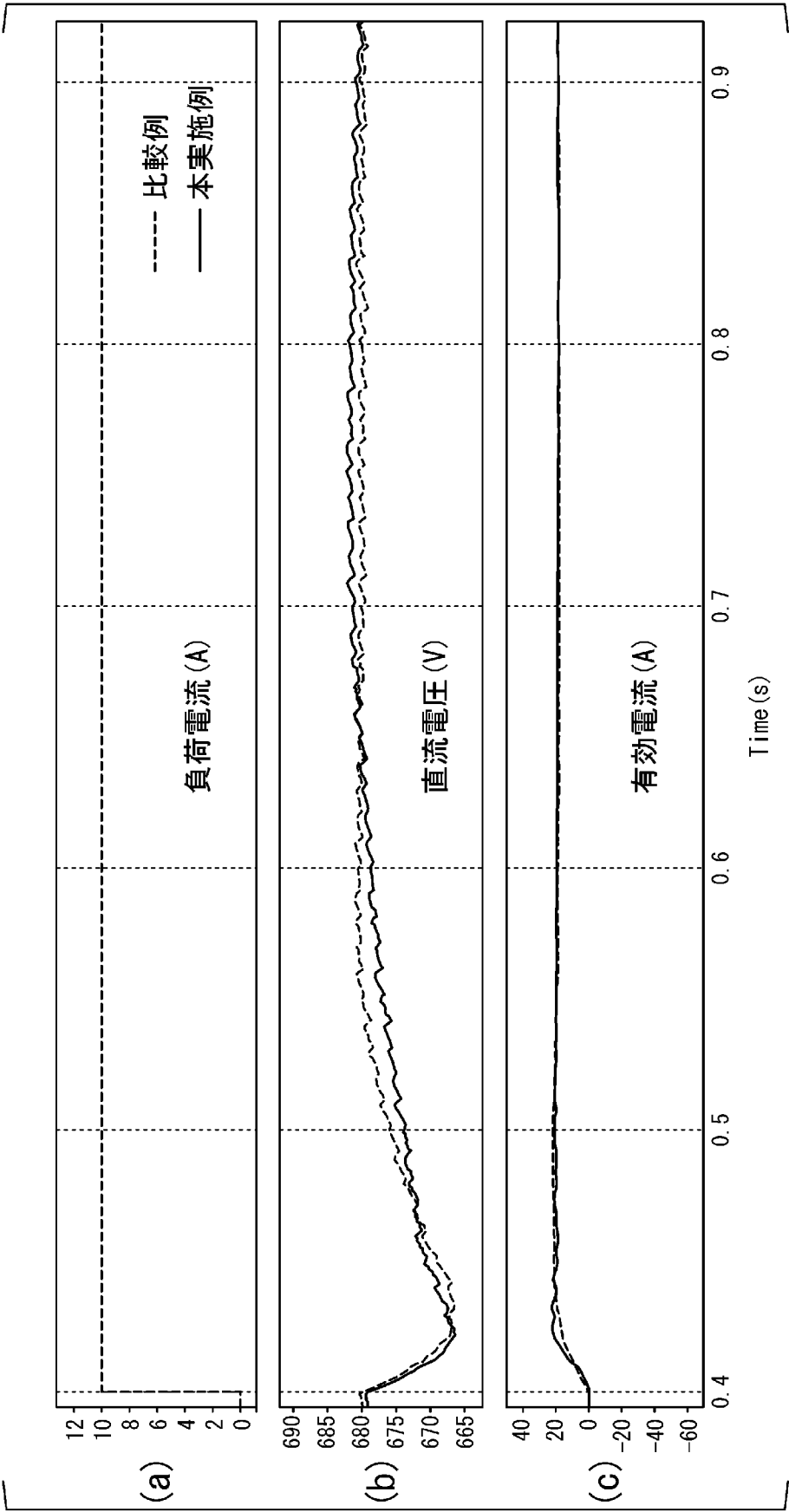
請求の範囲第 1 項、第 6 項及び第 7 項は、本願明細書の段落 [0047] から [0057] などに記載の技術的特徴を含むことを明確にした。

- 引用例には、「前記制御偏差の絶対値が所定の大きさに満たない範囲についての前記制御偏差に
- 5 対する線形変換と、前記制御偏差の絶対値が所定の大きさを超える範囲についての前記制御偏差に対する非線形変換とが含まれた、前記制御偏差に対する非線形演算処理」に関する構成の記載がない。

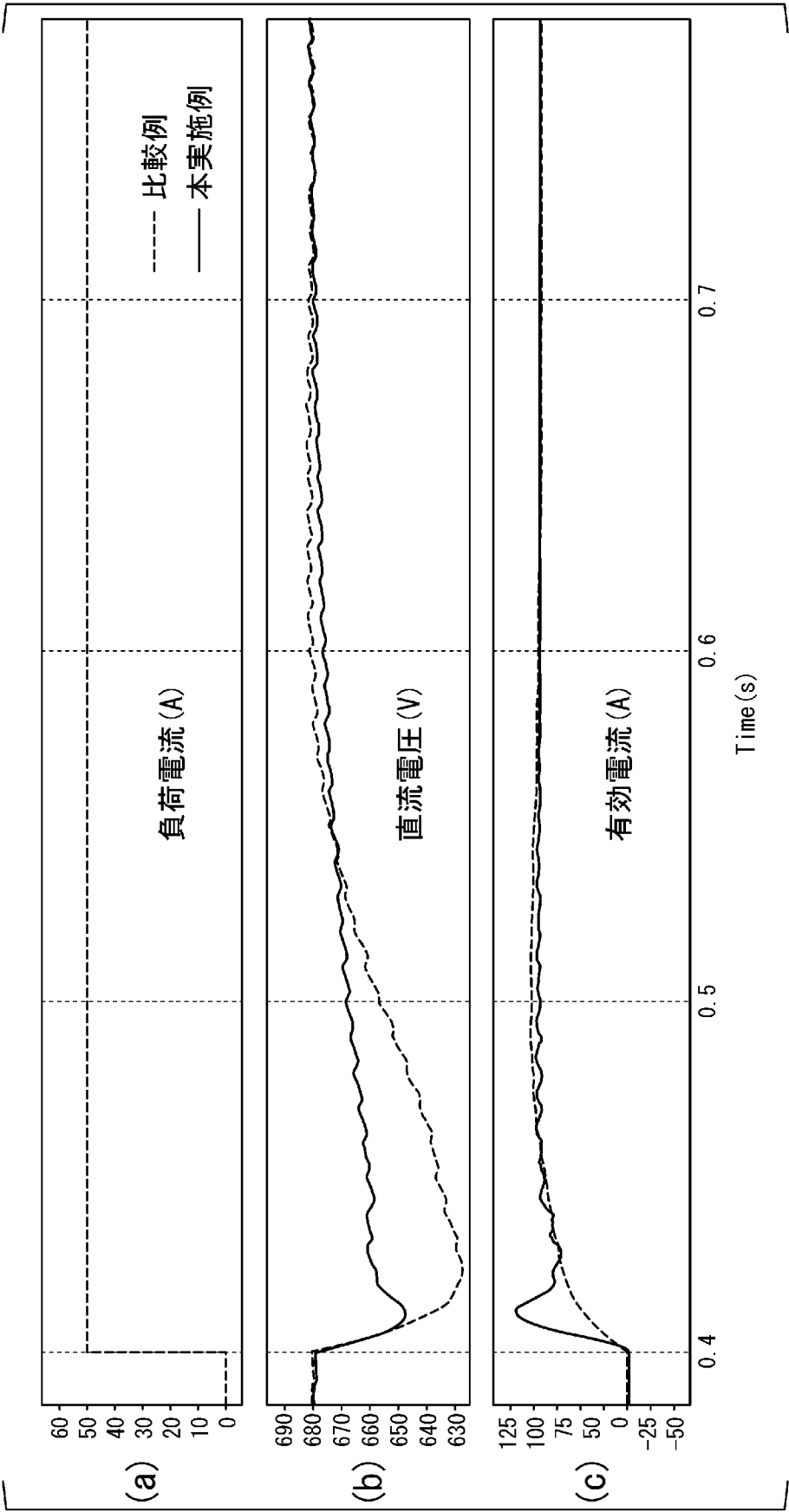
[図1]



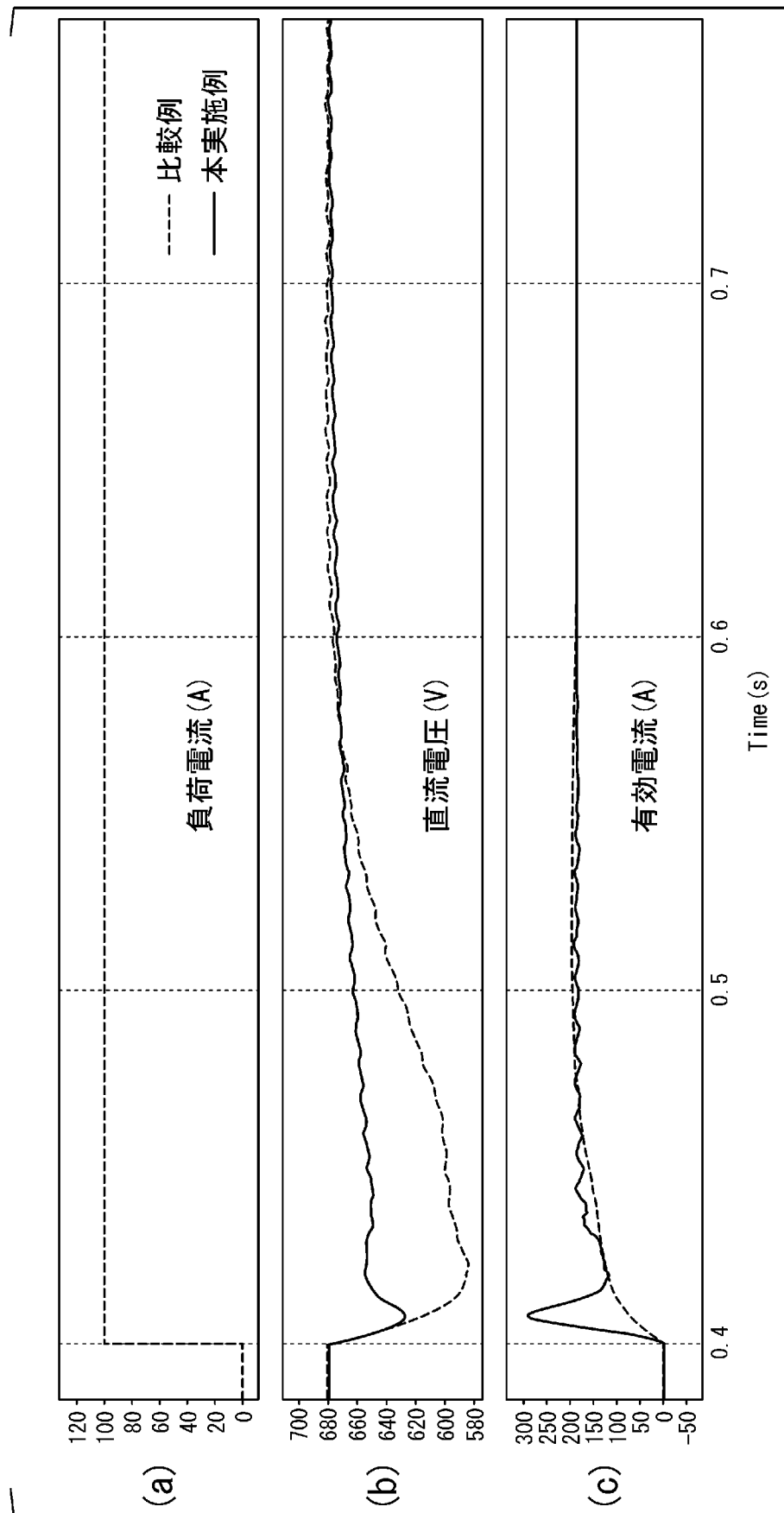
[図2]



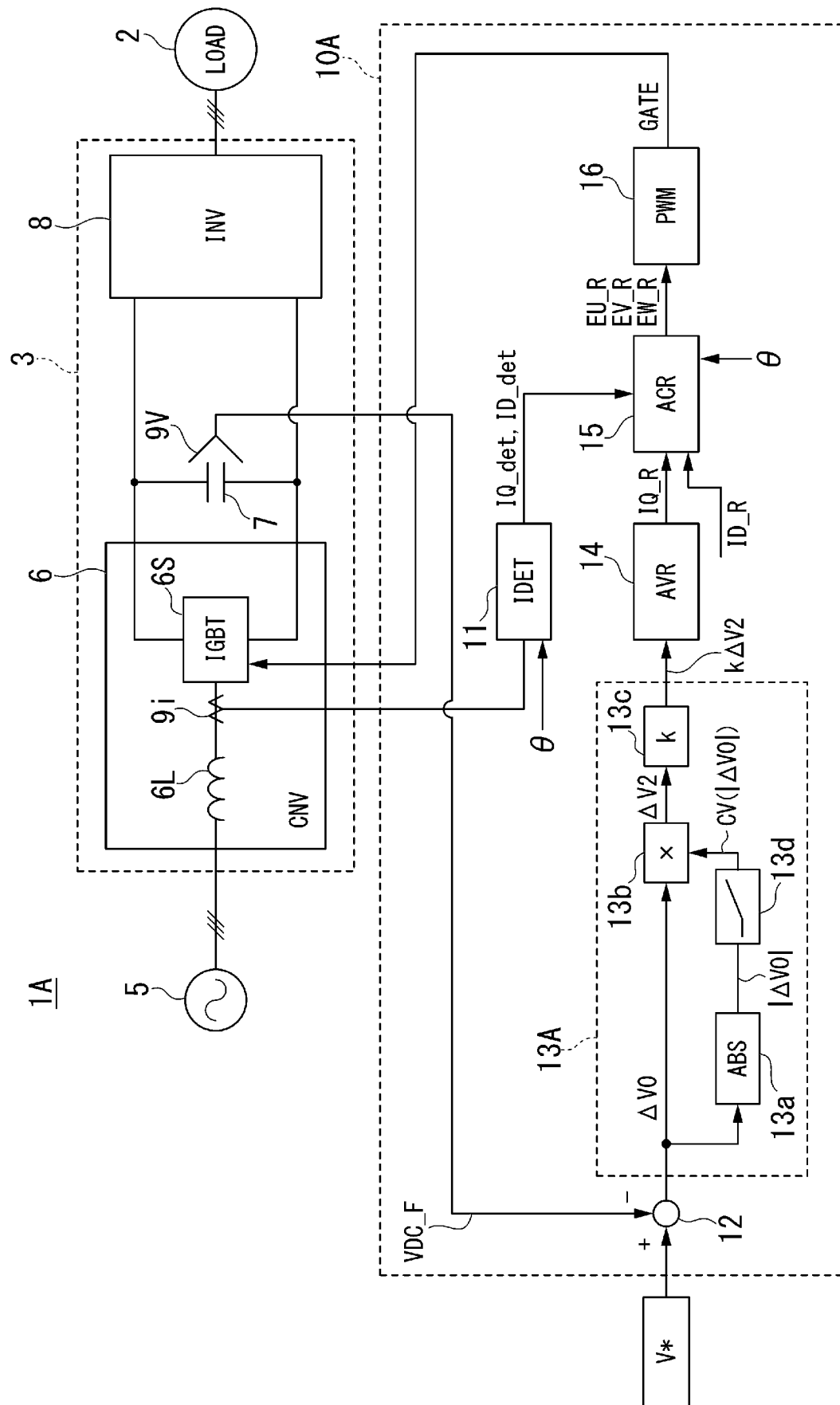
[図3]



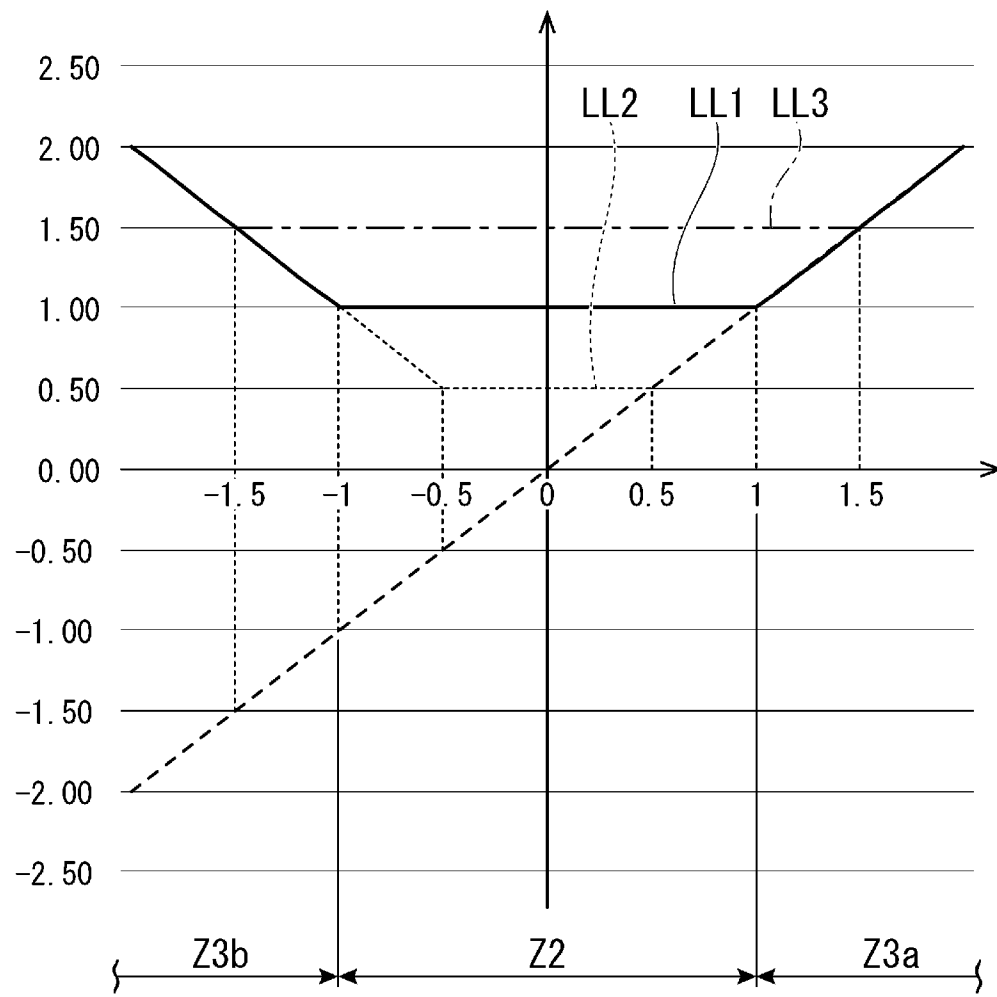
[図4]



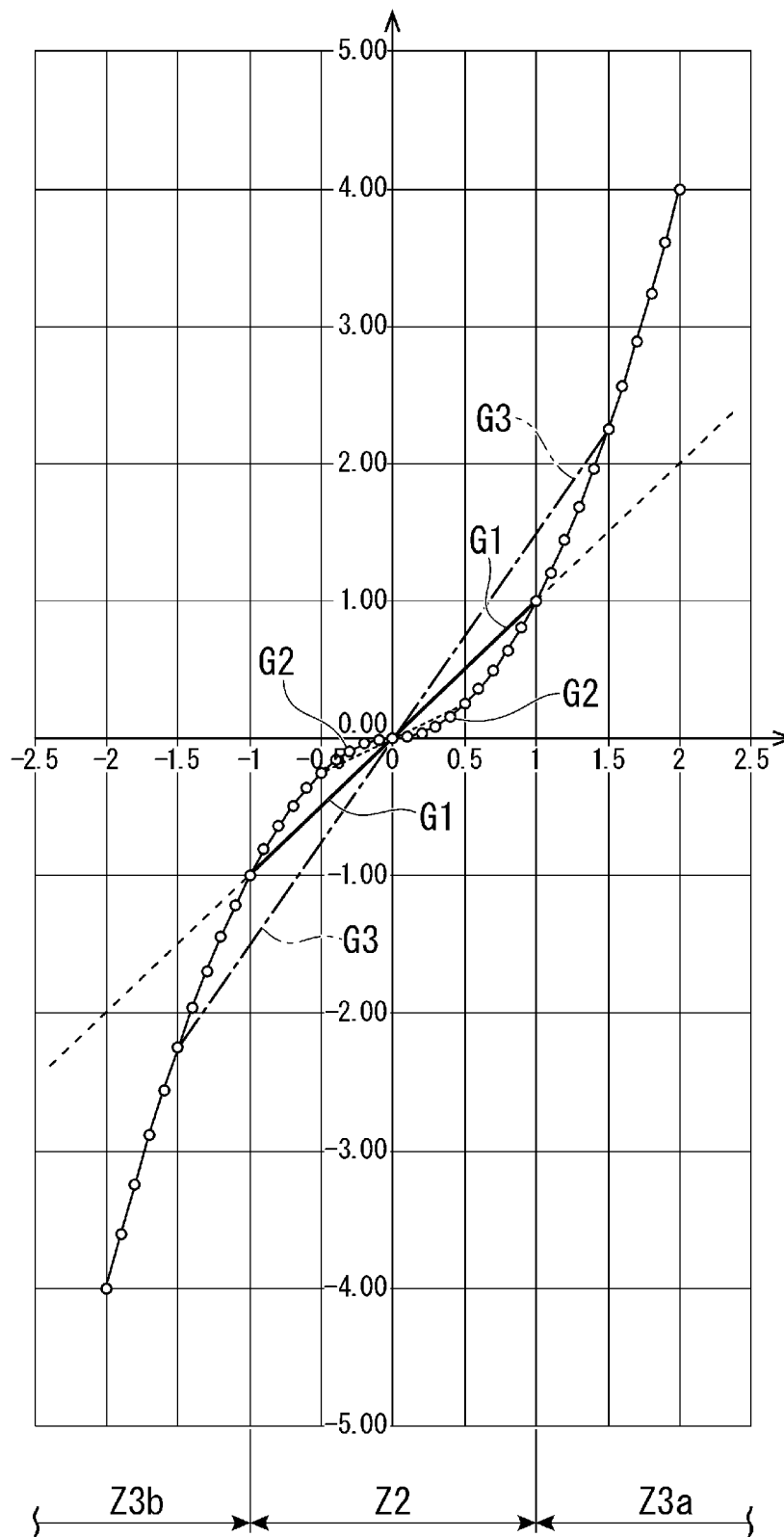
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/020172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02M7/12 (2006.01) i

FI: H02M7/12 A

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. H02M7/12, 3/00, 7/48

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
X A	WO 2019/12725 A1 (2019/012725) 17 January 2019, paragraphs [0010], [0017], fig. 1-4, paragraphs [0010], [0017], fig. 1-4	1, 2, 6, 7 3-5
A	WO 2017/046909 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 23 March 2017, entire text, all drawings	1-7
A	JP 2010-259280 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO., LTD.) 11 November 2010, entire text, all drawings	1-7

☐ 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
11.08.2020

Date of mailing of the international search report
18.08.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
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/JP2020/020172

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2019/12725 A1	17.01.2019	CN 110832762 A	
WO 2017/046909 A1	23.03.2017	US 2018/0287509 A1	
		entire text, all drawings	
		EP 3352360 A1	
JP 2010-259280 A	11.11.2010	US 2010/0270989 A1	
		entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 7/12(2006.01)i FI: H02M7/12 A										
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）） H02M7/12, 3/00, 7/48 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
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								
X	WO 2019/12725 A1 (2019/012725) 17.01.2019 (2019 - 01 - 17) 段落 10, 17, 図 1 - 4	1, 2, 6, 7								
A	段落 10, 17, 図 1 - 4	3-5								
A	WO 2017/046909 A1 (三菱電機株式会社) 23.03.2017 (2017 - 03 - 23) 全文, 全図	1-7								
A	JP 2010-259280 A (富士電機システムズ株式会社) 11.11.2010 (2010 - 11 - 11) 全文, 全図	1-7								
☐ 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、一般的な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 11.08.2020		国際調査報告の発送日 18.08.2020								
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） 佐藤 匡 5G 9650 電話番号 03-3581-1101 内線 3526								

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/JP2020/020172

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2019/12725	A1	17.01.2019	CN	110832762	A	
WO	2017/046909	A1	23.03.2017	US	2018/0287509	A1	
				全文, 全図			
				EP	3352360	A1	
JP	2010-259280	A	11.11.2010	US	2010/0270989	A1	
				全文, 全図			