

(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
2020年12月17日(17.12.2020)



(10) 国際公開番号

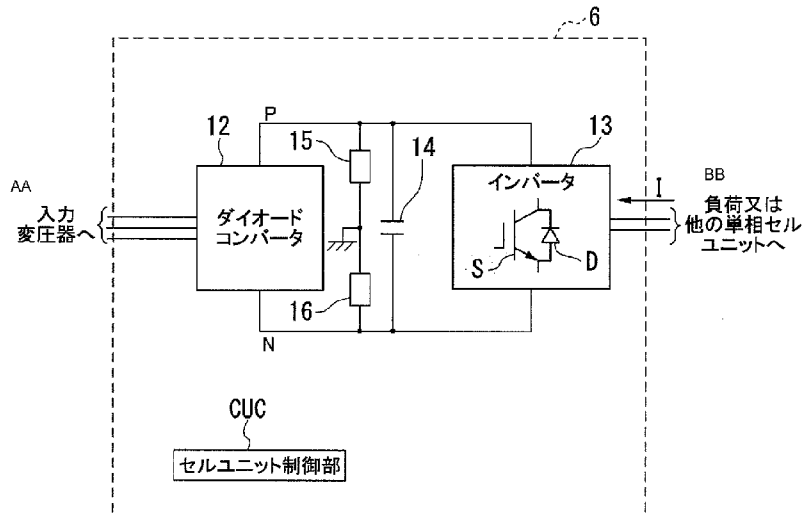
WO 2020/250429 A1

(51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01) *H02P 27/06* (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/023697
(22) 国際出願日: 2019年6月14日(14.06.2019)
(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: 福田 雅志 (FUKUDA 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).
戸林 俊介(TOBAYASHI Shunsuke); 〒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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: POWER CONVERSION DEVICE AND ELECTRIC MOTOR BRAKING METHOD

(54) 発明の名称: 電力変換装置及び電動機制動方法



12 Diode converter
13 Inverter
CUC Cell unit control unit
AA To input transformer
BB To load or other single-phase cell unit

(57) Abstract: A power conversion device of one aspect of an embodiment comprises: a diode converter, an inverter, a smoothing capacitor, a resistor, a current sensor, an estimation unit, and a control unit. The diode converter rectifies the alternating current (AC) from a power supply. The inverter has a direct current (DC) side connected to the DC output of the diode converter, and an AC side connected to an electric motor, and includes a semiconductor switching element which converts DC power on the DC side into AC power, and a reverse connection diode connected in antiparallel to the semiconductor switching element. The smoothing capacitor is provided at the DC output of the diode converter. The resistor is connected in parallel with the smoothing capacitor. The current sensor detects the load current flowing between

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)）
- 一 補正された請求の範囲及び説明書（条約第19条(1)）

the inverter and the electric motor. The estimation unit calculates an estimated value of a DC voltage V_{dc} on the DC side, on the basis of the current value I detected by the current sensor. The control unit controls the inverter such that the estimated value of the DC voltage V_{dc} on the DC side does not exceed a predetermined reference voltage, during a period when the electric motor is in a regenerative state.

(57) 要約：実施形態の一態様の電力変換装置は、ダイオードコンバータと、インバータと、平滑コンデンサと、抵抗と、電流センサと、推定部と、制御部とを備える。ダイオードコンバータは、電源からの交流を整流する。インバータは、直流側が前記ダイオードコンバータの直流出力に接続され、交流側が電動機に接続され、前記直流側の直流電力を交流電力に変換する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子に逆並列に接続される逆接続ダイオードとを備える。平滑コンデンサは、前記ダイオードコンバータの直流出力に設けられる。抵抗は、前記平滑コンデンサに並列に接続される。電流センサは、前記インバータと前記電動機の間に流れる負荷電流を検出する。推定部は、前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出する。制御部は、前記電動機が回生状態になっている期間に、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が所定の基準電圧を超えないように前記インバータを制御する。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置及び電動機制動方法

技術分野

[0001] この発明は、電力変換装置及び電動機制動方法に関する。

背景技術

[0002] 電力変換装置は、直流電力から変換した交流電力を電動機に供給して、電動機と電動機の回転に連動する機械負荷とを駆動する。回転中の電動機と機械負荷とを制動すると、起電力による回生エネルギーが生じる。この回生エネルギーが電動機から電力変換装置に流入すると、電力変換装置の直流側の電圧（直流電圧）の上昇を招く。その際に直流電圧の過電圧状態が生じることを、放電回路を利用して回避する場合に、電動機を速やかに停止させることが困難になることがあった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許特開平09-255246号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明が解決しようとする課題は、電動機をより速やかに制動させることが可能な電力変換装置及び電動機制動方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0005] 実施形態の一態様の電力変換装置は、ダイオードコンバータと、インバータと、平滑コンデンサと、抵抗と、電流センサと、推定部と、制御部とを備える。ダイオードコンバータは、電源からの交流を整流する。インバータは、直流側が前記ダイオードコンバータの直流出力に接続され、交流側が電動機に接続され、前記直流側の直流電力を交流電力に変換する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子に逆並列に接続される逆接続ダイオードとを備える。平滑コンデンサは、前記ダイオードコンバータの直流出力

に設けられる。抵抗は、前記平滑コンデンサに並列に接続される。電流センサは、前記インバータと前記電動機の間には流れる負荷電流を検出する。推定部は、前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出する。制御部は、前記電動機が回生状態になっている期間に、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が所定の基準電圧を超えないように前記インバータを制御する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第1の実施形態を適用する電力変換装置の一例を示す図。

[図2]実施形態のセルユニットを示す図。

[図3]実施形態の制動制御に係る処理のフローチャート。

[図4]第2の実施形態のセルユニットを示す図。

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、それら構成の重複する説明は省略する場合がある。なお以下で参照する図面は、説明の便宜上、制御用のゲート配線などの図示が省略されている場合がある。

[0008] ここで、「正極 P」と「負極 N」について先に定義する。「正極 P」とは、電力変換装置 1 が動作している場合に、正電位となる部位を意味する。「負極 N」とは、電力変換装置 1 が動作している場合に、負電位となる部位を意味する。

[0009] なお、電力変換装置 1 における直流リンクの基準電圧 V_{dc0} が所定の電圧として規定されている。基準電圧 V_{dc0} は、例えば、正極 P と負極 N 間の電圧である。この基準電圧 V_{dc0} は、直流（直流リンク）の定格電圧と呼ばれることがある。

[0010] 図 1 から図 3 を参照して、実施形態の電力変換装置 1 について説明する。

電力変換装置 1 は、交流電源 2 から供給される交流電力を直流電力に変換し、変換した直流電力を所望の周波数・電圧の交流電力に変換して電動機 3

に供給する。電動機 3 は、例えば、3 相型の誘導電動機であるが、これに限定されない。

電力変換装置 1 の電源側は、遮断器 4 を介して交流電源 2 に接続されている。遮断器 4 は、交流電源 2（電源）から供給される電力を、後述する制御装置 7 の制御に基づいて遮断する。なお、遮断器 4 は、図 1 に示すように電力変換装置 1 と別体で構成されていてもよく、電力変換装置 1 の一部として構成されていてもよい。

本実施形態では、電力変換装置 1 が複数のセルユニット 6 s を備える例について説明する。なお、電力変換装置 1 は、複数のセルユニット 6 s に代えて、3 相コンバータおよび 3 相インバータを備えてもよい。

[0011] まず、電力変換装置 1 の電氣的な全体構成について説明する。図 1 は、実施形態の電力変換装置 1 の一例を示す図である。図 1 では、電気回路系統を単線で示すとともに、開閉器などの図示を省略している。電力変換装置 1 は、例えば、入力変圧器 5 と、複数のセルユニット 6 s と、制御装置 7 と、電流センサ AM とを備えている。

[0012] 入力変圧器 5 には、交流電源 2 から交流電力が供給される。入力変圧器 5 は、交流電源 2 から供給された交流電力の電圧（1 次側電圧）を所望の 2 次側電圧に変圧するとともに、2 次側電圧の交流電力を複数のセルユニット 6 s のそれぞれに供給する。入力変圧器 5 は、1 次巻線と、互いに絶縁された複数群の巻き線（2 次巻線）とを有する。1 次巻線と 2 次巻線との間も絶縁されている。

[0013] 複数のセルユニット 6 s は、例えば、3 台の負荷第 1 相のセルユニット 6 A 1、6 A 2、6 A 3（図中の記載は U 1、U 2、U 3。）、3 台の負荷第 2 相のセルユニット 6 B 1、6 B 1（図中の記載は V 1、V 2、V 3。）、6 B 3 および 3 台の負荷第 3 相のセルユニット 6 C 1、6 C 2、6 C 3（図中の記載は W 1、W 2、W 3。）を含む。セルユニット 6 A 1、6 A 2、6 A 3、6 B 1、6 B 1、6 B 3、6 C 1、6 C 2、6 C 3 は、同一の回路構成を有し、これらを区別することなく説明する場合には、単にセルユニット

6と呼ぶ。各セルユニット6は、入力変圧器5の2次巻線から供給されたそれぞれ3相の交流電力を直流電力に変換し、変換した直流電力を所望の周波数・電圧の交流電力に変換して出力する。

[0014] 例えば、入力変圧器5の2次側第1群はセルユニット6A1の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第2群はセルユニットV1の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第3群はセルユニットW1の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第4群はセルユニット6A2の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第5群はセルユニット6B2の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第6群はセルユニット6C2の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第7群はセルユニット6A3の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第8群はセルユニット6B3の入力に接続されている。入力変圧器5の2次側第9群はセルユニット6C3の入力に接続されている。

[0015] 本実施形態では、セルユニット6A1、6A2、6A3は、表記の順番で、出力が互いに電氣的に直列に接続されている。セルユニット6A3のセルユニット6A2と接続されない出力端子は、電動機3の第1相（U相）に接続されている。セルユニット6A1のセルユニット6A2と接続されない出力端子は中性点に接続される。本実施形態では、セルユニット6B1、6B2、6B3は、表記の順番で、出力が互いに電氣的に直列に接続されている。セルユニット6B3のセルユニット6B2と接続されない出力端子は、電動機3の第2相（V相）に接続されている。セルユニット6B1のセルユニット6B2と接続されない出力端子は中性点に接続される。本実施形態では、セルユニット6C1、6B2、6B3は、表記の順番で、出力が互いに電氣的に直列に接続されている。セルユニット6C3のセルユニット6C2と接続されない出力端子は、電動機3の第3相（W相）に接続されている。セルユニット6C1のセルユニット6C2と接続されない出力端子は中性点に接続される。これにより、電力変換装置1は、大容量の交流電力を電動機3に供給可能である。

- [0016] 電流センサAM1と電流センサAM2は、電力変換装置1のインバータ13（図2）と電動機3の間に流れる負荷電流（相電流）を検出する。例えば、電流センサAM1が交流出力の第1相に、電流センサAM2が交流出力の第3相に設けられている。交流出力の第2相の電流は電流センサAM1と電流センサAM2の値から求めることができるので省略することができる。なお、電流センサAM1と電流センサAM2とを互いに区別しない場合には、単に電流センサAMと記すことがある。電流センサAMによって検出された電流値を電流Iと呼ぶことがある。
- [0017] 制御装置7は、各セルユニット6を制御する、又は保護する。制御装置7は、例えば、記憶部71と、稼働制御部72と、推定部73と、制動制御部74と、を備える。
- [0018] 記憶部71は、複数のセルユニット6sの制御に関わる各種データを格納する。各種データには、例えば、セルユニット6の直流電圧の過電圧を制限するための制限値（閾値 V_{th} ）、セルユニット6の直流電圧の基準電圧 V_{dc0} 、電流センサAMによって検出された電流値Iの履歴データとその積算値データ、セルユニット6の直流電圧値 V_{dc} の推定値（以下、直流電圧値 V_{dc_est} と呼ぶ。）などが含まれる。閾値 V_{th} は、例えば、直流リンクの直流電圧の上限値として規定される。基準電圧 V_{dc0} は、制御目標電圧の一例である。
- [0019] 稼働制御部72は、記憶部71に格納されているデータ、例えば直流電圧値 V_{dc_est} を示す情報および、電流センサAMにより検出された電流Iを示す情報に基づき、各セルユニット6に含まれるスイッチング素子13S（図2）を制御するための制御信号を生成する。稼働制御部72は、生成した制御信号を各セルユニット6に送ることで、各セルユニット6を制御する。稼働制御部72は、電動機3の制御状態を示す信号（例えば、回転数のフィードバック信号）を取得し、当該フィードバック信号に基づいて、各セルユニット6を制御する。また、制御装置7は、他の装置から電動機3の制御指令信号を取得し、当該制御指令信号に基づいて、各セルユニット6を制御する。
- [0020] 推定部73は、電流センサAMによって検出された電流値Iに基づいて、

直流電圧値 V_{dc_est} を算出する。直流電圧値 V_{dc_est} の算出については後述する。

[0021] 制動制御部 7 4 は、直流電圧値 V_{dc_est} に基づいて、直流電圧 V_{dc} が基準電圧 V_{dc0} を超えないように調整しながら、電動機 3 を制動させるように各部を制御する。例えば、制動制御部 7 4 は、電動機 3 の制動制御に係る所望のタイミングで遮断器 4 を開放させる。この所望のタイミングは、電動機 3 が回生状態になったときに整合させるとよい。

[0022] さらに、制動制御部 7 4 は、電動機 3 が回生状態になっている期間に、電動機 3 からの交流電力がより多くインバータ 1 3 に供給されるようにインバータ 1 3 を制御する。その際に、制動制御部 7 4 は、直流電圧値 V_{dc_est} が直流側の基準電圧 V_{dc0} を超えないように調整する。遮断器 4 とインバータ 1 3 の制御の詳細について後述する。

[0023] 次に、セルユニット 6 について説明する。

図 2 は、実施形態のセルユニット 6 を示す図である。セルユニット 6 は、例えば、ダイオードコンバータ 1 2 と、インバータ 1 3 と、平滑コンデンサ 1 4 と、抵抗 1 5、1 6 と、セルユニット制御部 CUC とを含む。ダイオードコンバータ 1 2 の直流出力とインバータ 1 3 の直流入力、直流リンクを介して、互いに正極 (P) 同士、および負極 (N) 極同士が電氣的に接続される。平滑コンデンサ 1 4 は、直流リンクに設けられていて、平滑コンデンサ 1 4 の端子が直流リンクの正極と負極に電氣的に接続されている。

[0024] 以下の説明では、セルユニット 6 A 1 を例示して、外部との接続関係を示しながらその一例について説明する。他のセルユニット 6 についても同様である。

[0025] ダイオードコンバータ 1 2 は、3 相交流入力型の順変換器であり、その入力部が入力変圧器 5 の二次側の一つの群に電氣的に接続されている。ダイオードコンバータ 1 2 は、交流を整流することで、入力変圧器 5 から入力された交流電力を直流電力に変換する。平滑コンデンサ 1 4 は、変換後の直流電圧を平滑化する。

[0026] インバータ 13 は、単相交流出力型の逆変換器である。インバータ 13 は、例えば、直流側の直流電力を交流電力に変換するスイッチング素子 13S とスイッチング素子 13S に逆並列に接続される逆接続ダイオード 13D とを備える。スイッチング素子 13S は、半導体スイッチング素子の一例である。インバータ 13 は、直流側がダイオードコンバータ 12 の直流出力に接続され、交流側が電動機 3 又は他のセルユニット 6 の出力と直列になるように接続されている。インバータ 13 は、例えば、変換後の交流電力を電動機 3 の第 1 相に出力する。

[0027] 抵抗 15、16 は、互いに直列に接続され、直列に接続された両端が平滑コンデンサ 14 に並列になるように接続されている。抵抗 15、16 の接続点は、セルユニット 6 のフレームに接続される。抵抗 15、16 は、平滑コンデンサ 14 に蓄積された電荷を放電させる。

[0028] セルユニット制御部 CUC は、制御装置 7 からのゲートパルス信号に基づいて、ダイオードコンバータ 12 およびインバータ 13 を構成するスイッチング素子を制御する信号を生成する。制御装置 7 からのゲートパルス信号はセルユニット制御部 CUC 経由でダイオードコンバータ 12 およびインバータ 13 を構成するスイッチング素子に与えられる。

[0029] 図 3 は、実施形態の制動制御に係る処理のフローチャートである。

例えば、直流電圧値 V_{dc_est} の初期値を 0 と定義する。図に示す一連の処理は、所定の間隔で繰り返して実施される。

[0030] まず、制動制御部 74 は、直流電圧値 V_{dc_est} が閾値 V_{th} を超えているか否かを判定する（ステップ S A 0 2）。なお、直流電圧値 V_{dc_est} は、前回の処理サイクルの中で算出されたものである。

[0031] 直流電圧値 V_{dc_est} が閾値 V_{th} を超えている場合には、制動制御部 74 は、遮断器 4 を遮断して（ステップ S A 0 4）、今回サイクルの一連の処理を終える。

[0032] 直流電圧値 V_{dc_est} が閾値 V_{th} を超えていない場合には、制動制御部 74 は、遮断器 4 を遮断することなくインバータ 13 を機能させる（ステップ S A

06)。

[0033] 次に、制動制御部74は、上位装置からのインバータ13の停止指令を検出したか否かを判定する(ステップSA08)。上位装置からのインバータ13の停止指令を検出しなければ、制動制御部74は、処理をステップSA02に進める。

[0034] 上位装置からのインバータ13の停止指令を検出すると、制動制御部74は、インバータ13の出力を停止する(ステップSA10)。続けて、制動制御部74は、遮断器4を遮断する(ステップSA12)。

[0035] 次に、推定部73は、次に示す式(1)を用いて直流電圧値Vdc_estを算出する(ステップSA20)。例えば、直流電圧値Vdc_estは、下記の式(1)で定義される。

[0036] [数1]

$$Vdc_est = Vdc0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + 1/C \cdot \int I_r(t) dt \quad \dots (1)$$

[0037] 式(1)における各変数は、下記のとおりである。

Vdc0: 直流部の基準電圧

R: 直流部の抵抗値

C: 直流部のキャパシタ

t: 時刻

I_r(t): 時刻tにおいて、電動機3からインバータ13に流入する回生電流

[0038] 実施形態のセルユニット6の場合、上記の抵抗値は、抵抗15と抵抗16の抵抗値の和になる。上記のキャパシタCは、平滑コンデンサ14の容量になる。なお、平滑コンデンサ14が互いに並列に接続された複数のコンデンサの組み合わせで形成されている場合には、上記のキャパシタCは、複数のコンデンサの容量の和になる。

[0039] 上記の式(1)の右辺の第1項は、直流部の基準電圧Vcd0を初期値とし、直流部の抵抗値Rと直流部のキャパシタCとにより規定される時定数RCに

従った放電特性を規定する。同第２項は、回生電流 $I_r(t)$ によって充電される直流部のキャパシタ C の充電による電圧変化を規定する。上記の第１項と第２項を加算することにより、キャパシタ C に掛かる電圧、つまり平滑コンデンサ１４の端子電圧（直流リンクの直流電圧）が導出される。

- [0040] 平滑コンデンサ１４の端子電圧が直流部の基準電圧 V_{dc0} を下回るように制御できれば直流部に過電圧は生じない。つまり、下記の式（２）を満たすように、回生電流 $I_r(t)$ を調整することで、上記の過電圧の発生を抑制できる。
- [数２]

$$V_{dc0} > V_{dc0} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} + 1/C \cdot \int I_r(t) dt \quad \dots (2)$$

- [0041] 上記のとおり、式（２）の右辺は、上記の式（１）の右辺と同じである。そこで、制動制御部７４は、式（１）を用いた演算により導かれた直流電圧値 V_{dc_est} が、予め定められた直流部の基準電圧 V_{dc0} を超えているか否かを判定する（ステップＳＡ２２）。この判定は、上記の式（２）の条件を満たしているか否かの判定に相当する。これにより、制動制御部７４は、平滑コンデンサ１４の充電状態を間接的に検出することができる。なお、回生電流 $I_r(t)$ の積分の演算は、所定期間の $I_r(t)$ の積算値を用いてもよい。例えば、上記の所定期間は、インバータ１３の交流出力の基本周期の自然数倍の範囲にするとよい。

- [0042] 直流電圧値 V_{dc_est} が直流部の基準電圧 V_{dc0} を超えていない場合には、制動制御部７４は、インバータ１３の指令値を上げて、電動機３からの回生電流を増やすように制御する（ステップＳＡ２４）。これにより、制動制御部７４は、過電圧状態になるまで余裕があると推定された直流電圧値 V_{dc} を、基準電圧 V_{dc0} を超えないように高めることと、電動機３側からインバータ１３に、より多くの電流を流すことができる。なお、上記のインバータ１３の指令値とは、回生量を規定するものであり、上記の指令値を上げることにより回生量が増えるように規定される。

- [0043] 直流電圧値 V_{dc_est} が設定値（閾値） V_{dc0} を超えている場合には、制動制御

部 7 4 は、インバータ 1 3 の指令値を下げて、電動機 3 からの回生電流を減らすように制御する（ステップ S A 2 6）。これにより、制動制御部 7 4 は、過電圧状態にあると推定された直流電圧値 V_{dc} を下げるように、電動機 3 側からインバータ 1 3 に流れる電流を減らすことができる。

[0044] S A 2 4 又は S A 2 6 の処理を終えると、制動制御部 7 4 は、電動機 3 の速度がゼロか否かを判定する（ステップ S A 2 8）。制動制御部 7 4 は、電動機 3 の速度がゼロでなければ、ステップ S A 2 0 からの処理を繰り返す。制動制御部 7 4 は、電動機 3 の速度がゼロであれば、今回サイクルの一連の処理を終える。なお、上記の電動機 3 の速度がゼロか否かを判定することに代えて、ゼロ近傍の閾値を用いて電動機 3 の速度を判定して、閾値で規定される速度より低下した場合の電動機 3 の速度をゼロとみなすようにしてもよい。

[0045] 上記の実施形態によれば、電動機 3 を制動させる際に、推定部 7 3 は、インバータ 1 3 と電動機 3 の間に流れる負荷電流の検出値（電流値 I ）に基づいて、直流電圧値 V_{dc_est} を算出する。制動制御部 7 4 は、電動機 3 が回生状態になっている期間に、直流電圧値 V_{dc_est} が基準電圧 V_{dc0} を超えないようにインバータ 1 3 を制御する。これにより、電動機 3 をより速やかに制動させることができる。

[0046] 制動制御部 7 4 は、上記の制御により、上位装置からのインバータ 1 3 の停止指令を検出して電動機 3 を制動させるが、その制動中に直流電圧値 V_{dc_est} が基準電圧 V_{dc0} を超えないようにインバータ 1 3 を制御する。これにより、制動制御によって過電圧状態になることを抑制することができる。

[0047] 制動制御部 7 4 は、電動機 3 の制動制御に係る所望のタイミングで遮断器 4 を開放させることにより、交流電源 2 からダイオードコンバータ 1 2 を経て流入する電力を遮断することができる。これにより、例えば電動機 3 が回生状態になっている期間に、遮断器 4 を開放させることで、直流電圧値 V_{dc_est} が基準電圧 V_{dc0} を超えないように制御することができる。

[0048] なお、推定部 7 3 は、電動機 3 が回生状態になっていることを、電流セン

サAMによって検出された電流値Iに基づいて検出するとよい。その場合、推定部73は、電流センサAMによって検出された電流値Iに基づいて、電動機3から有効電力の流入を検出することで、電動機3からインバータ13に回生エネルギーの流入を検出することができる。

[0049] 制動制御部74は、推定部73によって算出された直流電圧値 V_{dc_est} に基づいて、直流 V_{dc} の変化を制御してもよい。この場合、制動制御部74は、直流電圧値 V_{dc_est} が基準電圧 V_{dc0} を超えないようにインバータ13を制御する。その際に、制動制御部74は、直流電圧値 V_{dc_est} が直流側の基準電圧 V_{dc0} を超えない範囲で、電動機3からの交流電力がより多くインバータ13に供給されるようにインバータ13を制御するとよい。これにより、直流電圧 V_{dc} が過電圧になることを抑制しつつ、電動機3をより速やかに制動させることができる。

[0050] 上記の実施形態では、直流側の直流電圧 V_{dc} を検出する電圧検出器をセルユニット6ごとに設けることなく、直流電圧値 V_{dc_est} を上記の式(1)に基づいて算出することができるため、電力変換装置1の構成を簡素化できる。例えば、直流電圧値 V_{dc_est} を算出のためのデータを収集するセンサは、少なくとも2個の電流センサAMでよい。

[0051] (第2の実施形態)

図1と図4を参照して、第2の実施形態について説明する。第1の実施形態では、抵抗15、16の値が固定値である事例について説明した。本実施形態では、式(1)と式(2)の抵抗値Rを、系の状態により調整する事例について説明する。

[0052] 図4に示すセルユニット6V1は、図2に示したセルユニット6と比べて下記の点が異なる。セルユニット6V1は、抵抗15P、16Pと、スイッチ15S、16Sとをさらに備える。

[0053] 抵抗15P、16Pと、スイッチ15S、16Sは、互いに直列に接続される。直列に接続された抵抗15P、16Pと、スイッチ15S、16Sの両端は、平滑コンデンサ14に並列になるように接続されている。例えば、

スイッチ 15 S、抵抗 15 P、16 P、スイッチ 16 S の順に直列に接続されている場合、スイッチ 15 S、16 S の夫々の一端が、直列に接続された抵抗 15 P、16 P と、スイッチ 15 S、16 S の両端になっている。この場合、抵抗 15 P、16 P の接続点は、抵抗 15、16 の接続点とともにセルユニット 6 V 1 のフレームに接続される。

[0054] セルユニット制御部 CUC は、制御装置 7 からのゲートパルス信号に基づいて、ダイオードコンバータ 12 およびインバータ 13 を構成するスイッチング素子 13 S を制御するための信号を生成する。さらに、セルユニット制御部 CUC は、制御装置 7 からの制御信号に基づいて、スイッチ 15 S、16 S を制御するための信号を生成する。

[0055] なお、制動制御部 74 は、遮断器 4 とインバータ 13 の制御に加えて、上記のスイッチ 15 S、16 S を制御する。制動制御部 74 は、遮断器 4 を制御するタイミングに合わせて、上記のスイッチ 15 S、16 S を制御するとよい。例えば、制動制御部 74 は、遮断器 4 を遮断するときに、上記のスイッチ 15 S、16 S を導通させて、遮断器 4 を導通させるときに、上記のスイッチ 15 S、16 S を遮断させるとよい。

[0056] 例えば、スイッチ 15 S、16 S は、平時には制動制御部 74 によって遮断状態に制御されていて、抵抗 15 P、16 P がダイオードコンバータ 12 の負荷にならない。スイッチ 15 S、16 S は、電動機 3 の回生状態が検出されたときに制動制御部 74 によって導通状態に制御される。これにより、スイッチ 15 S、16 S は、抵抗 15 P、16 P を経て平滑コンデンサ 14 に蓄積された電荷を放電させる。

[0057] 上記のように制御すると、回生状態のときの放電量が増加する。具体的には、式 (1) と式 (2) の抵抗値 R が、次の式 (3) に示すように、抵抗 15、16 の合成抵抗の値 R1 と、抵抗 15、16 の合成抵抗の値 R2 とを並列接続にした場合の値になる。

$$R = R1 \times R2 / (R1 + R2) \quad \cdots (3)$$

[0058] 上記の実施形態によれば、第 1 の実施形態と同様の効果を奏することのほ

か、回生状態になっているときの電力損失量を増大させることができ、平滑コンデンサ 14 に蓄積された電荷をより効率よく放電させることができる。

[0059] 以上説明した少なくとも一つの実施形態によれば、電力変換装置 1 は、ダイオードコンバータ 12 と、インバータ 13 と、平滑コンデンサ 14 と、抵抗 15、16 と、電流センサ AM と、推定部 73 と、制動制御部 74 とを備える。ダイオードコンバータ 12 は、交流電源 2 からの交流を整流する。インバータ 13 は、直流側がダイオードコンバータ 12 の直流出力に接続され、交流側が負荷 L に接続され、直流側の直流電力を交流電力に変換するスイッチング素子 13S とスイッチング素子 13S に逆並列に接続される逆接続ダイオード 13D とを備える。平滑コンデンサ 14 は、ダイオードコンバータ 12 の直流出力に設けられる。抵抗 15、16 は、平滑コンデンサ 14 に並列に接続される。電流センサ AM は、インバータ 13 と電動機 3 の間に流れる負荷電流を検出する。推定部 73 は、電流センサ AM によって検出された電流値 I に基づいて、直流電圧値 V_{dc_est} を算出する。制動制御部 74 は、電動機 3 が回生状態になっている期間に、直流電圧値 V_{dc_est} が基準電圧 V_{dc0} を超えないようにインバータ 13 を制御する。これにより、電力変換装置 1 は、電動機 3 をより速やかに制動させることができる。

[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…交流電源、3…電動機、4…遮断器、5…入力変圧器、6…セルユニット、6s…複数のセルユニット、7…制御装置、12…ダイオードコンバータ、13…インバータ、13S…スイッチング素子、13D…逆接続ダイオード、14…平滑コンデンサ、15、15P、16、1

6 P…抵抗、1 5 S、1 6 S…スイッチ、C U C…セルユニット制御部、7
1 …記憶部、7 2 …稼働制御部、7 3 …推定部、7 4 …制動制御部、A M、
A M 1、A M 2…電流センサ

請求の範囲

[請求項1]

電源からの交流を整流するダイオードコンバータと、
直流側が前記ダイオードコンバータの直流出力に接続され、交流側が電動機に接続され、前記直流側の直流電力を交流電力に変換する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子に逆並列に接続される逆接続ダイオードとを備えるインバータと、
前記ダイオードコンバータの直流出力に設けられた平滑コンデンサと、
前記平滑コンデンサに並列に接続される抵抗と、
前記インバータと前記電動機の間には流れる負荷電流を検出する電流センサと、
前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出する推定部と、
前記電動機が回生状態になっている期間に、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が所定の基準電圧を超えないように前記イ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]

前記電源から前記ダイオードコンバータに供給される電力を、前記制御部の制御に基づいて遮断する遮断器
を備え、
前記制御部は、
前記電動機の制動制御に係る所望のタイミングで前記遮断器を開放させる、
請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項3]

前記推定部は、
前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて前記電動機から前記インバータに回生エネルギーの流入を検出し、
前記制御部は、

前記回生エネルギーの流入が検出されると前記遮断器を開放させる

、

請求項 2 に記載の電力変換装置。

[請求項4]

前記推定部は、

少なくとも前記直流側の基準電圧と、前記電流センサによって検出された前記電動機から前記インバータに流れる電流の電流値 I と、前記平滑コンデンサの容量 C とに基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出し、

前記制御部は、

前記算出された直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値に基づいて、前記直流電圧 V_{dc} の変化を制御する、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項5]

前記推定部は、

前記直流側の基準電圧と、前記電流センサによって検出された前記電動機から前記インバータに流れる電流の電流値 I と、前記平滑コンデンサの容量 C と、前記平滑コンデンサの容量 C と前記抵抗の抵抗値 R とに基づいて規定される時定数 RC とに基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出し、

前記制御部は、

前記算出された直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値に基づいて、前記直流電圧 V_{dc} の変化を制御する、

請求項 4 に記載の電力変換装置。

[請求項6]

前記制御部は、

前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が前記直流側の基準電圧を超えない範囲で、前記電動機からの交流電力がより多く前記インバータに供給されるように前記インバータを制御する、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項7]

電源からの交流を整流するダイオードコンバータと、

直流側が前記ダイオードコンバータの直流出力に接続され、交流側が電動機に接続され、前記直流側の直流電力を交流電力に変換する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子に逆並列に接続される逆接続ダイオードとを備えるインバータと、

前記ダイオードコンバータの直流出力に設けられた平滑コンデンサと、

前記平滑コンデンサに並列に接続される抵抗と、

前記インバータと前記電動機の間には流れる負荷電流を検出する電流センサと、

を備える電力変換装置による電動機制御方法であって、

前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出するステップと、

前記電動機が回生状態になっている期間に、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が所定の基準電圧を超えないように前記インバータを制御するステップと

を含む電動機制動方法。

補正された請求の範囲
[2020年6月26日(26.06.2020)国際事務局受理]

- [請求項 1] (補正後) 電源からの交流を整流するダイオードコンバータと、
直流側が前記ダイオードコンバータの直流出力に接続され、
交流側が電動機に接続され、前記直流側の直流電力を交流電力に変換する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子に逆並列に接続される逆接続ダイオードとを備えるインバータと、
前記ダイオードコンバータの直流出力に設けられた平滑コンデンサと、
前記平滑コンデンサに並列に接続される抵抗と、
前記インバータと前記電動機の間には流れる負荷電流を検出する電流センサと、
前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出する推定部と、
前記電動機が回生状態になっている期間に、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が所定の基準電圧を超えないように前記インバータを制御する制御部と
を備え、
前記推定部は、
少なくとも前記直流側の基準電圧と、前記電流センサによって検出された前記電動機から前記インバータに流れる電流の電流値 I と、前記平滑コンデンサの容量 C とに基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を前記算出し、
前記制御部は、
前記算出された前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の変化を制御する、
電力変換装置。
- [請求項 2] 前記電源から前記ダイオードコンバータに供給される電力

を、前記制御部の制御に基づいて遮断する遮断器を備え、
前記制御部は、
前記電動機の制動制御に係る所望のタイミングで前記遮断器を開放させる、
請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項 3]

前記推定部は、
前記電流センサによって検出された電流値 I に基づいて前記電動機から前記インバータに回生エネルギーの流入を検出し、
前記制御部は、
前記回生エネルギーの流入が検出されると前記遮断器を開放させる、
請求項 2 に記載の電力変換装置。

[請求項 4] (削除)

[請求項 5] (補正後) 前記推定部は、

前記直流側の基準電圧と、前記電流センサによって検出された前記電動機から前記インバータに流れる電流の電流値 I と、前記平滑コンデンサの容量 C と、前記平滑コンデンサの容量 C と前記抵抗の抵抗値 R とに基づいて規定される時定数 RC とに基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を前記算出し、
前記制御部は、
前記算出された前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の変化を制御する、
請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項 6]

前記制御部は、
前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が前記直流側の基準電圧を超えない範囲で、前記電動機からの交流電力がより多く

前記インバータに供給されるように前記インバータを制御する、

請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項 7] (補正後) 電源からの交流を整流するダイオードコンバータと、
直流側が前記ダイオードコンバータの直流出力に接続され、
交流側が電動機に接続され、前記直流側の直流電力を交流電力に変換する半導体スイッチング素子と前記半導体スイッチング素子に逆並列に接続される逆接続ダイオードとを備えるインバータと、

前記ダイオードコンバータの直流出力に設けられた平滑コンデンサと、

前記平滑コンデンサに並列に接続される抵抗と、

前記インバータと前記電動機の間には流れる負荷電流を検出する電流センサと、

を備える電力変換装置による電動機制御方法であって、

少なくとも前記直流側の基準電圧と、前記電流センサによって検出された前記電動機から前記インバータに流れる電流の電流値 I と、前記平滑コンデンサの容量 C とに基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値を算出するステップと、

前記算出された前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値に基づいて、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の変化を制御することにより、前記電動機が回生状態になっている期間に、前記直流側の直流電圧 V_{dc} の推定値が所定の基準電圧を超えないように前記インバータを制御するステップと

を含む電動機制動方法。

条約第 19 条（1）に基づく説明書

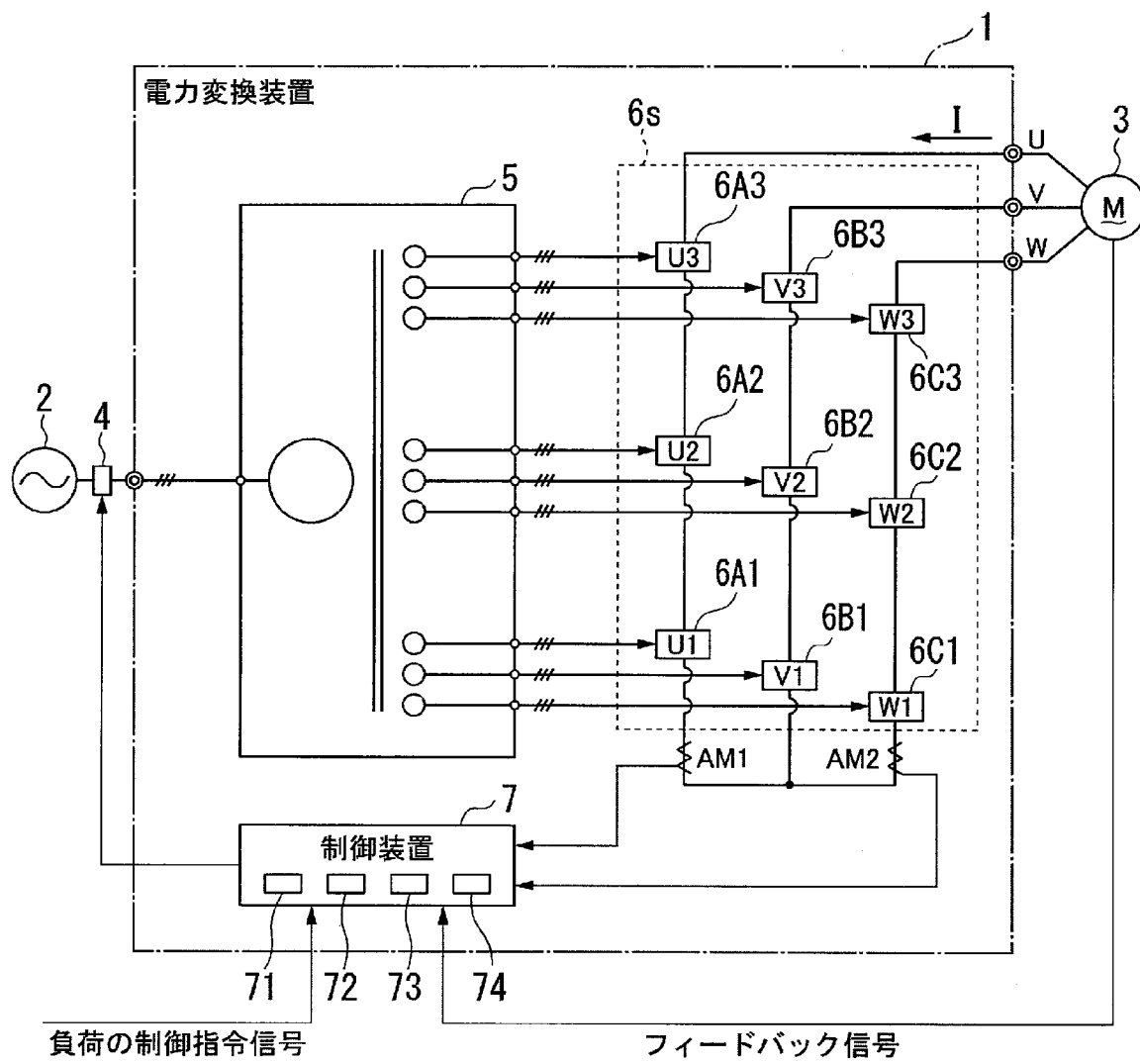
請求の範囲第 1 項は、補正前の請求項 4 の構成を含むことを明確にした。

請求の範囲第 4 項を、削除した。

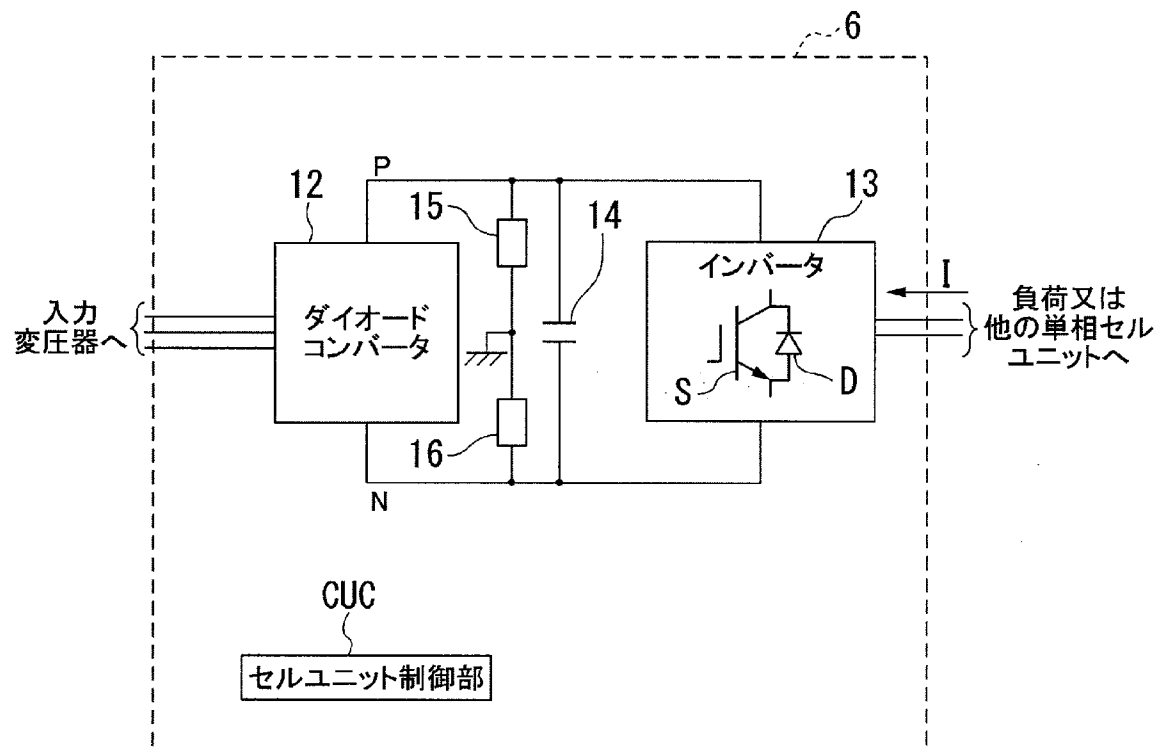
請求の範囲第 5 項は、引用先を調整した。

請求の範囲第 7 項は、補正前の請求項 4 の構成を含むことを明確にした。

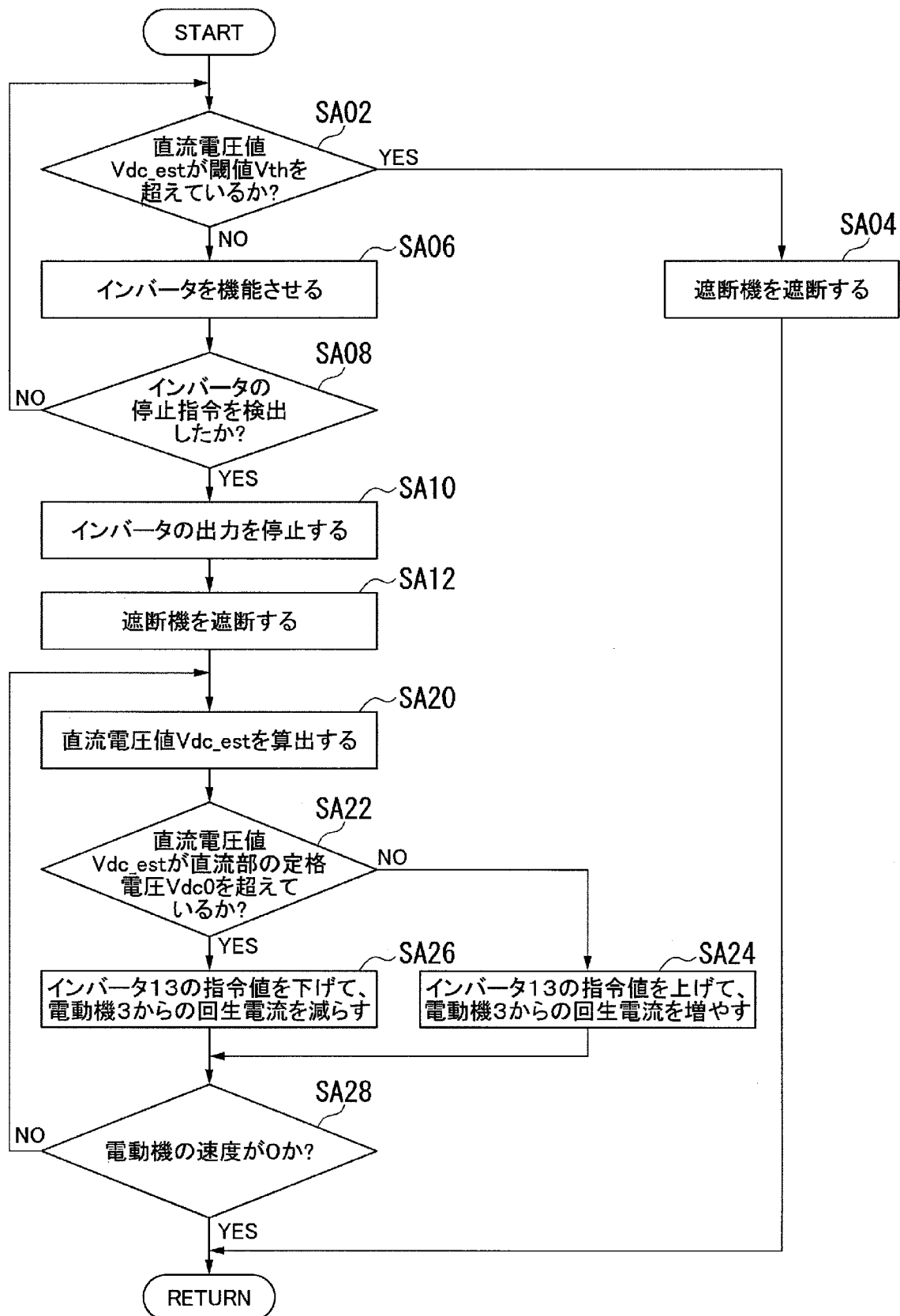
[図1]



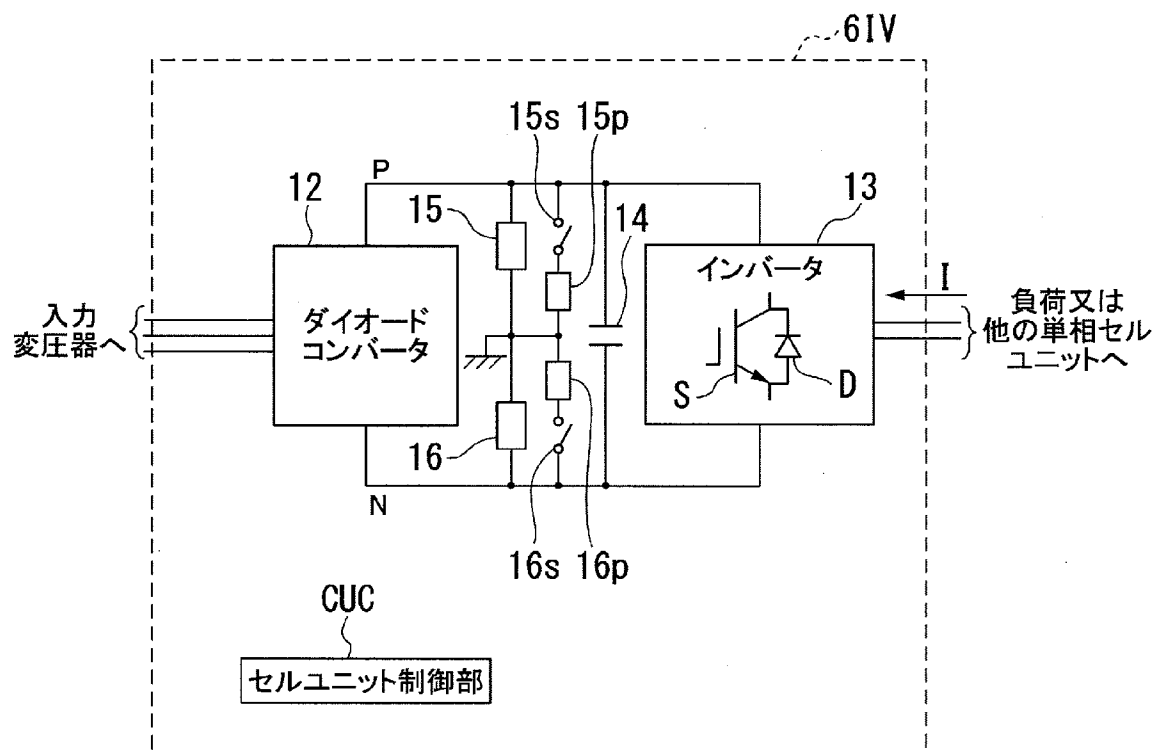
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/023697

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H02M7/48 (2007.01) i, H02P27/06 (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. H02M7/48, H02P27/06

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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.
Y A	JP 2012-10488 A (HITACHI, LTD.) 12 January 2012, paragraphs [0005]-[0033], fig. 1, 2, 4, 5 & CN 102299681 A	1-3, 6-7 4-5
Y A	JP 2012-205391 A (TOSHIBA SCHNEIDER INVERTER CORP.) 22 October 2012, paragraphs [0011], [0012], fig. 1 (Family: none)	1-3, 6-7 4-5
Y A	JP 8-19266 A (SHIMADZU CORP.) 19 January 1996, paragraphs [0021]-[0024], [0034], [0035], fig. 2, 4 (Family: none)	2-3 1, 4-7
Y A	JP 2002-171695 A (MEIDENSHA CORP.) 14 June 2002, paragraph [0020] (Family: none)	3 1-2, 4-7



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
12.07.2019

Date of mailing of the international search report
23.07.2019

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

International application No.

PCT/JP2019/023697

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-233180 A (TOSHIBA CORP.) 16 August 2002, entire text, all drawings (Family: none)	1-7
A	WO 2014/141527 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 September 2014, entire text, all drawings & US 2015/0357945 A1, entire text, all drawings & CN 105075105 A	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02M7/48(2007.01)i, H02P27/06(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（IPC））

Int.Cl. H02M7/48, H02P27/06

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
Y A	JP 2012-10488 A（株式会社日立製作所） 2012.01.12, 段落[0005]-[0033], 図 1-2, 4-5 & CN 102299681 A	1-3, 6-7 4-5
Y A	JP 2012-205391 A（東芝シュネデール・インバータ株式会社） 2012.10.22, 段落[0011]-[0012], 図 1 (ファミリーなし)	1-3, 6-7 4-5

☒ 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

12.07.2019

国際調査報告の発送日

23.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

麻生 哲朗

5 G

1159

電話番号 03-3581-1101 内線 3526

C (続き) . 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
Y A	JP 8-19266 A (株式会社島津製作所) 1996.01.19, 段落[0021]-[0024], [0034]-[0035], 図 2, 4 (ファミリーなし)	2-3 1, 4-7
Y A	JP 2002-171695 A (株式会社明電舎) 2002.06.14, 段落[0020] (ファミリーなし)	3 1-2, 4-7
A	JP 2002-233180 A (株式会社東芝) 2002.08.16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
A	WO 2014/141527 A1 (三菱電機株式会社) 2014.09.18, 全文, 全図 & US 2015/0357945 A1, 全文, 全図 & CN 105075105 A	1-7