

(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
2024年11月14日(14.11.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/232029 A1

- (51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/017511
- (22) 国際出願日: 2023年5月10日(10.05.2023)
- (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: 松永 樹 (MATSUNAGA Tatsuki); 〒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). 恩田 航平

(ONDA Kohei); 〒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). 田村 静里(TAMURA Shizuri); 〒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). 岡川 昂司(OKAGAWA Koji); 〒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).

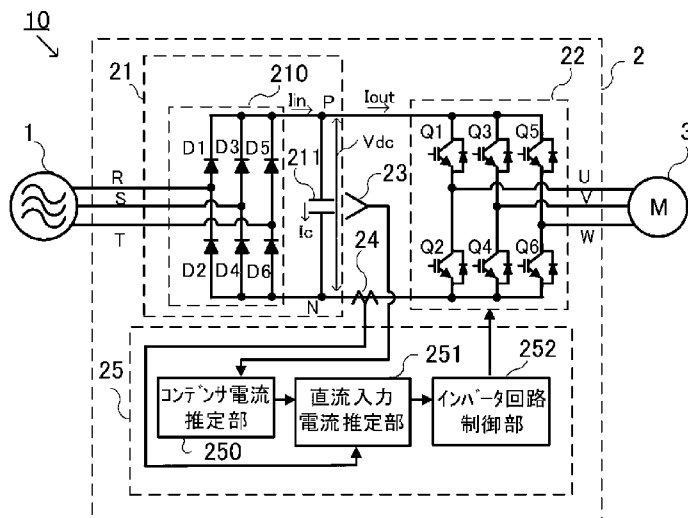
(74) 代理人: 弁理士法人 ぱるも特許事務所(PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (JP).

(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,

(54) Title: POWER CONVERSION APPARATUS AND MOTOR DRIVE SYSTEM

(54) 発明の名称: 電力変換装置及びモータ駆動システム

[図1]



250... CAPACITOR CURRENT ESTIMATION UNIT
251... DC INPUT CURRENT ESTIMATION UNIT
252... INVERTER CIRCUIT CONTROL UNIT

(57) Abstract: A power conversion apparatus (2) comprises: a converter circuit (21) including a smoothing capacitor (211) and a rectification circuit (210) provided with a plurality of rectification elements (D1-D6); an inverter circuit (22); and a control device (25). The control device (25) is provided with a capacitor current estimation unit (250) that estimates current (Ic) flowing through the smoothing capacitor (211), and a DC input current estimation unit (251) that estimates DC input current (Iin) outputted from the rectification circuit (210). The capacitor current estimation unit (250) estimates a capacitor current value (Ic) on the basis of a capacitance (Cm) of the smoothing capacitor (211) and a DC bus voltage value (Vdc) applied to the smoothing capacitor (211). The DC input current estimation unit (251) estimates a DC input current value (Iin) on the basis of a capacitor current estimation value (Ic) and a DC output current value (Iout) inputted

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, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

to the inverter circuit (22).

(57) 要約: 複数の整流素子(D1-D6)を備えた整流回路(210)と平滑コンデンサ(211)を含むコンバータ回路(21)、インバータ回路(22)及び制御装置(25)を備えた電力変換装置(2)であって、制御装置(25)は、平滑コンデンサ(211)を流れる電流(Ic)を推定するコンデンサ電流推定部(250)と、整流回路(210)から出力される直流入力電流(Iin)を推定する直流入力電流推定部(251)と、を備え、コンデンサ電流推定部(250)は、平滑コンデンサ(211)のコンデンサ容量(Cm)及び平滑コンデンサ(211)に印加される直流母線電圧値(Vdc)に基づいて、コンデンサ電流値(Ic)を推定し、直流入力電流推定部(251)は、コンデンサ電流推定値(Ic)とインバータ回路(22)に入力される直流出力電流値(Iout)とに基づいて直流入力電流値(Iin)を推定する。

明 細 書

発明の名称：電力変換装置及びモータ駆動システム

技術分野

[0001] 本願は、電力変換装置及びモータ駆動システムに関する。

背景技術

[0002] モータ駆動用の電力変換装置として、交流電源から供給される交流電力を直流電力に変換し、その変換された直流電力を再度交流電力に変換するものがある。この電力変換装置は、整流回路と平滑コンデンサから構成されるコンバータ回路及びインバータ回路を備えた構成が一般的である。コンバータ回路は交流電力を直流電力に変換し、平滑コンデンサは変換された直流の電圧を平滑化する。インバータ回路はコンバータ回路で変換された直流電力を再度、交流電力に変換することでモータを駆動している。

[0003] 電力変換装置には異常発生時において回路破壊を防止するために、異常状態を検出して回路を保護する機能が要求される。例えば、モータの過負荷状態を検知し、過電流によるインバータ回路の破壊を保護する技術などが挙げられる。

[0004] このような要求に対する技術として、交流電源が不平衡状態となった場合のコンバータ回路の過電流保護に関する技術が開示されている（例えば、特許文献1参照）。特許文献1では、整流回路の出力に設けられた電流検出器で検出された電流及び交流電源の位相に基づいて、整流回路を構成するダイオードに導通する電流を推定することで整流回路ひいてはコンバータ回路の過電流による破壊から保護する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2016-82744号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に開示されている技術では、整流回路の出力側で電流を検出するように構成されているので、整流回路から出力された大電流の直流入力電流を検出することになり、電流検出器が大型となる、すなわち電力変換装置が大型になるという問題がある。

[0007] 本願は、上記の課題を解決するための技術を開示するものであり、整流回路から出力される電流を検出する電流検出器を設けることなく、コンバータ回路を保護することが可能な電力変換装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本願に開示される電力変換装置は、

複数の整流素子を備えた整流回路と平滑コンデンサとを含み、交流電力を直流電力に変換するコンバータ回路、前記コンバータ回路で変換された直流電力を交流電力に変換するインバータ回路及び前記インバータ回路を制御する制御装置を備えた電力変換装置であって、

前記制御装置は、前記平滑コンデンサを流れる電流を推定するコンデンサ電流推定部と、前記整流回路から出力される直流入力電流を推定する直流入力電流推定部と、を備え、

前記コンデンサ電流推定部は、前記平滑コンデンサのコンデンサ容量及び前記平滑コンデンサに印加される直流母線電圧値に基づいて、前記平滑コンデンサに流れるコンデンサ電流値を推定し、

前記直流入力電流推定部は、推定された前記コンデンサ電流推定値と、前記インバータ回路に入力される直流出力電流値とに基づいて前記整流回路が出力する直流入力電流値を推定する、ものである。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、整流回路が出力する直流入力電流を、電流検出器を用いることなく、推定することができるので、過電流からコンバータ回路の保護が可能であるとともに、電流検出器を備えない分、小型の電力変換装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]実施の形態1に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図2]実施の形態1の変形例に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図3]実施の形態2に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図4]実施の形態3に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図5]実施の形態3に係る電力変換装置の直流母線電圧推定部の動作を示すフローチャートである。

[図6]実施の形態4に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図7]実施の形態5に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図8]実施の形態6に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。

[図9]実施の形態1から6に係る制御装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本実施の形態について図を参照して説明する。なお、各図中、同一符号は、同一または相当する部分を示すものとする。

[0012] 実施の形態1.

以下、実施の形態1に係る電力変換装置及びそれを備えたモータ駆動システムについて、図を用いて説明する。図1は、実施の形態1に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。図1において、モータ駆動システム10は、電力変換装置2において交流電源1から得られる交流電力を直流電力に変換し、その変換された直流電力を再度交流電力に変換することでモータ3を駆動するように構成されている。すなわち、モータ

駆動システム 10 は、電力変換装置 2 において変換された交流電力を駆動源としてモータ 3 を駆動する。

[0013] <電力変換装置 2 の構成>

次に電力変換装置 2 の構成について説明する。電力変換装置 2 は、コンバータ回路 21、インバータ回路 22、直流母線電圧センサ 23、直流出力電流センサ 24 及び制御装置 25 を備える。コンバータ回路 21 は、交流電源 1 からの交流電力を直流電力に変換するものであって、インバータ回路 22 に直流電力を出力する。

[0014] <コンバータ回路 21 の構成>

コンバータ回路 21 は、整流回路 210 及び平滑コンデンサ 211 を備える。

整流回路 210 は複数の整流素子によって構成される。図 1 に示すように整流回路 210 は整流素子としてダイオードを備える。ダイオード D1 のアノードとダイオード D2 のカソードが接続されて交流入力端子となり、交流電源 1 の R 相に接続されている。ダイオード D3 のアノードとダイオード D4 のカソードが接続されて交流入力端子となり、交流電源 1 の S 相に接続されている。ダイオード D5 のアノードとダイオード D6 のカソードが接続されて交流入力端子となり、交流電源 1 の T 相に接続されている。

[0015] ダイオード D1、D3、D5 のカソードが互いに接続され直流電圧の正電位端子を構成し、平滑コンデンサ 211 の正電位端子 P、及びインバータ回路 22 の正電位端子に接続される。ダイオード D2、D4、D6 のアノードが互いに接続され、直流電圧の負電位端子を構成し、平滑コンデンサ 211 の負電位端子 N、及びインバータ回路 22 の負電位端子に接続される。

[0016] 図 1 において、整流回路 210 は 6 つの整流素子がそれぞれダイオードで構成されているが、この構成に限るものではない。例えば、2 つ以上のダイオードが直列接続されて 1 つの整流素子を構成してもよいし、2 つ以上のダイオードが並列接続されて 1 つの整流素子を構成してもよい。

[0017] 平滑コンデンサ 211 は整流回路 210 から出力された直流電圧を平滑化

するものであって、平滑化された直流電圧をインバータ回路22に出力する。平滑コンデンサ211は正電位端子Pと負電位端子Nを備える。本実施の形態において、平滑コンデンサ211は静電容量値 C_m 、寄生抵抗値 R_s で規定される。

なお、図1において、平滑コンデンサ211は1つのコンデンサで構成されているが、この構成に限るものではない。例えば、2つ以上のコンデンサを直列接続、または並列接続、または直並列接続して構成してもよい。

[0018] <インバータ回路22の構成>

インバータ回路22は、コンバータ回路21から出力された直流電力を交流電力に変換し、その交流電力をモータ3に出力する。

図1において、インバータ回路22は6個のスイッチング素子 $Q_1 - Q_6$ を備える。ここでは、スイッチング素子がIGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) の例を示している。

[0019] スwitching素子 Q_1 のエミッタとスイッチング素子 Q_2 のコレクタとが接続され、モータ3のU相に接続されている。スイッチング素子 Q_3 のエミッタとスイッチング素子 Q_4 のコレクタとが接続され、モータ3のV相に接続されている。スイッチング素子 Q_5 のエミッタとスイッチング素子 Q_6 のコレクタとが接続され、モータ3のW相に接続されている。

[0020] スwitching素子 Q_1 、 Q_3 、 Q_5 のコレクタが互いに接続され、直流電圧の正電位端子を構成し、平滑コンデンサ211の正電位端子P、及びコンバータ回路21の正電位端子に接続される。

スイッチング素子 Q_2 、 Q_4 、 Q_6 のエミッタが互いに接続され、直流電圧の負電位端子を構成し、平滑コンデンサ211の負電位端子N、及びコンバータ回路21の負電位端子に接続される。

[0021] 図1において、インバータ回路22は6つスイッチング素子がそれぞれIGBTから構成されているが、これに限るものではない。例えば、IGBTが2つ以上直列接続されて1つのスイッチング素子が構成されてもよいし、IGBTが2つ以上並列接続されて1つのスイッチング素子が構成されても

よい。

[0022] また、図1において、インバータ回路22の具備するスイッチング素子がIGBTで構成されている例を示したが、本構成に限るものではない。例えば、MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) で構成されていてもよい。また、スイッチング素子はSi (ケイ素) 半導体で構成されるものに限らず、ワイドバンドギャップ型半導体である、SiC (炭化ケイ素)、GaN (窒化ガリウム) 等の半導体を用いてもよい。GaN-HEMT (Gallium Nitride - High Mobility Transistor) などのスイッチング素子で構成されてもよい。

[0023] コンバータ回路21とインバータ回路22とは正電位端子及び負電位端子で接続されており、それらを直流母線と呼ぶ場合がある。

直流母線電圧センサ23は平滑コンデンサ211の正電位端子Pと負電位端子Nとの間に印加される直流母線電圧値 V_{dc} を検出し、直流母線電圧値 V_{dc} を制御装置25に出力する。

[0024] 直流出力電流センサ24は平滑コンデンサ211とインバータ回路22の間に接続され、インバータ回路22に入力される直流出力電流値 I_{out} を検出し、直流出力電流値 I_{out} を制御装置25に出力する。

図1において、直流出力電流センサ24はインバータ回路22の負電位端子側でインバータ回路22と平滑コンデンサ211との間に接続されているが、インバータ回路22の正電位端子側でインバータ回路22と平滑コンデンサ211との間に接続されてもよい。

[0025] <制御装置25の構成及び動作>

制御装置25は、コンデンサ電流推定部250、直流入力電流推定部251、及びインバータ回路制御部252を備える。

[0026] コンデンサ電流推定部250は、直流母線電圧センサ23から出力された直流母線電圧値 V_{dc} 、平滑コンデンサ211の静電容量値 C_m 及び寄生抵抗値 R_s に基づいて、平滑コンデンサ211に流れるコンデンサ電流値 I_c を推定する。推定されたコンデンサ電流値 I_c は直流入力電流推定部251に出力さ

れる。

[0027] コンデンサ電流値 I_c は次の式 (1) に基づいて、推定される。

[数1]

数1

$$I_c = \frac{sC_m}{(1 + sC_mR_s)} \cdot V_{dc} \cdots(1)$$

ここで、 s はラプラス演算子である。

[0028] また、一般的に平滑コンデンサ 211 の寄生抵抗値 R_s は小さい値を持つため、 R_s を省略した式 (2) を用いてコンデンサ電流値 I_c を推定してもよい。

[数2]

数2

$$I_c = sC_mV_{dc} \cdots(2)$$

[0029] 直流入力電流推定部 251 はコンデンサ電流推定部 250 から出力されたコンデンサ電流値 I_c 及び直流出力電流センサ 24 から出力された直流出力電流値 I_{out} に基づいて、整流回路 210 から出力される直流出力電流値 I_{in} を推定する。推定された直流入力電流値 I_{in} をインバータ回路制御部 252 に出力する。

[0030] 直流出力電流値 I_{in} は、次の式 (3) に基づいて、推定される。

[数3]

数3

$$I_{in} = I_{out} + I_c \cdots(3)$$

[0031] インバータ回路制御部 252 はインバータ回路 22 の制御器である。インバータ回路制御部 252 はモータ 3 を駆動するための制御信号をインバータ回路 22 に出力する。より具体的には、インバータ回路制御部 252 は、イ

ンバータ回路 22 から出力させる電圧の電圧指令値に基づいてインバータ回路 22 の制御信号を生成する。

[0032] インバータ回路制御部 252 は直流入力電流推定部 251 から出力された直流入力電流値 I_{in} が予め定められた電流閾値を超過した場合に直流入力電流が過電流であることを判定する。

インバータ回路制御部 252 は直流入力電流値が過電流であると判定した場合に、インバータ回路 22 を停止、またはモータ 3 に出力する交流電力を低減させるように制御信号を出力することにより、直流入力電流を低減させてコンバータ回路 21 を保護する。

以上の動作を行うことにより、整流回路 210 から出力される直流入力電流を検出するための電流検出器を設けることなく、コンバータ回路 21 の過電流からの保護が可能となる。

[0033] <実施の形態 1 の変形例>

次に、実施の形態 1 の変形例について説明する。図 2 は、実施の形態 1 の変形例に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。図 2 において、整流回路 210 及びインバータ回路 22 は図 1 と同様の構成のため簡略化して示している。図 1 と異なるのは、平滑コンデンサ 211 に微分回路 26 を設けたことである。

[0034] 微分回路 26 は平滑コンデンサ 211 の正電位端子 P と負電位端子 N との間に接続される。図 2 において微分回路 26 は、コンデンサ 261 の一方の端子と抵抗 262 の一方の端子とが直列接続することで構成されている。微分回路 26 において、コンデンサ 261 はコンデンサ静電容量値 C_f を有し、微分回路 26 の抵抗 262 は抵抗値 R_{de} である。

[0035] 微分回路 26 のコンデンサ 261 の他方の端子は平滑コンデンサ 211 の正電位端子 P 側と接続され、微分回路 26 の抵抗 262 の他方の端子は平滑コンデンサ 211 の負電位端子 N 側にそれぞれ接続される。

[0036] 電圧センサ 23a は、微分回路 26 のコンデンサ 261 と微分回路 26 の抵抗の接続点における電圧を検出し、検出した微分回路電圧値 V_{de} を、制御

装置 25 のコンデンサ電流推定部 250 へ出力する。

[0037] 制御装置 25 に具備されるコンデンサ電流推定部 250 は、次の式 (4) に基づいてコンデンサ電流値 I_c を推定する。

[数4]

数4

$$I_c = \frac{C_m}{C_f R_{de}} \cdot \frac{(1 + sC_f R_{de})}{(1 + sC_m R_s)} \cdot V_{de} \quad \dots(4)$$

[0038] ここで、式 (2) と同様に式 (4) において R_s を省略することで、次の式 (5) を用いて推定してもよい。

[数5]

数5

$$I_c = \frac{C_m}{C_f R_{de}} \cdot (1 + sC_f R_{de}) \cdot V_{de} \quad \dots(5)$$

直流出力電流値 I_{in} は、式 (3)、(5) に基づいて、推定される。

[0039] 以上の動作により、平滑コンデンサ 211 に微分回路 26 を設けることで、高電圧を検出する直流母線電圧センサ 23 を設けることなく直流母線電圧センサ 23 より小さい電圧を検出する電圧センサ 23a を設けて、直流出力電流を推定することが可能になる。

[0040] 図 2 において、微分回路 26 はコンデンサ 261 及び抵抗 262 で構成している例を示したが、オペアンプ等を利用した微分回路であっても同等の効果を奏する。

[0041] 以上のように、本実施の形態 1 に係る電力変換装置 2 によれば、インバータ回路 22 を制御する制御装置 25 は、平滑コンデンサ 211 を流れる電流 I_c を推定するコンデンサ電流推定部 250 と、整流回路 210 から出力される直流入力電流 I_{in} を推定する直流入力電流推定部 251 と、を備えている。そして、コンデンサ電流推定部 250 は、平滑コンデンサ 211 のコンデンサ容量 C_m 及び平滑コンデンサ 211 に印加される直流母線電圧値 V_{dc} に基

づいて、平滑コンデンサ211に流れるコンデンサ電流値 I_c を推定し、直流入力電流推定部251は、推定されたコンデンサ電流推定値 I_c と、インバータ回路22に入力される直流出力電流値 I_{out} とに基づいて整流回路210が出力する直流入力電流値 I_{in} を推定するように構成されている。この構成により、整流回路210が出力する直流入力電流 I_{in} を、電流検出器を用いることなく、推定することができるので、推定した直流入力電流 I_{in} により過電流か否か判定できるようになり、過電流からコンバータ回路21を保護することが可能となる。さらに、電流検出器を備えない分、電力変換装置の小型化が可能になる。

[0042] また、本実施の形態1に係るモータ駆動システム10によれば、上述の電力変換装置2とこの電力変換装置2により変換された交流電力を駆動源とするモータ3を具備し、整流回路210が出力する直流入力電流値 I_{in} の過電流から電力変換装置2は保護可能となるので、電力変換装置2の損傷が抑制され、安定した動作となり、安定したモータ駆動が可能となる。

[0043] 実施の形態2.

以下、実施の形態2に係る電力変換装置及びそれを備えたモータ駆動システムについて、図を用いて説明する。図3は、実施の形態2に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。実施の形態1の図1と異なるのは、本実施の形態2に係る電力変換装置2は、直流出力電流センサ24を有さず、交流出力電流センサ27を有する点である。その他の構成は、実施の形態1と同様であり説明を省略する。

[0044] 交流出力電流センサ27はインバータ回路22とモータ3との間に接続され、モータ3のU相、V相、W相に流れる交流出力電流を検出し、モータ3のU相、V相、W相の各相に流れる交流出力電流値 I_u 、 I_v 、 I_w を制御装置25に出力する。

図3において、交流出力電流センサ27はモータ3のU相、V相、W相の3相全ての交流出力電流を検出するように設けているが、モータ3のU相、V相、W相のいずれか2相に流れる交流出力電流を検出するように交流出力

電流センサ 27 を設け、2 相に流れる交流出力電流の検出値から交流出力電流を検出しない 1 相に流れる電流を推定してもよい。

[0045] <制御装置 25 の構成及び動作>

本実施の形態 2 に係る制御装置 25 は直流出力電流推定部 253 をさらに備える点で実施の形態 1 と相違する。

直流出力電流推定部 253 は、直流母線電圧センサ 23 から出力された直流母線電圧値 V_{dc} と交流出力電流センサ 27 で検出された交流出力電流値 I_u 、 I_v 、 I_w と、インバータ回路制御部 252 が出力する制御信号に基づいて、インバータ回路 22 に入力される直流出力電流値 I_{out} を推定し、直流入力電流推定部 251 に推定された直流出力電流値 I_{out} を出力する。

[0046] 直流出力電流推定部 253 は、次の式 (6) に基づいて直流出力電流値 I_{out} を推定する。

[数6]

数6

$$I_{out} = \frac{P_{out} + P_{Loss}}{V_{dc}} \quad \dots(6)$$

ここで、 P_{out} はインバータ回路 22 が出力する交流電力であって、モータ 3 の駆動電力であり、 P_{Loss} は、インバータ回路 22 で発生する回路損失である。

[0047] インバータ回路 22 で発生する回路損失 P_{Loss} は予め設計的に求めることができるが、これに限るものではない。インバータ回路 22 で発生する回路損失 P_{Loss} は、交流出力電流センサ 27 で検出された交流出力電流値 I_u 、 I_v 、 I_w とインバータ回路制御部 252 から出力される制御信号に基づいて計算されるものであってもよい。

[0048] インバータ回路 22 が出力する交流電力 P_{out} は、例えば、次の式 (7) によって計算できる。

[数7]

数7

$$P_{out} = V_q^* \cdot (I_q + I_d) + V_d^* \cdot (I_q + I_d) \cdots (7)$$

ここで、 V_q^* はインバータ回路制御部252から出力されたq軸出力電圧指令値、 V_d^* はインバータ回路制御部252から出力されたd軸出力電圧指令値である。また、 I_q は、交流出力電流センサ27で検出された交流出力電流値 I_u 、 I_v 、 I_w とモータ3の回転角度またはインバータ回路22が出力する電圧周波数に基づいて、変換されたq軸電流である。 I_d は、交流出力電流センサ27で検出された交流出力電流値 I_u 、 I_v 、 I_w とモータ3の回転角度またはインバータ回路22が出力する電圧周波数に基づいて、変換されたd軸電流である。

[0049] 式(7)において、インバータ回路制御部252から出力されたq軸出力電圧指令値 V_q^* 及びd軸出力電圧指令値 V_d^* を用いているが、インバータ回路22とモータ3の間に電圧センサを設け、電圧センサの検出値とモータ3の回転角度またはインバータ回路22が出力する電圧周波数に基づいて変換されたq軸出力電圧とd軸出力電圧を用いてもよい。

[0050] 以上のように式(6)、(7)から直流出力電流値 I_{out} を推定することができ、直流出力電流推定部253は、推定された直流出力電流値 I_{out} を直流入力電流推定部251に出力する。

直流入力電流推定部251は、実施の形態1と同様にコンデンサ電流推定部250で推定されたコンデンサ電流値 I_c と、直流出力電流推定部253で推定された直流出力電流値 I_{out} とに基づき、式(3)を用いて直流入力電流値 I_{in} を推定する。

[0051] 図3において、コンデンサ電流推定部250は直流母線電圧センサ23から出力された直流母線電圧値 V_{dc} に基づいてコンデンサ電流値 I_c を推定しているが、実施の形態1の変形例に記載の微分回路26を用いて推定しても同様の効果を奏する。

[0052] 実施の形態2における直流入力電流推定部251の動作は実施の形態1および実施の形態1の変形例と同様であるため、説明を省略する。

[0053] 以上のように、実施の形態2によれば、実施の形態1と同様の効果を奏する。すなわち、整流回路が出力する直流入力電流 I_{in} を、電流検出器を用いることなく推定することができる。また、実施の形態1の直流出力電流センサ24を備えなくても、本実施の形態2のように交流出力電流センサ27を設けた構成であっても、直流出力電流値 I_{out} を推定することができ、これを用いて直流入力電流 I_{in} を推定することができるので、実施の形態1と同様の効果を奏することができる。

[0054] 実施の形態3.

以下、実施の形態3に係る電力変換装置及びそれを備えたモータ駆動システムについて、図を用いて説明する。図4は、実施の形態3に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。実施の形態1の図1と異なるのは、本実施の形態3に係る電力変換装置2は、直流母線電圧センサ23を有さず、交流入力電圧センサ28を有する点である。その他の構成は、実施の形態1と同様であり説明を省略する。

[0055] 交流入力電圧センサ28は交流電源1とコンバータ回路21との間に設けられ、コンバータ回路21に入力されるR相、S相、T相のそれぞれの線間に印加される交流入力線間電圧を検出し、コンバータ回路21のR相、S相、T相の線間に印加される交流入力線間電圧値 V_{rs} 、 V_{st} 、 V_{tr} を制御装置25に出力する。

図4において、交流入力電圧センサ28はコンバータ回路21のR相、S相、T相の3相全ての交流入力線間電圧を検出するように設けているが、コンバータ回路21のR相、S相、T相のいずれか2相間の交流入力線間電圧を検出するように交流入力電圧センサ28を設け、2相の交流入力線間電圧の検出値から交流入力線間電圧を検出しない1相の線間電圧を推定してもよい。

[0056] 交流入力電圧センサ28はR相、S相、T相の交流入力線間電圧を検出す

るように設けているが、R相、S相、T相の交流入力相電圧を検出するように設け、コンバータ回路21のR相、S相、T相に印加される交流入力相電圧から、R相、S相、T相のそれぞれの線間に印加される交流入力線間電圧を推定するものであってもよい。

[0057] <制御装置25の構成及び動作>

本実施の形態3に係る制御装置25は直流母線電圧推定部254をさらに備える点で実施の形態1と相違する。

直流母線電圧推定部254は、交流入力電圧センサ28から出力された交流入力線間電圧値 V_{rs} 、 V_{st} 、 V_{tr} と、平滑コンデンサ211の静電容量値 C_m と、直流出力電流センサ24が出力する直流出力電流値 I_{out} に基づいて、平滑コンデンサ211の正電位端子Pと負電位端子Nとの間に印加される電圧であり、コンデンサに印加される直流母線電圧を推定し、コンデンサ電流推定部250に直流母線電圧推定値 V_{dc_est} を出力する。

[0058] <直流母線電圧推定部254の動作>

次に、直流母線電圧推定部254の動作を図5のフローチャートを用いて説明する。

まず、直流母線電圧推定部254は交流入力電圧センサ28から入力された交流入力線間電圧値 V_{rs} 、 V_{st} 、 V_{tr} から最大のを抽出し、最大値 V_{max} とする（ステップS101）。

[0059] 次に、抽出した交流入力線間電圧の最大値 V_{max} と直流母線電圧推定値の前回推定値 $V_{dc_est_old}$ とを比較する（ステップS102）。なお、本実施の形態においては、直流母線電圧推定値 V_{dc_est} に対し、前回推定された直流母線電圧値を直流母線電圧推定値 $V_{dc_est_old}$ と表記する。前回の直流母線電圧推定値 $V_{dc_est_old}$ がない場合は、ステップS103に進む。

[0060] ステップS102において、交流入力線間電圧の最大値 V_{max} が前回の直流母線電圧推定値 $V_{dc_est_old}$ 以上の場合（ステップS102でYes）には、ステップS103に進む。ステップS103において、直流母線電圧値 V_{dc_est} が交流入力線間電圧の最大値 V_{max} であると推定し、コンデンサ電流推

定部250に出力する（ステップS105）。

[0061] ステップS102において、交流入力線間電圧の最大値 V_{max} が前回の直流母線電圧推定値 $V_{dc_est_old}$ よりも小さい場合（ステップS102でNo）には、ステップS104に進む。ステップS104において、式（8）に基づき、直流母線電圧 V_{dc_est} を推定し、コンデンサ電流推定部250に出力する。すなわち、前回の直流母線電圧推定値 $V_{dc_est_old}$ から直流出力電流値 I_{out} を平滑コンデンサの静電容量値 C_m で除した値を減算した値を直流母線電圧推定値 V_{dc_est} とする（ステップS105）。

[数8]

数8

$$V_{dc_est} = V_{dc_est_old} - \frac{I_{out}}{C_m} \cdots (8)$$

[0062] 直流母線電圧推定部254は、推定した直流母線電圧推定値 V_{dc_est} を直流母線電圧推定値の前回推定値 $V_{dc_est_old}$ として記憶する（ステップS106）。

[0063] 実施の形態1では直流母線電圧センサ23で検出された直流母線電圧値 V_{dc} を用いて、コンデンサ電流推定部250においてコンデンサ電流値 I_c を推定していた。本実施の形態3におけるコンデンサ電流推定部250は、直流母線電圧推定部254で推定された直流母線電圧推定値 V_{dc_est} に基づいてコンデンサ電流値 I_c を推定する。コンデンサ電流推定部250の動作は実施の形態1と同様であるため、説明を省略する。

[0064] 直流入力電流推定部251において、コンデンサ電流推定部250で推定されたコンデンサ電流 I_c と直流出力電流センサ24で検出された直流出力電流値 I_{out} とに基づいて、式（3）を用いて、直流出力電流値 I_{in} を推定する。

[0065] 以上のように、実施の形態3によれば、実施の形態1と同様の効果を奏する。すなわち、整流回路が出力する直流入力電流 I_{in} を、電流検出器を用いることなく推定することができる。また、実施の形態1の直流母線電圧セン

サ 2 3 を備えなくても、本実施の形態 3 のように交流入力電圧センサ 2 8 を設けた構成であっても、実施の形態 1 と同様の効果を奏することができる。

[0066] 実施の形態 4 .

以下、実施の形態 4 に係る電力変換装置及びそれを備えたモータ駆動システムについて、図を用いて説明する。図 6 は、実施の形態 4 に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。実施の形態 1 の図 1 と異なるのは、本実施の形態 4 に係る電力変換装置 2 は、さらに交流入力電圧センサ 2 8 を有する点である。その他の構成は、実施の形態 1 と同様である。また、交流入力電圧センサ 2 8 が交流入力線間電圧値 V_{rs} , V_{st} , V_{tr} を検出する動作については実施の形態 3 と同様であり、検出された交流入力線間電圧値 V_{rs} , V_{st} , V_{tr} を制御装置 2 5 に出力する。従って、実施の形態 4 において実施の形態 1 から 3 と同様の構成については説明を省略する。

[0067] <制御装置 2 5 の構成及び動作>

本実施の形態 4 に係る制御装置 2 5 は整流素子電流推定部 2 5 5 を備える点で実施の形態 1 と相違する。

整流素子電流推定部 2 5 5 には、直流入力電流推定部 2 5 1 で推定された直流入力電流値 I_{in} 及び交流入力電圧センサ 2 8 で検出された交流入力線間電圧値 V_{rs} , V_{st} , V_{tr} が入力される。整流素子電流推定部 2 5 5 は、これらに基づいて、整流回路 2 1 0 の各整流素子に流れる整流素子電流値を推定し、インバータ回路制御部 2 5 2 に推定した整流素子電流値を出力する。

[0068] まず、整流素子電流推定部 2 5 5 は、交流入力電圧センサ 2 8 で検出された交流入力線間電圧値 V_{rs} , V_{st} , V_{tr} に基づいて交流入力相電圧値を推定する。

実施の形態 3 において説明したように、交流入力線間電圧値 V_{rs} , V_{st} , V_{tr} ではなく、交流入力相電圧値を検出するように交流入力電圧センサ 2 8 を設けてもよい。

交流入力相電圧値は、それぞれ R 相の交流入力相電圧値 V_r 、S 相の交流入力相電圧値を V_s 、T 相の交流入力相電圧値 V_t である。

[0069] 次に、整流素子電流推定部 255 は、交流入力相電圧値の大小関係に基づいて、整流回路 210 の整流素子のいずれが導通しているか判定する。

交流入力相電圧値の大小関係において、式 (9) を満たす場合はダイオード D1 及びダイオード D6 が導通していると判定する。

$$V_r > V_s > V_t \dots (9)$$

式 (10) を満たす場合は、ダイオード D1 及びダイオード D4 が導通していると判定する。

$$V_r > V_t > V_s \dots (10)$$

[0070] 式 (11) を満たす場合は、ダイオード D3 及びダイオード D6 が導通していると判定する。

$$V_s > V_r > V_t \dots (11)$$

式 (12) を満たす場合は、ダイオード D3 及びダイオード D2 が導通していると判定する。

$$V_s > V_t > V_r \dots (12)$$

[0071] 式 (13) を満たす場合は、ダイオード D5 及びダイオード D4 が導通していると判定する。

$$V_t > V_r > V_s \dots (13)$$

式 (14) を満たす場合は、ダイオード D5 及びダイオード D2 が導通していると判定する。

$$V_t > V_s > V_r \dots (14)$$

[0072] 整流素子電流推定部 255 は、式 (9) から式 (14) に基づいて導通している整流素子を判定し、導通している整流素子に直流入力電流推定部 251 で推定した直流入力電流値 I_{in} の電流が流れていると推定することによって、整流素子に流れる整流素子電流を推定する。

[0073] インバータ回路制御部 252 は整流素子電流推定部 255 から出力された整流素子電流推定値が予め定められた電流閾値を超過した場合に整流素子電流が過電流であることを判定する。

インバータ回路制御部 252 は整流素子電流が過電流であると判定した場

合に、インバータ回路 22 を停止、またはモータ 3 に出力する交流電力を低減させるように制御信号を出力することにより、直流入力電流を低減させてコンバータ回路 21 を保護する。

[0074] 図 6 において、直流入力電流推定部 251 は直流出力電流センサ 24 から出力された直流出力電流値に基づいて直流入力電流を推定しているが、実施の形態 2 に記載の交流出力電流センサ 27 を備えるとともに、制御装置 25 に直流出力電流推定部 253 を備え、直流出力電流推定値 I_{out} を用いることで、直流入力電流 I_{in} を推定することができるので、実施の形態 1 または 2 と同様の効果を奏することができる。

[0075] 以上のように、実施の形態 4 によれば、実施の形態 1 と同様の効果を奏する。すなわち、整流回路が出力する直流入力電流 I_{in} を、電流検出器を用いることなく推定することができる。

また、本実施の形態 4 のように整流素子電流推定部 255 において、コンバータ回路 21 を構成する整流回路 210 のいずれの整流素子に電流が流れているか判定し、さらに過電流か否か判定するので、直流入力電流を低減させてコンバータ回路 21 を保護可能となる効果を奏する。さらに、整流素子を過電流から保護することが可能となるとともに、過電流が流れている整流素子を特定することができるので、整流回路 210 の動作確認など点検時の対応等も容易になる。

[0076] 実施の形態 5.

以下、実施の形態 5 に係る電力変換装置及びそれを備えたモータ駆動システムについて、図を用いて説明する。図 7 は、実施の形態 5 に係る電力変換装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。実施の形態 4 の図 6 の構成に温度センサ 29 をさらに備えたものである。温度センサ 29 はコンバータ回路 21 の温度を検出し、検出されたコンバータ回路 21 の温度検出値を制御装置 25 に出力する。

その他の構成は、実施の形態 4 と同様である。従って、実施の形態 5 において実施の形態 1 から 4 と同様の構成については説明を省略する。

[0077] <制御装置 25 の構成及び動作>

本実施の形態 5 に係る、制御装置 25 は整流素子温度推定部 256 を備える点で実施の形態 4 と相違する。

整流素子温度推定部 256 は、整流回路 210 の整流素子であるダイオードの温度を、整流素子温度として推定するものである。

[0078] 整流素子温度推定部 256 は、整流素子電流推定部 255 から出力された整流素子電流値と、整流素子に発生している整流素子電圧とに基づいて整流素子損失 P_{Di} を推定し、整流素子損失 P_{Di} と、整流素子熱抵抗 R_{th_Di} と、温度センサ 29 で検出された温度検出値 T_c と、に基づいて、整流回路 210 の各整流素子の温度 T_{Di} を推定し、インバータ回路制御部 252 に整流素子温度推定値 T_{Di} を出力する。ここで i はダイオード D_i の番号であり、図 7 において i は 1 から 6 までの自然数である。

[0079] 整流素子電圧値 V_{Di} については、整流素子電流値 I_{Di} に対応する整流素子電圧値 V_{Di} の関係を予めデータセットとして具備することで、整流素子電圧値 V_{Di} を推定することが可能である。

また、整流素子電圧 V_{Di} は予め整流素子電流値 I_{Di} に対応する整流素子電圧値 V_{Di} のデータセットを具備する例に限るものではない。例えば、整流素子電流値 I_{Di} に対する整流素子電圧値 V_{Di} の近似式を用意し、近似式を用いて整流素子電流値 I_{Di} から整流素子電圧値 V_{Di} を推定できるようにすればよい。いずれの推定方法であっても本実施の形態の効果を制限するものではない。

[0080] 整流素子損失 P_{Di} は整流素子電圧値 V_{Di} と整流素子電流値 I_{Di} の積によって推定できる。

整流素子熱抵抗 R_{th_Di} は温度センサ 29 と整流素子との間の熱抵抗である。

整流素子温度推定部 256 は式 (15) に基づいて整流素子温度 T_{Di} を推定する。

[数9]

数9

$$T_Di = P_Di \cdot Rth_Di + Tc \quad \dots(15)$$

[0081] インバータ回路制御部252は整流素子温度推定部256から出力された整流素子温度推定値 T_Di が予め定められた整流素子温度閾値を超過した場合に整流素子温度が過温度であることを判定する。

[0082] インバータ回路制御部252は整流素子温度 T_Di が過温度であると判定した場合に、インバータ回路22を停止、またはモータ3に出力する交流電力を低減させるように制御信号を出力することにより、整流回路210が出力する直流入力電流 I_in を低減させてコンバータ回路21を保護する。

[0083] 図7において、直流入力電流推定部251は直流出力電流センサ24から出力された直流出力電流値に基づいて直流入力電流値を推定しているが、実施の形態4において述べたように、実施の形態2に記載の交流出力電流センサ27を備え、制御装置25に直流出力電流推定部253を備え、直流出力電流推定値を用いることでも同様の効果を奏する。

[0084] 以上のように、実施の形態5によれば、実施の形態1と同様の効果を奏する。すなわち、整流回路が出力する直流入力電流 I_in を、電流検出器を用いることなく推定することができる。

また、本実施の形態5のように整流素子電流推定部255において、コンバータ回路21を構成する整流回路210のいずれの整流素子が過温度か判定するので、直流入力電流を低減させてコンバータ回路21を保護可能となる効果を奏する。さらに、整流素子を過温度から保護することが可能となるとともに、過温度の整流素子を特定することができるので、整流回路210の動作確認など点検時の対応等も容易になる。

[0085] 実施の形態6.

以下、実施の形態6に係る電力変換装置及びそれを備えたモータ駆動システムについて、図を用いて説明する。図8は、実施の形態6に係る電力変換

装置及びモータ駆動システムの構成を示す概略図である。実施の形態1の図1の電力変換装置2の構成に、さらに温度センサ29を設けている。その他の構成は、実施の形態1と同様である。また、本実施の形態6の温度センサ29も実施の形態5と同様にコンバータ回路21の温度を検出する。従って、実施の形態6において実施の形態1から5と同様の構成については説明を省略する。

[0086] <制御装置25の構成及び動作>

本実施の形態6に係る、制御装置25はコンデンサ温度推定部257及びコンデンサ定数推定部258をさらに備えた点で実施の形態1と相違する。

なお、コンデンサ電流推定部250で推定されたコンデンサ電流 I_c 及び直流出力電流センサ24で検知された直流出力電流値 I_{out} を用いて、直流入力電流推定部251で推定された直流入力電流 I_{in} がインバータ回路制御部252に出力されるのは実施の形態1と同様である。

[0087] コンデンサ温度推定部257はコンデンサ電流推定部250から出力されたコンデンサ電流推定値 I_c と平滑コンデンサ211の寄生抵抗値 R_s とに基づいて、平滑コンデンサ211のコンデンサ損失 P_{Cap} を推定する。さらに、推定されたコンデンサ損失 P_{Cap} と、コンデンサ熱抵抗 R_{th_Cap} と、温度センサ29で検出された温度検出値 T_c と、に基づいて、平滑コンデンサ211の温度 T_{Cap} を推定し、インバータ回路制御部252にコンデンサ温度推定値 T_{Cap} を出力する。

[0088] コンデンサ損失 P_{Cap} はコンデンサ電流値 I_c の2乗の値と寄生抵抗値 R_s の積によって推定できる。すなわち、式(16)で求めることができる。

$$P_{Cap} = I_c^2 \cdot R_s \cdot \dots \quad (16)$$

コンデンサ熱抵抗 R_{th_Cap} は温度センサ29と平滑コンデンサ211との間の熱抵抗である。

[0089] コンデンサ温度推定部257は式(17)に基づいてコンデンサ温度 T_{Cap} を推定する。

[数10]

数10

$$T_Cap = P_Cap \cdot Rth_Cap + Tc \quad \dots(17)$$

- [0090] インバータ回路制御部 2 5 2 はコンデンサ温度推定部 2 5 7 から出力されたコンデンサ温度推定値 T_Cap が予め定められたコンデンサ温度閾値を超過した場合にコンデンサ温度が過温度であることを判定する。
- [0091] インバータ回路制御部 2 5 2 はコンデンサ温度 T_Cap が過温度であると判定した場合に、インバータ回路 2 2 を停止、またはモータ 3 に出力する交流電力を低減させるように制御信号を出力することにより、直流入力電流 I_{in} を低減させてコンバータ回路 2 1 を保護する。
- [0092] コンデンサ定数推定部 2 5 8 はコンデンサ温度 T_Cap に対する平滑コンデンサ 2 1 1 の静電容量値 C_m 及び寄生抵抗値 R_s との温度依存性のデータセットを具備する。そして、そのデータセットを用いて、コンデンサ温度推定部 2 5 7 によって推定された平滑コンデンサ 2 1 1 の温度 T_Cap の推移から温度上昇または温度下降に伴って、平滑コンデンサ 2 1 1 の静電容量値 C_m 及び寄生抵抗値 R_s の定数の変化を推定する。推定されたコンデンサ定数であるの静電容量値 C_m 及び寄生抵抗値 R_s をコンデンサ電流推定部 2 5 0 及びコンデンサ温度推定部 2 5 7 に出力する。
- [0093] 平滑コンデンサ 2 1 1 の静電容量値及び寄生抵抗値の温度依存性は予めデータセットを具備する例を示したがこれに限るものではない。例えば、静電容量値及び寄生抵抗値の温度依存性について近似式を用意しておく方法もある。いずれの方法であっても温度変化に対応して変化した静電容量値及び寄生抵抗値を推定できればよく、本実施の形態の効果を制限するものではない。
- [0094] コンデンサ電流推定部 2 5 0 は、コンデンサ定数推定部 2 5 8 から出力されたコンデンサ定数推定値に基づいて、コンデンサ電流値の推定に用いる静電容量値 C_m および寄生抵抗値 R_s を推定されたコンデンサの温度変化に対応

して更新する。

[0095] コンデンサ温度推定部 257 は、コンデンサ定数推定部 258 から出力されたコンデンサ定数推定値に基づいて、コンデンサ温度推定に用いる式の寄生抵抗値 R_s を更新する。

[0096] 以上のように、実施の形態 6 によれば、実施の形態 1 と同様の効果を奏する。すなわち、整流回路が出力する直流入力電流 I_{in} を、電流検出器を用いることなく推定することができる。

また、本実施の形態 6 のようにコンデンサ温度推定部 257 において、平滑コンデンサ 211 の温度を推定するとともに、平滑コンデンサ 211 が過温度か否か判定するので、過温度と判定された場合、直流入力電流を低減させて平滑コンデンサ 211 を過温度から保護可能となる効果を奏する。

[0097] また、コンデンサ温度推定部 257 において推定された平滑コンデンサ 211 の温度 T_{Cap} に基づいて、コンデンサ定数推定部 258 で温度に対応するコンデンサ定数である静電容量値 C_m および寄生抵抗値 R_s を推定する。これにより、上述した式 (1)、式 (2)、式 (4)、式 (5) において用いられている、平滑コンデンサ 211 の静電容量値 C_m 、及び寄生抵抗値 R_s について更新した値を用いることができるので、温度依存性を考慮することでコンデンサ電流推定部 250 の推定精度を向上させることが可能となる。

[0098] さらに、上述した式 (17) のコンデンサ損失 P_{Cap} の導出には式 (16) に示す通り、平滑コンデンサ 211 の寄生抵抗値 R_s を含んでいるので、寄生抵抗値 R_s の温度依存性を考慮してその値を更新することで、コンデンサ温度推定部 257 の推定精度を向上させることが可能となる。

[0099] なお、上述の実施の形態 1 から 6 における電力変換装置 2 を構成する制御装置 25 のハードウェアの構成の一例を図 9 に示す。図 9 に示すように、制御装置 25 は例えば処理回路として、プロセッサ 1000 と記憶装置 1100 とを備えている。

プロセッサ 1000 として、CPU (Central Processing Unit)、AS I

C (Application Specific Integrated Circuit)、IC (Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)、各種の論理回路、及び各種の信号処理回路等が備えられてもよい。また、プロセッサ1000として、同じ種類のもの又は異なる種類のものが複数備えられ、各処理が分担して実行されてもよい。記憶装置1100として、プロセッサ1000からデータを読み出し及び書き込みが可能に構成されたRAM (Random Access Memory)、及びプロセッサ1000からデータを読み出し可能に構成されたROM (Read Only Memory) 等が備えられている。プロセッサ1000は、ROM等の記憶装置1100から入力されたプログラムを実行する。

[0100] 本開示は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願明細書に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

符号の説明

[0101] 1 : 交流電源、 2 : 電力変換装置、 3 : モータ、 10 : モータ駆動システム、 21 : コンバータ回路、 210 : 整流回路、 211 : 平滑コンデンサ、 23 : 直流母線電圧センサ、 23a : 電圧センサ、 24 : 直流出力電流センサ、 25 : 制御装置、 250 : コンデンサ電流推定部、 251 : 直流入力電流推定部、 252 : インバータ回路制御部、 253 : 直流出力電流推定部、 254 : 直流母線電圧推定部、 255 : 整流素子電流推定部、 256 : 整流素子温度推定部、 257 : コンデンサ温度推定部、 258 : コンデンサ定数推定部、 26 : 微分回路、 261 : コンデンサ、 262 : 抵抗、 27 : 交流出力電流センサ、 28

: 交流入力電圧センサ、 29 : 温度センサ、 1000 : プロセッサ、
1100 : 記憶装置。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の整流素子を備えた整流回路と平滑コンデンサとを含み、交流電力を直流電力に変換するコンバータ回路、前記コンバータ回路で変換された直流電力を交流電力に変換するインバータ回路及び前記インバータ回路を制御する制御装置を備えた電力変換装置であって、
- 前記制御装置は、前記平滑コンデンサを流れる電流を推定するコンデンサ電流推定部と、前記整流回路から出力される直流入力電流を推定する直流入力電流推定部と、を備え、
- 前記コンデンサ電流推定部は、前記平滑コンデンサのコンデンサ容量及び前記平滑コンデンサに印加される直流母線電圧値に基づいて、前記平滑コンデンサに流れるコンデンサ電流値を推定し、
- 前記直流入力電流推定部は、推定された前記コンデンサ電流値と、前記インバータ回路に入力される直流出力電流値とに基づいて前記整流回路が出力する直流入力電流値を推定する、電力変換装置。
- [請求項2] 前記平滑コンデンサに印加される前記直流母線電圧値を検出する第1の電圧センサと、
- 前記インバータ回路に入力される前記直流出力電流値を検出する第1の電流センサと、を備えた請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項3] 前記制御装置は、
- 前記インバータ回路に入力される前記直流出力電流値を推定する直流出力電流推定部をさらに備え、
- 前記直流出力電流推定部は、前記直流母線電圧値と、前記インバータ回路が出力する前記交流電力と、前記インバータ回路の損失と、に基づいて前記直流出力電流値を推定し、
- 前記直流入力電流推定部は、推定された前記コンデンサ電流値と前記直流出力電流推定部で推定された前記直流出力電流値とに基づいて、前記整流回路が出力する直流入力電流値を推定する、請求項1に記載の電力変換装置。

- [請求項4] 前記平滑コンデンサに印加される前記直流母線電圧値を検出する第1の電圧センサと、
前記インバータ回路の出力電流を検出する第2の電流センサと、を備え、
前記制御装置は、
前記インバータ回路を制御する制御部を備えるとともに、
前記直流出力電流推定部は、前記電圧センサで検出された前記直流母線電圧値と、前記電流センサで検出された前記インバータ回路の出力電流及び前記制御部から出力される電圧指令に基づいて算出された前記インバータ回路が出力する前記交流電力と、前記インバータ回路の損失と、に基づいて前記直流出力電流値を推定する、請求項3に記載の電力変換装置。
- [請求項5] 前記コンバータ回路の交流入力電圧を検出する第2の電圧センサを備え、
前記制御装置は、
前記直流母線電圧値を推定する直流母線電圧推定部をさらに備え、
前記直流母線電圧推定部は前記電圧センサの出力に基づいて、前記交流入力電圧の交流電圧最大値を計算し、
前記交流電圧最大値と前回推定された前記直流母線電圧値との比較において、
前記交流電圧最大値が前回推定された前記直流母線電圧値以上の場合には、前記交流電圧最大値を前記直流母線電圧値と推定し、
前記交流電圧最大値が前回推定された前記直流母線電圧値より小さい場合には、前回推定された前記直流母線電圧値から前記直流出力電流値を前記平滑コンデンサの静電容量値で除した値を減算した値を前記直流母線電圧値と推定する、請求項1に記載の電力変換装置。
- [請求項6] 前記制御装置は、
前記直流入力電流推定部において推定された前記直流入力電流値が

予め定められた電流閾値を超過した場合に、前記直流入力電流が過電流であると判定する、請求項 1 に記載の電力変換装置。

[請求項7] 前記コンバータ回路の交流入力電圧を検出する第 2 の電圧センサを備え、

前記制御装置は、

複数の前記整流素子に流れる電流を推定する整流素子電流推定部をさらに備え、

前記整流素子電流推定部は、前記第 2 の電圧センサで検出された前記交流入力電圧の各相電圧に対し、前記相電圧値の大小関係に基づいて、複数の前記整流素子のいずれの整流素子が導通しているかを判定し、

導通している前記整流素子に流れる整流素子電流推定値を前記直流入力電流推定部で推定された直流入力電流推定値と推定する、請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の電力変換装置。

[請求項8] 前記コンバータ回路の温度を検出する温度センサを備え、

前記制御装置は、複数の前記整流素子の温度を推定する整流素子温度推定部をさらに備え、

前記整流素子温度推定部は、前記整流素子電流推定部で推定された前記整流素子電流推定値と、前記温度センサで検出したコンバータ回路の温度に基づいて、複数の前記整流素子の温度を推定する、請求項 7 に記載の電力変換装置。

[請求項9] 前記コンバータ回路の温度を検出する温度センサを備え、

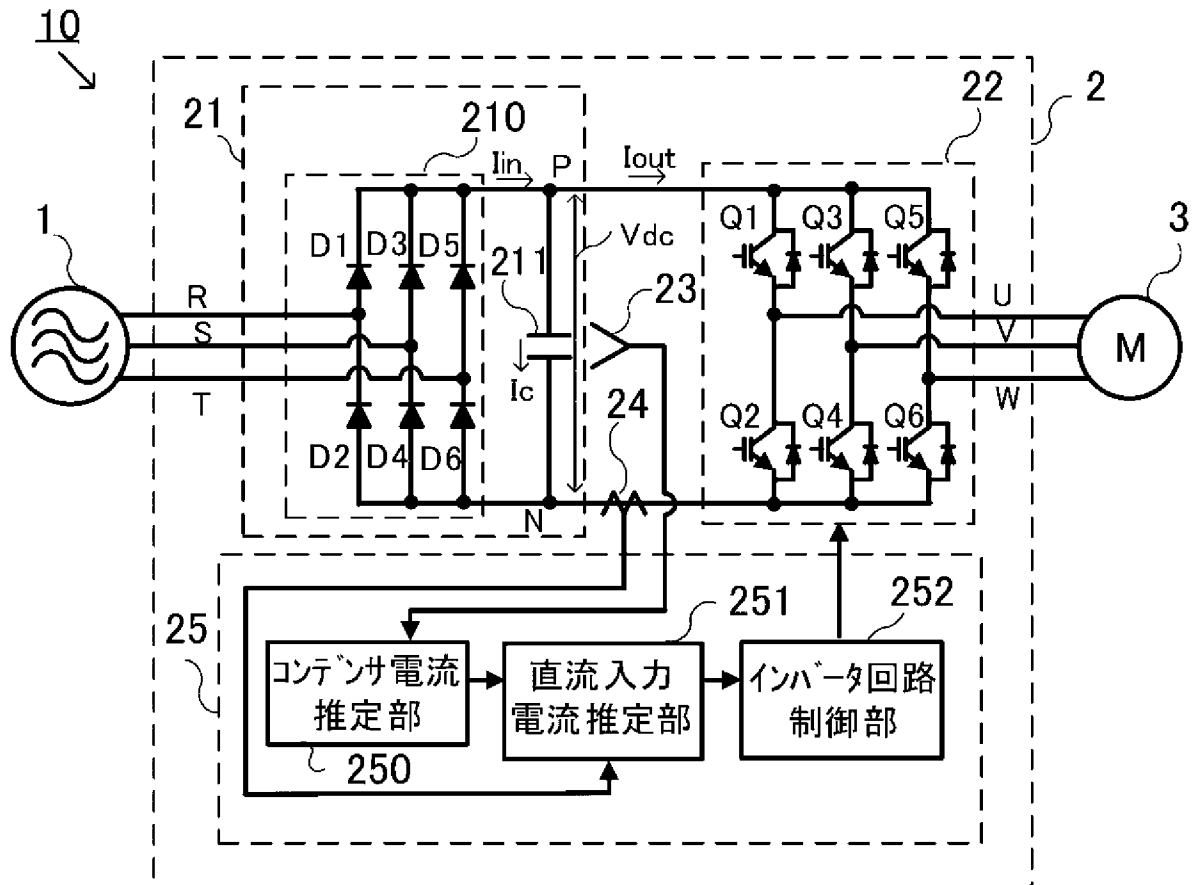
前記制御装置は、前記平滑コンデンサの温度を推定するコンデンサ温度推定部をさらに備え、

前記コンデンサ温度推定部は、推定された前記コンデンサ電流値と、前記温度センサで検出したコンバータ回路の温度に基づいて、前記平滑コンデンサの温度を推定する、請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の電力変換装置。

[請求項10] 請求項1から9のいずれか一項に記載の電力変換装置と、前記電力変換装置で変換された交流電力を駆動源とするモータと、を備えたモータ駆動システム。

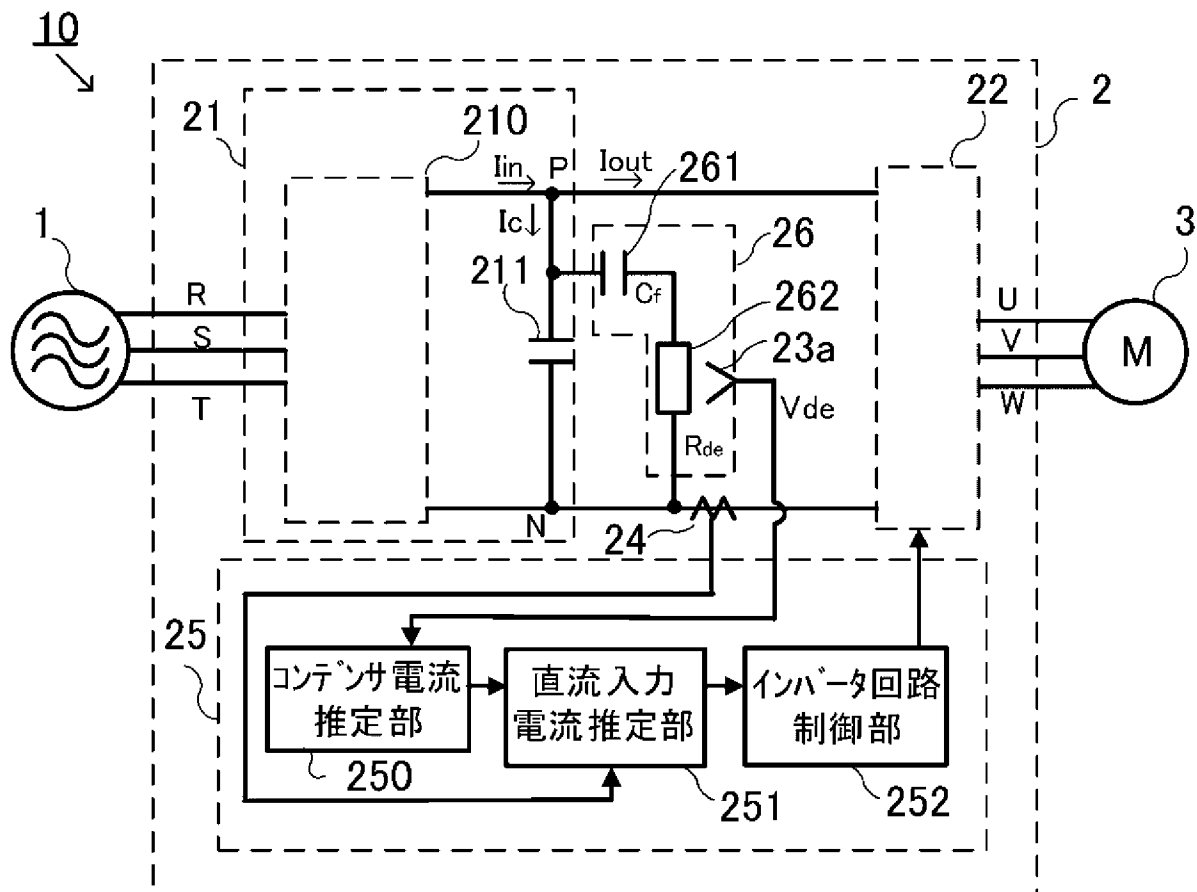
[図1]

図1

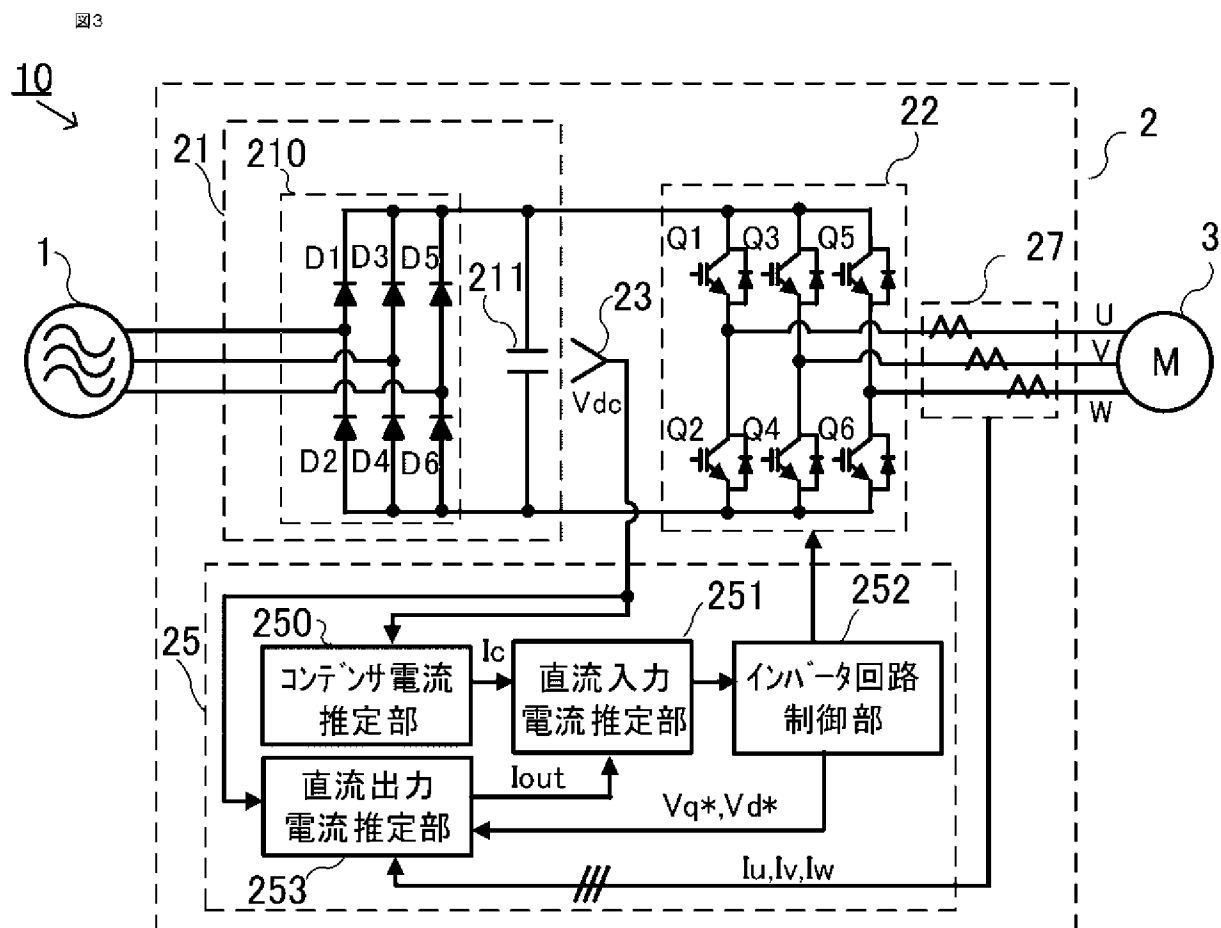


[図2]

図2

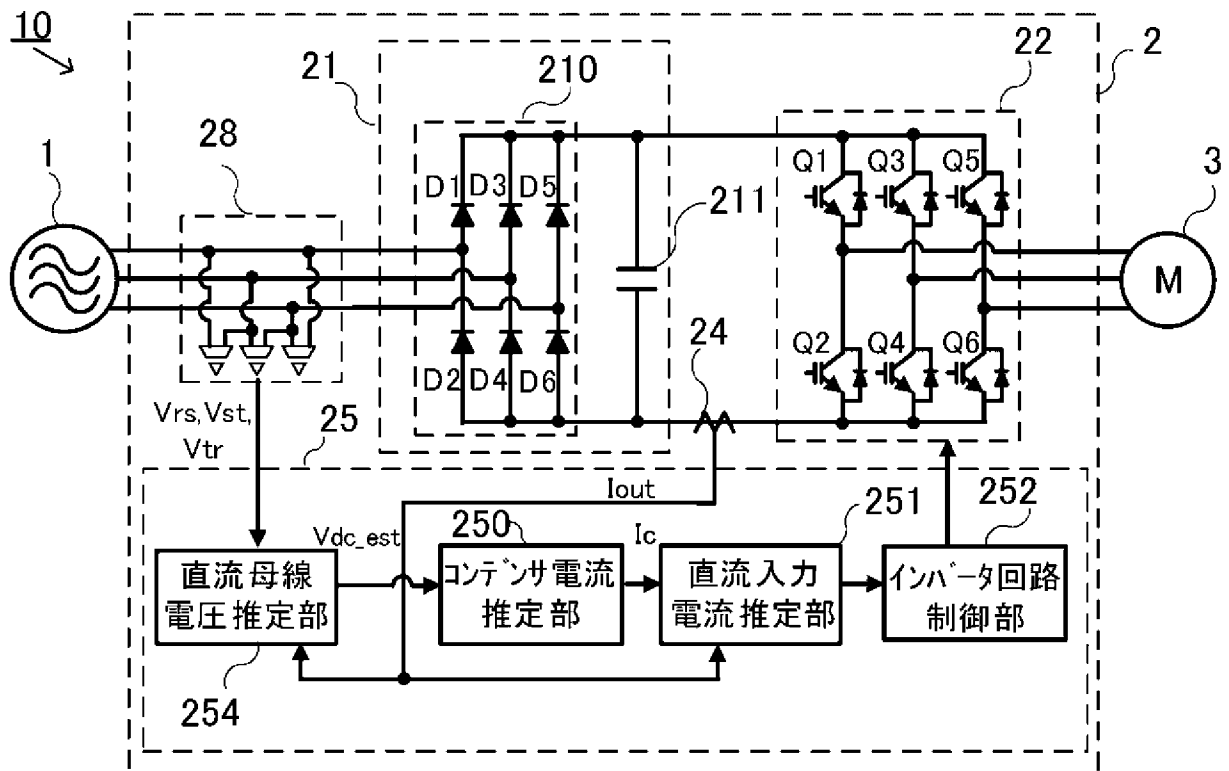


[図3]



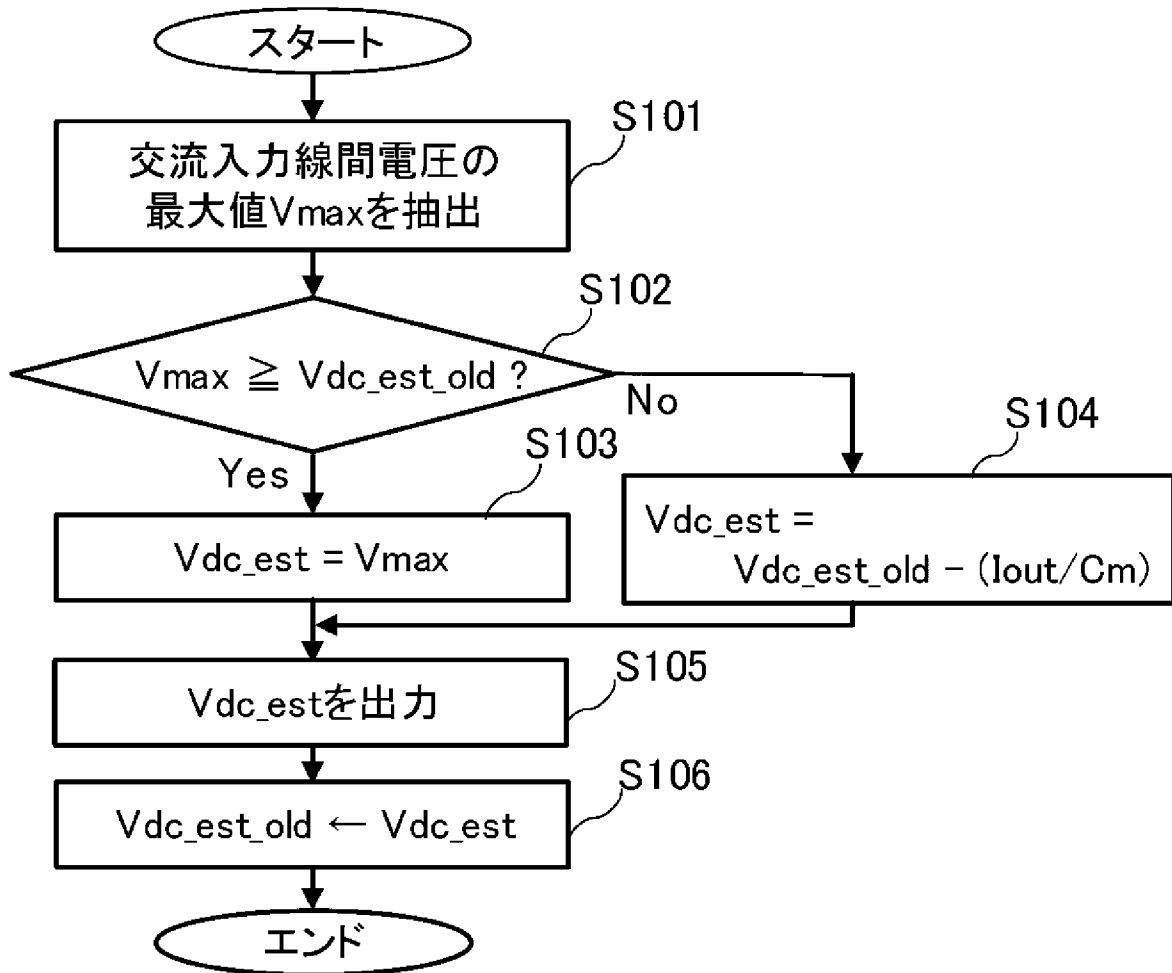
[図4]

図4



[図5]

図5



[図6]

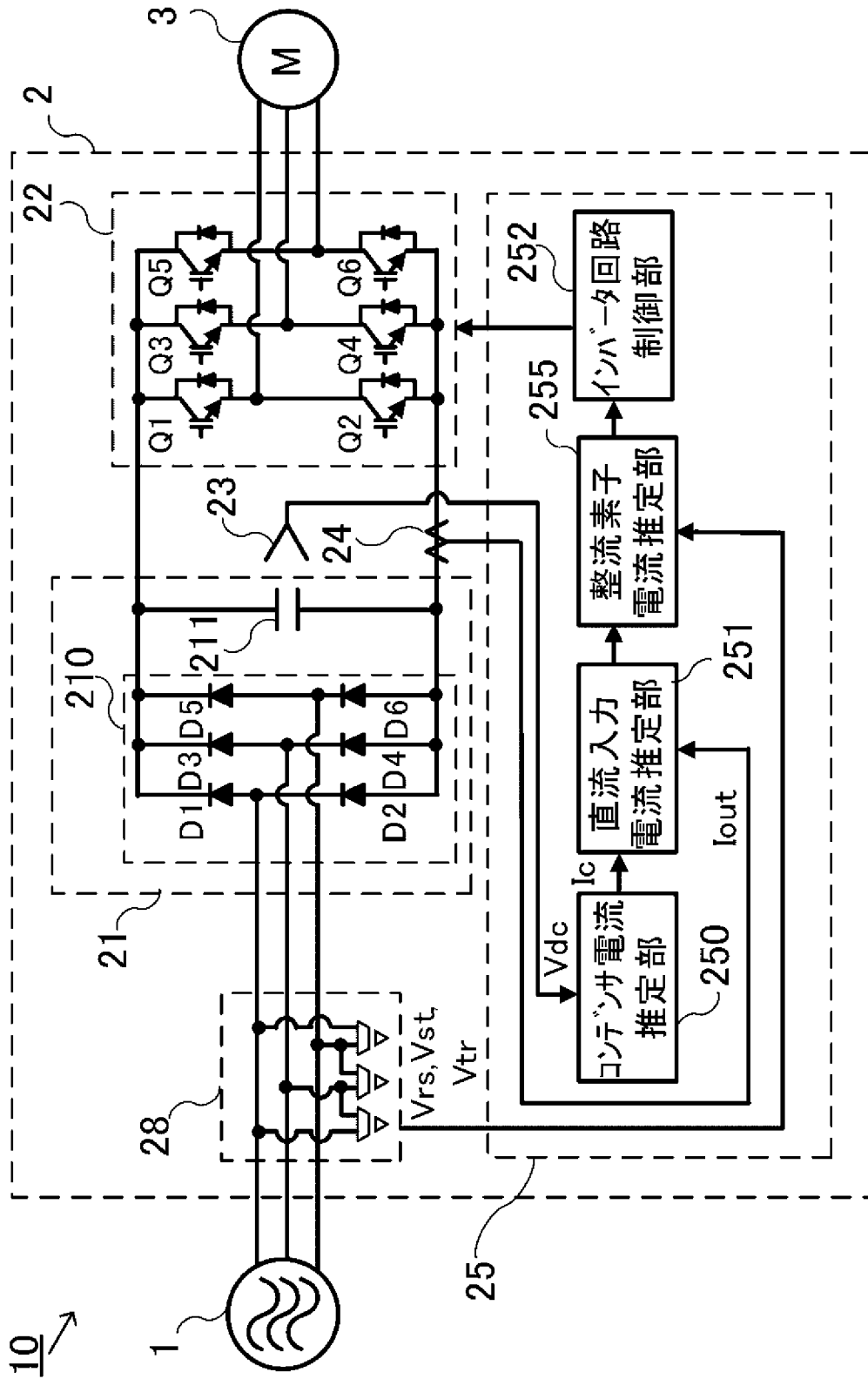


図6

図7

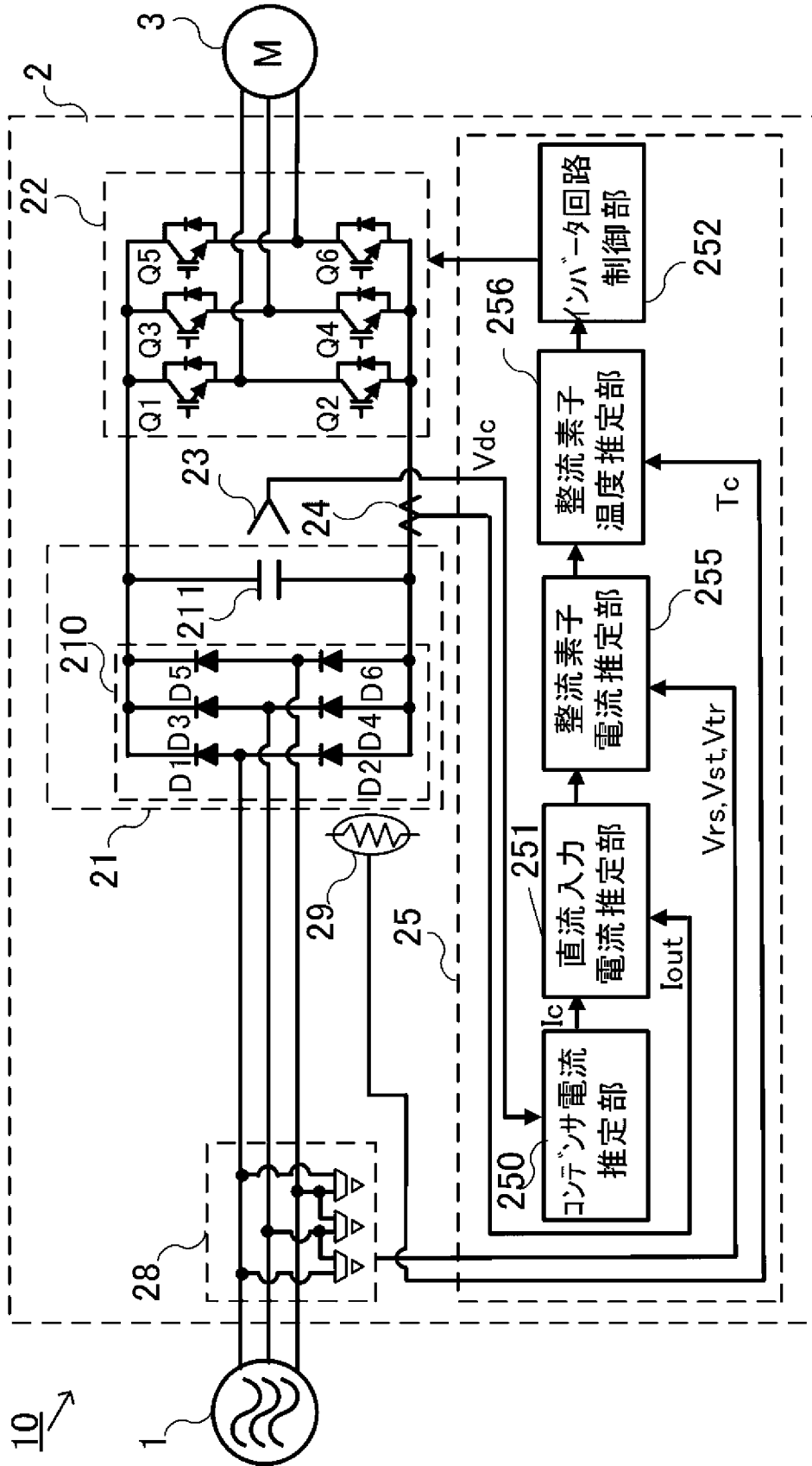
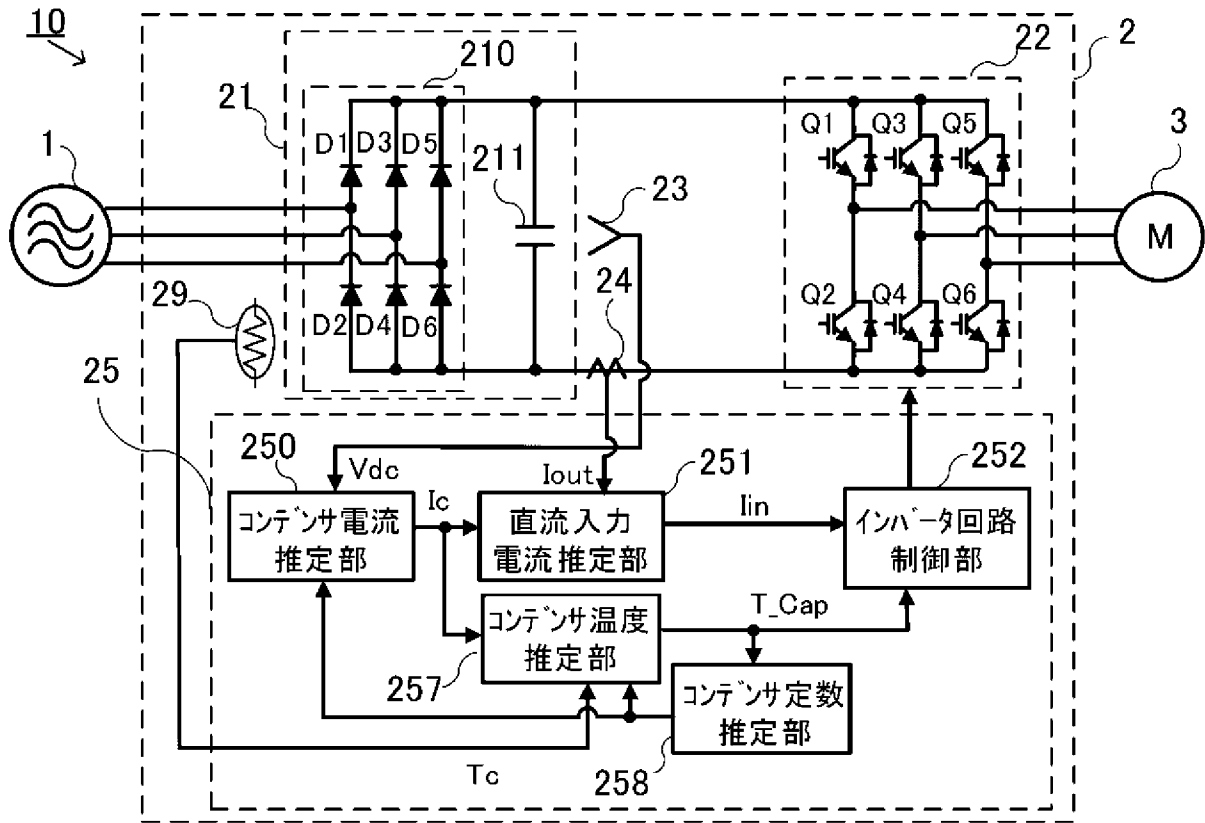


図7

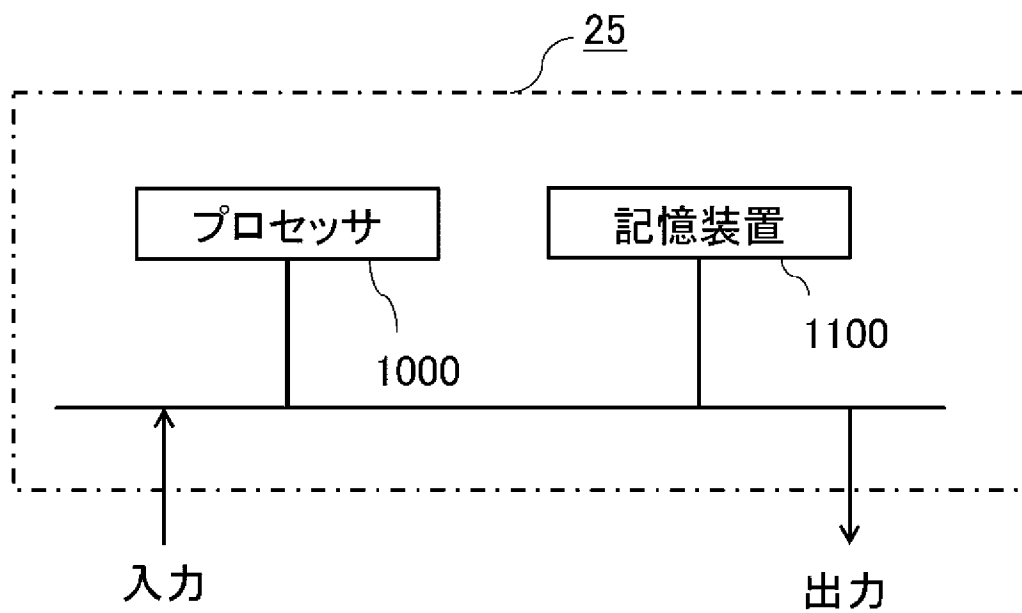
[図8]

図8



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/017511

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02M 7/48 (2007.01)i FI: H02M7/48 M		
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) H02M7/48		
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 1971-2023 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	WO 2022/149210 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 14 July 2022 (2022-07-14) paragraphs 10-67, fig. 1	1-10
A	JP 2001-95294 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 06 April 2001 (2001-04-06) paragraphs 10, 11, fig. 1-12	1-10
A	JP 5-199739 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 06 August 1993 (1993-08-06) paragraphs 2-12, fig. 1	6
A	JP 2020-89056 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraphs 11-38, fig. 1, 11-38, 1	9
A	JP 2020-88975 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraphs 17-55, fig. 1	9
A	JP 2000-295839 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 20 October 2000 (2000-10-20) entire text, all drawings	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 24 July 2023		Date of mailing of the international search report 01 August 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/JP2023/017511

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2022/149210 A1	14 July 2022	(Family: none)	
JP 2001-95294 A	06 April 2001	(Family: none)	
JP 5-199739 A	06 August 1993	(Family: none)	
JP 2020-89056 A	04 June 2020	(Family: none)	
JP 2020-88975 A	04 June 2020	(Family: none)	
JP 2000-295839 A	20 October 2000	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02M 7/48(2007.01)i FI: H02M7/48 M		
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）） H02M7/48 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 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	WO 2022/149210 A1（三菱電機株式会社）14.07.2022（2022 - 07 - 14） 段落10-67, 図1	1-10
A	JP 2001-95294 A（三菱電機株式会社）06.04.2001（2001 - 04 - 06） 段落10-11、図1-12	1-10
A	JP 5-199739 A（三菱電機株式会社）06.08.1993（1993 - 08 - 06） 段落2-12, 図1	6
A	JP 2020-89056 A（トヨタ自動車株式会社）04.06.2020（2020 - 06 - 04） 段落11-38, 図1 11-38, 図1	9
A	JP 2020-88975 A（トヨタ自動車株式会社）04.06.2020（2020 - 06 - 04） 段落17-55、図1	9
A	JP 2000-295839 A（三菱電機株式会社）20.10.2000（2000 - 10 - 20） 全文、全図	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 24.07.2023	国際調査報告の発送日 01.08.2023	
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） 井上 弘亘 5G 3248 電話番号 03-3581-1101 内線 3526	

国際調査報告
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/017511

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
WO 2022/149210 A1	14.07.2022	(ファミリーなし)	
JP 2001-95294 A	06.04.2001	(ファミリーなし)	
JP 5-199739 A	06.08.1993	(ファミリーなし)	
JP 2020-89056 A	04.06.2020	(ファミリーなし)	
JP 2020-88975 A	04.06.2020	(ファミリーなし)	
JP 2000-295839 A	20.10.2000	(ファミリーなし)	