

(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
2011年4月28日(28.04.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/048683 A1

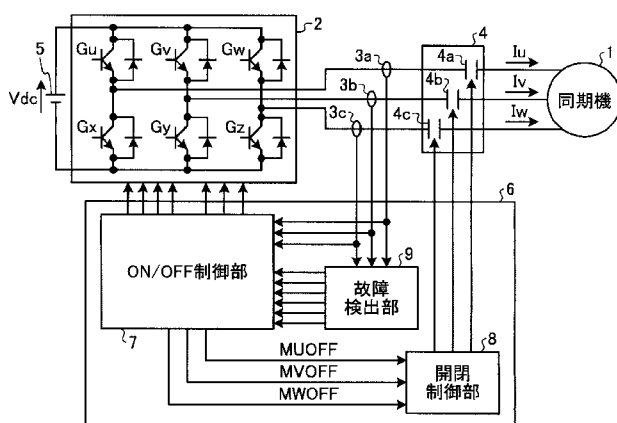
- (51) 国際特許分類:
H02M 7/48 (2007.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/068189
- (22) 国際出願日: 2009年10月22日(22.10.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社(Mitsubishi Electric Corporation) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 河野 雅樹(KONO, Masaki) [—/JP]; 〒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). 草野 健一(KUSANO, Kenichi) [—/JP]; 〒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). 山下 良範(YAMASHITA, Yoshinori) [—/JP]; 〒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). 北中 英俊(KI-TANAKA, Hidetoshi) [—/JP]; 〒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). 畠中 啓太(HATANAKA, Kei-
ta) [—/JP]; 〒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: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒1006020 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号 霞が関ビルディング 酒井国際特許事務所 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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: POWER CONVERTING APPARATUS FOR AN ELECTRIC CAR

(54) 発明の名称: 電気車の電力変換装置

[図1]



- 1 Synchronous machine
- 7 ON/OFF Control Unit
- 8 Opening/Closing Control Unit
- 9 Fault Detection Unit

(57) Abstract: Disclosed is a power converting apparatus which is provided with a power converter (2) which has switching elements (Gu - Gz) and drives a synchronous machine (1), an opening/closing unit (4), current detectors (3a - 3c), and a control unit (6) which performs on/off control of the switching elements (Gu -Gz) and opening/closing control of the opening/closing unit (4) based on the currents detected by the current detectors (3a - 3c). The control unit (6) has a fault detection unit (9) which detects whether there is a bridging fault in any of the switching elements (Gu - Gz) and outputs a signal indicating the detection results; an ON/OFF control unit (7) which, when a first phase (e.g. the U phase) involves a bridging fault, sets one of the switching elements constituting another phase (the V phase or the W phase) to an on operating state, and also outputs a signal to open the opening/closing unit (4); and an opening/closing control unit (8) which, when a second phase (e.g. the W phase) has a switching element set to an on operating state by the ON/OFF control unit, for the third phase (e.g. the V phase) other than the first phase or the second phase, opens the V phase opening/closing unit (4b) which is connected to the third phase.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/048683 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

スイッチング素子 $G_u \sim G_z$ を有し同期機 1 を駆動する電力変換器 2 と、開閉部 4 と、電流検出部 3 a ~ 3 c と、電流検出器 3 a ~ 3 c が検出した電流に基づきスイッチング素子 $G_u \sim G_z$ のオンオフ制御と開閉部 4 に対する開閉制御とを行う制御部 6 と、を備える電力変換装置であって、制御部 6 は、スイッチング素子 $G_u \sim G_z$ のいずれが短絡故障となっているかを検出し、検出結果を示す信号を出力する故障検出部 9 と、短絡故障となっている第 1 の相 (例えば、U 相) 以外の相 (V 相または W 相) を構成するスイッチング素子の 1 つをオン動作状態にすると共に、開閉部 4 を開放するための信号を出力する ON/OFF 制御部 7 と、第 1 の相、および、ON/OFF 制御部 7 によってスイッチング素子の 1 つがオン動作状態になった第 2 の相 (例えば、W 相)、以外の第 3 の相 (例えば、V 相) に接続された V 相開閉部 4 b を開放する開閉制御部 8 と、を有する。

明 細 書

発明の名称：電気車の電力変換装置

技術分野

[0001] 本発明は、鉄道車両もしくは電気自動車も含む電気車などに用いられる同期機駆動を対象とする電力変換装置に関し、特に同期機と電力変換器の間に開閉部を備えた電力変換装置に関するものである。

背景技術

[0002] 同期機は、従来から各種の分野で広く使用されている誘導機と比較して、回転子に内蔵された磁石による磁束が確立しているので、励磁電流が不要であることや、誘導機のように回転子に電流が流れないので、二次銅損が発生しないことなどの特長がある。そこで、電気車でも効率の向上を図るために同期機の適用が検討されている。

[0003] 電気車は、電力変換器と同期機が搭載された複数の車両を連結して編成を成して走行するので、走行中に一部の車両の電力変換装置を構成するスイッチング素子に短絡故障が生じた場合でも、他の健全な電力変換器と同期機によって、電気車は走行を続けることができる。このことより、故障した電力変換器の故障部位（短絡部分）には、同期機の誘起電圧による短絡電流が流れ続けることになる。そのため、この状態を放置すると、大きな短絡電流が流れるので、電力変換器の故障部位が拡大したり、同期機にも短絡電流が流れているので、同期機が発熱したり焼損したりする可能性がある。

[0004] このような故障への対処として、例えば下記特許文献1では、オンオフ制御される複数のスイッチング素子を有し直流電圧を任意周波数の交流電圧に変換して交流電動機を駆動する電力変換器と、電力変換器と同期機との間に接続された交流遮断用の開閉部と電力変換器の出力電流を検出する電流検出器と、少なくとも電流検出器が検出した電流に基づき、電力変換器における複数のスイッチング素子のオンオフ制御と開閉部に対する開閉制御とを行う制御部を備える電力変換装置であって、制御部は、電流検出器が検出した電

流値に基づき、複数のスイッチング素子のいずれが短絡故障しているか、あるいは、オン動作状態のままとなっているかを判別し、判別結果を示す信号を出力する故障判定部と、前記故障判定部からの信号に応じて、電力変換器に対して制御信号を出力するゲート信号生成部と、を備え、ゲート信号生成部は、故障判定部からの信号が、正極側に接続された上アームに属するスイッチング素子のうちの何れかが短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっており、かつ、負極側に接続される下アームに属するスイッチング素子のうちのいずれかが短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっていることを示す場合は、全てのスイッチング素子をオン動作状態とするオン制御信号を電力変換器に対して出力することにより、電力変換装置に発生した故障の形態によらず、電力変換器と電動機との間を流れる故障電流に継続的な電流ゼロ点が生じない直流成分を含む場合において、故障電流を遮断できるので、電力変換器内の故障部位の拡大を防ぐことが開示されている。

[0005] また、下記特許文献2には、上述同様にスイッチング素子の短絡故障が発生した際に、短絡故障した相を含むように、高電位P側アームまたは低電位N側アームの電動機端子を短絡して、三相短絡状態となるようにスイッチング素子をON動作状態とし、同期機の電流の平均値である直流成分をゼロに戻す対策について記載されている。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特許第4252109号公報（請求項1）
特許文献2：特許第3927584号公報（段落[0093]）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上記従来電力変換装置では、短絡故障が発生したときに、短絡故障が発生しているスイッチング素子と2つ以上のスイッチング素子とをON動作状態にする必要があった。そのため、大きな短絡電流が流れて

いるときに、健全なスイッチング素子をON動作状態にすることは、スイッチング素子に過大なストレスが掛かることになるので、ON動作状態にした健全なスイッチング素子も故障することも考えられ、故障が拡大する可能性がある。

[0008] また、開閉部が開放するときに過渡的な電圧（一般的にサージ電圧と言う）が発生するが、その過渡的な電圧が、電力変換器や同期機の絶縁耐圧の電圧レベルを超える可能性が高い。そのため、この過渡的な電圧をできるだけ小さくなるように考慮して開閉部を開放する相順を選択する必要がある。しかしながら、従来技術では、そのようなことが考慮されていないため、上述した過渡的な電圧の発生を抑制することができないという課題があった。

[0009] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、開閉部が開放するときに発生する過渡的な電圧を抑制することができると共に、故障していないスイッチング素子への負担を軽減することができる電気車の電力変換装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、オンオフ制御される複数のスイッチング素子を有し直流電圧を任意周波数の交流電圧に変換して交流回転機を駆動する電力変換器と、前記電力変換器と前記交流回転機との間に接続された交流遮断用の開閉部と、前記電力変換器と前記交流回転機との間に流れる電流を検出する電流検出部と、少なくとも前記電流検出器が検出した電流に基づき、前記複数のスイッチング素子のオンオフ制御と前記開閉部に対する開閉制御とを行う制御部と、を備える電力変換装置であって、前記制御部は、前記電流検出器が検出した電流値に基づき、前記複数のスイッチング素子のいずれが短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっているかを検出し、検出結果を示す信号を出力する故障検出部と、前記故障検出部からの信号および前記電流値に基づいて、短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっている第1の相以外の相を構成するスイッチング素子の1つをオン動作状態にすると共に、前記開閉部を開放するための信号を出力す

るON/OFF制御部と、前記ON/OFF制御部からの信号に基づいて、前記第1の相、および、前記ON/OFF制御部によってスイッチング素子の1つがオン動作状態になった第2の相、以外の第3の相に接続された開閉部を開放する開閉制御部と、を有すること、ことを特徴とする。

発明の効果

[0011] この発明によれば、短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっている第1の相以外の相を構成するスイッチング素子の1つをオン動作状態にすると共に、第1の相、および、スイッチング素子の1つがオン動作状態になった第2の相、以外の第3の相に接続された開閉部を開放するようにしたので、開閉部が開放するときが発生する過渡的な電圧を抑制することができると共に、故障していないスイッチング素子への負担を軽減することができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1] 図1は、本発明の実施の形態1にかかる電気車の電力変換装置の構成例を示す図である。

[図2] 図2は、同期機のモータ電圧と無負荷誘起電圧の関係を示す図である。

[図3] 図3は、図1に示される故障検出部の構成例を示す図である。

[図4] 図4は、図1に示されるON/OFF制御部の構成例を示す図である。

[図5] 図5は、図1に示される電力変換器に異常が発生してから開閉部を開放するまでの一連の動作を説明するためのフローチャートである。

[図6] 図6は、U相の上アームに属するスイッチング素子が短絡故障した際の動作を説明するための図である。

[図7] 図7は、本発明の実施の形態1にかかる電気車の電力変換装置による効果を説明するための図である。

[図8] 図8は、本発明の実施の形態2にかかる電気車の電力変換装置の一の構成を示す図である。

[図9] 図9は、本発明の実施の形態2にかかる電気車の電力変換装置の他の構成を示す図である。

[図10] 図10は、図8および図9に示される電力変換器に異常が発生してから開閉部を開放するまでの一連の動作を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0013] 以下に、本発明にかかる電気車の電力変換装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0014] 実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1にかかる電気車の電力変換装置の構成例を示す図であり、図2は、同期機1のモータ電圧と無負荷誘起電圧の関係を示す図である。図1に示される電気車の電力変換装置は、直流電源5に接続され同期機1を駆動させる電力変換器2と、電力変換器2と交流回転機1との間に接続された交流遮断用の開閉部4と、電力変換器2の動作制御および開閉部4の開放制御を行う制御部6と、を有して構成されている。

[0015] 電力変換器2は、正側アームの3つのスイッチング（以下単に「SW」と称する）素子（U相上アーム素子 G_u 、V相上アーム素子 G_v 、およびW相上アーム素子 G_w ）と、負側アームの3つのSW素子（U相下アーム素子 G_x 、V相下アーム素子 G_y 、およびW相下アーム素子 G_z ）とのブリッジ回路で構成される。それぞれのSW素子には、逆並列ダイオードが接続されている。そして、それぞれの相の上アーム素子と下アーム素子との接続点が三相の出力端を構成し、それぞれの出力端にU相結線、V相結線、W相結線が接続される。U相結線、V相結線、およびW相結線は、開閉部4を介して同期機1に接続されている。この構成によって電力変換器2は、制御部6からのゲート信号に従って各SW素子がオンオフ動作することで、入力される直流電圧を任意周波数の三相交流電圧に変換して同期機1を駆動する。

[0016] 制御部6は、主たる構成として、ON/OFF制御部7と、開閉部4を制御する開閉制御部8と、電力変換器2を構成するSW素子 G_u 、 G_v 、 G_w 、 G_x 、 G_y 、 G_z の短絡故障を検出する故障検出部9と、を有して構成さ

れている。

[0017] 本実施の形態では、図1に示される同期機1を、回転子に取り付けられた永久磁石により界磁を作る永久磁石同期機としている。永久磁石同期機の場合、永久磁石による磁束が一定であるため、同期機単体の特性としては、磁束密度と同期機の回転速度との積に比例した誘起電圧を発生する。これを無負荷誘起電圧といい、図2に点線で示すような特性を持つ。これに対して、電力変換器2は、入力の直流電源5の直流電圧以上の電圧を発生することはできないことから、無負荷誘起電圧が電力変換器2の最大出力電圧を超える領域では、永久磁石による磁束を打ち消すような磁束を電機子巻線で発生させるように、電力変換器2で所謂弱め界磁制御を行なって、高速運転を行なっている。

[0018] なお、自動車や電車などの電気車では、電力変換器2が停止していて、力行でもなく回生でもない惰性で走行する「惰行」という運転モードがあることが特徴である。このような惰行の際、永久磁石同期機を使用する場合、電力変換装置2では、前述した無負荷誘起電圧が発生する。この無負荷誘起電圧が電力変換器2の直流電圧（直流電源5の両端電圧に相当）よりも大きな領域では、無負荷誘起電圧が、電力変換器2を構成するSW素子 $G_u \sim G_z$ のダイオードを介して全波整流される。全波整流された電力は、直流電源5側に回生され、その結果、システム全体としてブレーキ力が発生し、ブレーキ動作を行なうことになる。

[0019] 一般に知られているように正弦波状の交流電流は、電流波形の半周期毎に電流ゼロ点が生じるので、この電流ゼロ点を利用して電流を遮断することができる。図1に示される開閉部4は、電流ゼロ点を利用して電流を遮断する交流遮断用の接触器である。一般に交流遮断用の接触器としては、電流ゼロ点で電流を遮断する仕組みを応用した真空接触器等が挙げられる。ただし、電力変換器2に発生した故障の形態によっては、上記の従来技術でも説明したように、故障電流に継続的な電流ゼロ点が生じない直流成分が含まれる場合がある。このような場合、電流ゼロ点で電流を遮断する仕組みを利用した

交流遮断用の真空接触器等では、故障電流の遮断が不可能となるので、故障電流を遮断できず、故障電流が継続して流れて、発熱等によって電力変換器 2 の故障部位の拡大を招くおそれがある。本実施の形態にかかる電力変換装置は、このような問題を解決するためのものであり、以下その具体的態様を説明する。

[0020] 図 1 に示される各相の電流検出器 3 a、3 b、3 c は、電力変換器 2 の三相出力端と開閉部 4 との間における U 相結線、V 相結線、W 相結線にそれぞれ設置され、同期機 1 に発生する各相電流（「モータ電流」と称してもよい） I_u 、 I_v 、 I_w を検出する。各電流検出器 3 a、3 b、3 c で検出された各相電流 I_u 、 I_v 、 I_w は、故障検出部 9 および ON/OFF 制御部 7 にそれぞれ入力される。

[0021] なお、図 1 に示される電力変換装置は、電力変換器 2 の三相出力端と開閉部 4 との間における U 相～W 相結線の電流を検出する手段として CT 等を用いているが、これに限定されるものではなく、他の公知の手法を用いて、例えば電力変換器 2 の内部に流れる母線電流を用いて、各相電流 I_u 、 I_v 、 I_w を検出する態様であってもよい。また、図 1 に示される電力変換装置は、電力変換器 2 の三相出力電流をそれぞれ検出する態様であるが、任意の二相の電流を検出する態様でもよい。すなわち、 $I_u + I_v + I_w = 0$ の関係が成立するため、例えば、U、V 2 相分の検出電流から W 相の電流を求めることもできるので、例えば、W 相の電流検出器 3 c を省略してもよい。もちろん、U、W 2 相分の検出電流から V 相の電流を求めてもよいことは言うまでもない。

[0022] 図 3 は、図 1 に示される故障検出部 9 の構成例を示す図であり、図 4 は、図 1 に示される ON/OFF 制御部 7 の構成例を示す図であり、図 5 は、図 1 に示される電力変換器 2 に異常が発生してから開閉部 4 を開放するまでの一連の動作を説明するためのフローチャートであり、図 6 は、U 相の上アームに属する SW 素子 G_u が短絡故障した際の動作を説明するための図である。

[0023] (故障検出部)

図3において、各電流検出器3a、3b、3cで検出された各相電流 I_u 、 I_v 、 I_w は、制御部6の故障検出部9に入力される。図3に示される故障検出部9は、主たる構成として、U相電流 I_u が入力されるU相故障検出部17aと、V相電流 I_v が入力されるV相故障検出部17bと、W相電流 I_w が入力されるW相故障検出部17cと、を有して構成されている。

[0024] 各故障検出部17a、17b、17cは、各相のモータ電流（各相電流）に基づいて、各相の上アームと各相の下アームとの何れが故障しているのか検出して、その故障部位を示すエラー信号を出力する。エラー信号は、図3に示されるU相上アーム故障検出信号FOUなどである。このように、各故障検出部17a、17b、17cは、各相の上アームと各相の下アームとの何れが故障しているのか検出するためのものであり、入力信号と出力信号とが異なるが、機能としてはそれぞれ同じものである。従って、以下の説明では、U相故障検出部17aのみについて説明し、V相故障検出部17bおよびW相故障検出部17cの説明は省略する。

[0025] 図3に示されるU相故障検出部17aは、主たる構成として、U相電流 I_u の大きさによってU相が故障（特に、短絡故障）しているか否かを検出するU相短絡故障検出部10aと、U相電流 I_u の流れている方向を判別するU相電流符号判別部11aと、U相短絡故障検出部10aおよびU相電流符号判別部11aからの出力によってU相の故障部位を検出・特定するU相故障部位検出部12aと、を有して構成されている。

[0026] U相短絡故障検出部10aは、主たる構成として、入力されたU相電流 I_u の絶対値を演算する絶対値演算部13aと、大なり比較器14aと、ON時素15aと、を有して構成されている。

[0027] 大なり比較器14aは、絶対値演算部13aからの絶対値と所定の設定値 I_{set} とを比較する。これは、SW素子が短絡している相に流れる電流がゼロでなく、交流成分にオフセット量が加算された値になるという知見に基づいている。このことを具体的に説明すると以下の通りである。図6には、

U相の上アームに属するSW素子G_uが短絡故障したときの電流波形が示されている。U相電流以外の相電流はゼロをクロスしているが、U相電流はゼロをクロスせずオフセットがのった波形になっていることが確認できる。U相短絡故障検出部10aは、そのことを利用して短絡故障を検出している。つまり、U相電流の波形に、所定の設定値I_{set}より大きいオフセットがある場合、大なり比較器14aは、U相に短絡故障が発生していることを示す「1」を出力する。なお、所定の設定値I_{set}は、同期機1の特性によって決まるのであるが、定格電流値の1.5~2倍の値に設定することが適切である。つまり、定格電流実効値が200Aとすると、所定の設定値I_{set}は300~400A程度に設定するのが望ましい。

[0028] ON時素15aは、誤検知防止のための機能であり、例えば、大なり比較器14aの出力の1がON時素15aに設定されている時間以上継続した場合に、1を出力する。ON時素15aに設定する時間は、例えば、5msecとする。なお、この場合、ON時素15b、15c、15d、15e、15fに設定する時間も5msecとする。ON時素15aの出力は、論理積部18aおよび論理積部18bに入力される。

[0029] 次に、U相電流符号判別部11aの構成を説明する。U相電流I_uは、U相電流符号判別部11aに入力され、U相電流符号判別部11aは、このU相電流I_uの流れている方向を判別する。U相電流符号判別部11aは、主たる構成として、大なり比較器14bと、小なり比較器16aと、ON時素15bと、ON時素15cと、を有して構成されている。

[0030] 大なり比較器14bおよび小なり比較器16aは、U相電流I_uの値とゼロを比較して、U相電流I_uがプラス側に流れているのかマイナス側に流れているのかを判別する。ON時素15bおよびON時素15cは、ON時素15aと同様に、誤検知防止のための機能である。ON時素15bの出力は論理積部18aに入力され、ON時素15cの出力は論理積部18bに入力される。

[0031] U相故障部位検出部12aは、主たる構成として、論理積部18aおよび

論理積部 18b を有して構成されている。論理積部 18a は、U 相短絡故障検出部 10a の出力と ON 時素 15b の出力とが共に 1 の場合、U 相上アーム故障検出信号 FOU を出力する。すなわち、U 相短絡故障検出部 10a が短絡故障を検出し、かつ、U 相電流 I_u がプラス方向に流れている場合、U 相故障部位検出部 12a は、U 相の上アームである SW 素子 G_u が短絡故障していることを検出する。

[0032] また、論理積部 18b は、U 相短絡故障検出部 10a の出力と ON 時素 15c の出力とが共に 1 の場合、U 相下アーム故障検出信号 FOX を出力する。すなわち、U 相短絡故障検出部 10a が短絡故障を検出し、かつ、U 相電流 I_u がマイナス方向に流れている場合、U 相故障部位検出部 12a は、U 相の下アームである SW 素子 G_x が短絡故障していることを検出する。

[0033] このように、図 1 に示される故障検出部 9 は、相電流 I_u 、 I_v 、 I_w に基づいて、短絡故障部位を限定・検出し、ON/OFF 制御部 7 に対して、短絡故障部位の検出結果を示す U 相上アーム故障検出信号 FOU あるいは U 相下アーム故障検出信号 FOX を出力する。

[0034] (ON/OFF 制御部)

ON/OFF 制御部 7 は、故障検出部 9 からの故障検出信号と、各電流検出器 3a、3b、3c で検出された相電流 I_u 、 I_v 、 I_w と、に基づいて、故障の拡大を防止するために、故障していない SW 素子を選択し、選択した SW 素子を ON 動作状態にする。また、ON/OFF 制御部 7 は、U 相開閉部 4a、V 相開閉部 4b、および W 相開閉部 4c の開放順を制御するための開放指令 MUOFF、MV OFF、および MW OFF を生成し、開閉制御部 8 に対して出力する。そのことにより、開閉部 4 が開放したときに発生する過渡的な電圧が電力変換器 2 や同期機 1 の絶縁耐圧の電圧レベルを超えることを抑制可能である。

[0035] 図 5 には、制御部 6 を構成する各要素の動作が示されている。例えば、電力変換器 2 に異常が発生した場合、図 5 の上段に示される故障検出部 9 は、短絡故障部位を限定・検出する。図 5 の中段に示される ON/OFF 制御部

7は、故障検出部9からの故障検出信号に基づいて、ON動作状態にするSW素子を選択し、選択したSW素子をON動作状態にする。図5の下段に示される開閉制御部8は、ON/OFF制御部7から出力された開放指令MUOFF、MVOFF、MWOFFに基づいて各開閉部4a、4b、4cを開放させる。

[0036] 以下、図5および図6を用いて、制御部6の動作と図5のフローチャートとを関連付けて説明する。なお、以下の説明では、適宜、U相を第1の相、V相を第3の相、W相を第2の相として称して説明する場合がある。

[0037] 図6に示すように、時刻 t_1 でU相上アームに属するSW素子 G_u が故障した場合（ステップS10, Yes）、U相電流 I_u がプラス方向に流れる。そのため、図3に示される大なり比較器14bの出力は、時刻 t_2 でオン（もしくは1）となり、ON時素15bの出力は、ON時素15bに設定された時間だけ遅れて時刻 t_4 でオンとなる。

[0038] また、大なり比較器14aの出力は、U相電流 I_u が所定の設定値 I_{set} を超えた時点、すなわち時刻 t_3 でオンとなる。比較器14aからの出力は、ON時素15aに入力され、ON時素15aの出力は、ON時素15aに設定された時間だけ遅れて時刻 t_5 でオンとなる。

[0039] 論理積部18aには、上述したON時素15aからの出力とON時素15bからの出力とが入力される。何れの出力もオンの場合、論理積部18aの出力はオンとなる。すなわち、論理積部18aは、ON/OFF制御部7に対してU相上アーム故障検出信号FOUを送出する。

[0040] 次に、図4に示されるON/OFF制御部7において、大なり比較器19aおよび小なり比較器20aは、モータ電流 I_v と I_w とを比較する（ステップS11）。モータ電流 I_v が I_w より大きい場合（ステップS11, Yes）、大なり比較器19aの出力はオンとなる。

[0041] 論理積部21aに入力される信号、すなわち、大なり比較器19aからの出力とU相上アーム故障検出信号FOUは、共にオンである。従って、論理積部21aの出力は、W相上アームのSW素子 G_w をON動作状態にするた

めにオンとなる。論理積部 2 1 a の出力は、論理和部 2 2 a に送出される。

[0042] 論理和部 2 2 a は、論理積部 2 1 a からの出力に基づいて、G w オン信号を生成し、電力変換器 2 に対して出力する。SW 素子 G w は、この G w オン信号に従ってオンとなる（ステップ S 1 2）。

[0043] また、論理積部 2 1 a の出力は論理和部 2 2 h にも送出され、論理和部 2 2 h は、論理積部 2 1 a からの出力に基づいて、V 相開閉部開放指令 M V O F F を生成し、ON 時素 2 3 b に対して出力する。

[0044] なお、実際には、SW 素子 G w が ON 動作状態になるまでには、若干の時間遅れがあるため、ON 時素 2 3 b の出力（V 相開閉部開放信号出力）は、ON 時素 2 3 b に設定された時間だけ遅れて時刻 t 6 でオフとなる。その結果、時刻 t 6 で V 相開閉部 4 b が開放する（ステップ S 1 3）。

[0045] また、V 相開閉部 4 b が開放してから所定の時間を待つて、時刻 t 7 で U 相開閉部 4 a が開放する（ステップ S 1 4）。この V 相開閉部 4 b が開放してから所定の時間を待つ時間は、ある SW 素子（上記説明では G w）をオンすることによって、従来の方法に比して、大幅に短縮できることがシミュレーション結果などから判っている。

[0046] ステップ S 1 1 において、モータ電流 I v が I w より小さい場合（ステップ S 1 1, N o）、図 4 に示される小なり比較器 2 0 a の出力がオンとなる。論理積部 2 1 b に入力される小なり比較器 2 0 a からの出力と U 相上アーム故障検出信号 F O U とが共にオンである。従って、論理積部 2 1 b の出力は、SW 素子 G v を ON 動作状態にするため、オンとなる。論理和部 2 2 b は、論理積部 2 1 b からの出力に基づいて、G v オン信号を生成する。SW 素子 G v は、この G v オン信号に従ってオンとなる（ステップ S 1 5）。

[0047] 論理積部 2 1 b の出力は論理和部 2 2 i にも送出され、論理和部 2 2 i は、論理積部 2 1 b からの出力に基づいて、W 相開閉部開放指令 M W O F F を生成し、ON 時素 2 3 c に対して出力する。

[0048] ON 時素 2 3 c の出力は、ON 時素 2 3 c に設定された時間だけ遅れて時刻 t 6 でオフとなる。その結果、時刻 t 6 で W 相開閉部 4 c が開放する（ス

テップS 16)。また、W相開閉部4cが開放してから所定の時間を待って、時刻t7でU相開閉部4aが開放する(ステップS17)。

[0049] ステップS10において、U相上アームに属するSW素子G_uが故障していない場合(ステップS10, No)、故障検出部9は、U相下アームに属するSW素子G_xが故障しているか否かを判断する(ステップS20)。

[0050] このように、故障検出部9は、各SW素子の故障の有無を順次判断していき、W相上アームに属するSW素子G_zが故障していない場合(ステップS60, No)、ステップS10以降の判断を繰り返す。ON/OFF制御部7は、故障検出信号FOX~FOZと相電流I_u、I_v、I_wとに基づいて、各SW素子のオン制御と、開閉制御部8に対する開閉部開放指令を生成する。また、開閉制御部8は、開閉部開放指令に基づいて各開閉部4a、4b、4cの開路動作を行う。以下、ステップS20~ステップS67に関する説明は、上述同様であるため割愛する。

[0051] 図7は、本発明の実施の形態1にかかる電気車の電力変換装置による効果を説明するための図である。図7(a)には従来方式によるシミュレーション結果が示され、図7(b)には本実施の形態によるシミュレーション結果が示されている。図7(a)および(b)に示される各波形は、電鉄用の300kWで定格電圧3KVのモータを用いて、U相上アームに属するSW素子G_uが短絡故障したときに得られたものである。

[0052] ここで、図7に示された波形の理解を容易にするため、継続的な電流ゼロ点が生じない故障電流の発生態様を説明し、その後、本実施の形態にかかる制御部6の動作を説明する。継続的な電流ゼロ点が生じない故障電流の発生態様としては、図1に示された6つのSW素子G_u~G_zのうちの任意の1つが、短絡故障となった場合、あるいは、SW素子やその駆動回路(図示せず)の故障によってオン動作状態のままとなった場合が挙げられる。例えば、電力変換装置が運転中で、同期機1が回転している状態において、SW素子G_uが短絡故障を起こし、残りのSW素子G_v~G_zは、図示しない故障検出機能が働いて全てオフ動作状態となった場合には、SW素子G_uと、S

W素子G_v～G_zに接続されている逆並列ダイオードと、を通して、同期機1と電力変換器2との間で故障電流が流れる。そのときの各相の故障電流の波形を表わしたものが、図7(a)および(b)の上段に示される三相電流波形である。

[0053] 図7(a)の上段に示される波形は、SW素子G_uが短絡故障した際、SW素子G_u以外のSW素子をON動作状態にせず、開閉部4を開放したときの三相電流波形であり、図7(a)の下段に示される波形は、このときの線間電圧波形である。

[0054] 図7(b)の上段に示される波形は、SW素子G_uが短絡故障した際、例えばSW素子G_vをON動作状態にして、かつ、W相開閉部4_cを開放したときの三相電流波形であり、図7(b)の下段に示される波形は、このときの線間電圧波形である。

[0055] 図7(a)のシミュレーション結果では、例えば、SW素子G_uが短絡故障したとき、U相電流I_uが正側にオフセットし電流ゼロ点が存在しなくなる。短絡故障してから約0.03sec後にW相開閉部4_cを開放した場合、WU相間の線間電圧波形の最大値が約11kVになることが確認できる。このモータの絶縁耐圧は、定格電圧が3000Vなので6000V程度であるが、絶縁耐圧の約2倍の電圧が印加されることになる。

[0056] それに比較して、本実施の形態にかかるON/OFF制御部7は、図7(b)に示されるように、例えば、SW素子G_uが短絡故障してから約0.02sec後に、図5の制御アルゴリズムに基づいて、V相上アームのSW素子G_vをON動作状態にする。さらに、開閉制御部8は、短絡故障が発生してから約0.03sec後にW相開閉部4_cを開放する。

[0057] このとき、VW相およびWU相の各線間電圧波形の最大値は、図7(b)の下段に示すように約4kVになる。すなわち、過渡電圧がモータの絶縁耐圧よりも低い値に抑制されていることが確認できる。また、図7(b)の上段に示すように、W相開閉部4_cを開放した後も電流が安定しゼロ付近にあるので、直ぐに他の相も開放できることが確認できる。

[0058] なお、図7では、SW素子 G_u が短絡故障を起こし、故障していないSW素子 $G_v \sim G_z$ が全てオフ動作状態にある場合に、U相電流 I_u が正側にオフセットして電流ゼロ点が存在しなくなる波形を示しているが、反対側のU相下アームのSW素子 G_x が短絡故障を起こし、故障していない他の素子が全てオフ動作状態にある場合には、U相電流 I_u が負側にオフセットして電流ゼロ点が存在しなくなる波形となる。このことは、他のSW素子が短絡故障した場合においても同様に考えることができる。

[0059] 以上に説明したように、本実施の形態にかかる電力変換装置は、電力変換器2を構成するスイッチング素子の何れかが短絡故障あるいはオン動作状態となったとき、短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっている第1の相（例えば、U相）以外の相を構成するSW素子の1つをON動作状態にするようにしたので、電流ゼロ点を利用して開閉部を開放でき、確実に故障電流を遮断することが可能である。また、第1の相（例えば、U相）およびSW素子の1つがオン動作状態になった第2の相（例えば、W相）、以外の第3の相（例えば、V相）に接続された開閉部を、開放動作の1回目に開放するようにしたので、開閉部を開放（遮断）する際の過渡的な電圧の発生を抑制すること可能である。また、例えばSW素子 G_u が故障した際に、故障していないSW素子の動作を一つの相（例えば、W相）のみに限定するようにしたので、故障していない他のSW素子（例えば、V相の G_v 、 G_y ）へのストレス・負担を軽減することができ、故障の拡大を防止することが可能である。その結果、従来技術に比して、故障頻度が大幅に軽減されるため、電力変換装置の信頼性が向上すると共に長期使用が可能であり、また、メンテナンスコストの低廉化を図ることができる。

[0060] なお、上記説明では、開閉制御部8が3つの開閉部4a、4b、4cの動作を制御する態様であったが、これに限定されるものではなく、例えば、2つの開閉部に限定して、その開閉部の動作のみ制御する態様でもよい。例えば、開路動作をW相開閉部4cおよびU相開閉部4aに限定することによって、開閉部4の動作回数を減らすことができるので、開閉部4の劣化を抑制

でき、寿命を延ばすことが可能である。

[0061] 実施の形態 2.

図 8 は、本発明の実施の形態 2 にかかる電気車の電力変換装置の一の構成を示す図であり、図 9 は、本発明の実施の形態 2 にかかる電気車の電力変換装置の他の構成を示す図であり、図 10 は、図 8 および図 9 に示される電力変換器 2 に異常が発生してから開閉部 4 を開放するまでの一連の動作を説明するためのフローチャートである。なお、第 1 の実施の形態と同一部分には同一符号を付してその説明を省略し、異なる部分についてのみ述べる。

[0062] 実施の形態 1 との相違点は、開閉部が 2 相のみ（例えば、U 相および V 相）に取り付けられている点である。そのため、開閉制御部 24 は、図 8 に示されるように、2 相のみの制御信号を出力するように構成すればよい。また、ON/OFF 制御部 27 も同様に、2 相のみの開閉部開放指令を出力するように構成すればよい。

[0063] また、本実施の形態にかかる電力変換装置は、図 9 に示すような態様で構成してもよい。すなわち、図 9 に示される電力変換装置は、図 8 のように電力変換器 2 と同期機 1 との間に開閉部 4 が接続されているのではなく、同期機 25 の中性点 26 が外部で接続できる構成になっている。すなわち、同期機 25 の中性点 26 側に開閉部 4 を接続する構成になっている。なお、図 8 および図 9 に示される電力変換装置は、U、V 相に開閉部を接続しているが、U、V 相以外の組合せでよい。

[0064] 図 10 において、開閉部が接続されている相の SW 素子（例えば、 G_u ）が短絡故障した場合（ステップ S100, Yes）、開閉部が接続されていない相の SW 素子（例えば、 G_w ）を優先的に ON 動作状態にする点が実施の形態 1 と大きく異なる点である。このことを具体的に説明すると、本実施の形態にかかる ON/OFF 制御部 27 は、ON 動作状態にする SW 素子を選択する際に、開閉部の開放動作を考慮して、開閉部（例えば、U 相開閉部 4a または V 相開閉部 4b）が接続されていない相の SW 素子（例えば、 G_w ）を優先的に ON 動作状態にする（ステップ S101）。

- [0065] また、開閉制御部 24 は、SW素子 G_w がオンしてから所定時間経過後に V 相開閉部 4b を開放し（ステップ S102）、U 相開閉部 4a も開放する（ステップ S103）。
- [0066] 図 7（b）の波形に対比させて説明すると以下の通りである。ON/OFF 制御部 27 は、例えば、SW素子 G_u が短絡故障してから約 0.02 sec 後に、SW素子 G_w を優先的に ON 動作状態にする（ステップ S101）。開閉制御部 24 は、短絡故障が発生してから約 0.03 sec 後に V 相開閉部 4b を開放する（ステップ S102）。その結果、過渡電圧がモータの絶縁耐圧よりも低い値に抑制される。また、図 7（b）の上段に示すように、V 相開閉部 4b を開放した後も電流が安定しゼロ付近にあるので、直ぐに U 相開閉部 4a も開放可能である（ステップ S103）。
- [0067] ただし、開閉部が接続されていない相の SW素子が短絡故障した場合には、実施の形態 1 と同様に、ON 動作状態にする SW素子を選択し、開放する開閉部 4 を選択する。しかし、最後に開放する開閉部は、実施の形態 1 と異なり、開閉部が接続されている相とする。
- [0068] このことを図 10 を用いて説明すると以下の通りである。開閉部が接続されていない相の SW素子（例えば、 G_w ）が短絡故障した場合（ステップ S140, Yes）、故障検出部 9 は、W 相上アーム故障検出信号 FOW を出力する。ON/OFF 制御部 27 は、故障検出信号 FOW と相電流 I_u 、 I_v 、 I_w とに基づいて、ON 動作状態にする SW素子を選択する（ステップ S141）。モータ電流 I_u が I_v より大きい場合（ステップ S141, Yes）、SW素子 G_v がオンとなる（ステップ S142）。開閉制御部 24 は、U 相開閉部 4a を開放し（ステップ S143）、U 相開閉部 4a が開放してから所定の時間を待って、V 相開閉部 4b を開放する（ステップ S144）。
- [0069] ステップ S141 において、モータ電流 I_u が I_v より小さい場合（ステップ S141, No）、SW素子 G_u がオンとなる（ステップ S145）。開閉制御部 24 は、V 相開閉部 4b を開放し（ステップ S146）、V 相開

閉部 4 b が開放してから所定の時間を待って、U 相開閉部 4 a を開放する（ステップ S 1 4 7）。なお、開閉部が接続されていない相の SW 素子（例えば、G z）が短絡故障した場合の動作（ステップ S 1 5 0～ステップ S 1 5 7）は、上述したステップ S 1 4 0～ステップ S 1 4 7 と同様である。

[0070] ステップ S 1 0 0 において、開閉部が接続されている相の SW 素子（例えば、G u）が短絡故障していない場合（ステップ S 1 0 0, N o）、故障検出部 9 は、U 相下アーム（SW 素子 G x）が故障しているか否かを判断する（ステップ S 1 1 0）。

[0071] このように、故障検出部 9 は、各 SW 素子の故障の有無を順次判断していき、W 相上アーム（SW 素子 G z）が故障していない場合（ステップ S 1 5 0, N o）、ステップ S 1 0 0 以降の判断を繰り返す。ON/OFF 制御部 2 7 は、故障検出信号 F O X～F O Z と相電流 I u、I v、I w とに基づいて、各 SW 素子のオン制御と、開閉制御部 2 4 に対する開閉部開放指令を生成する。また、開閉制御部 2 4 は、開閉部開放指令に基づいて各開閉部 4 a、4 b、4 c の開路動作を行う。なお、図 1 0 において、ステップ S 1 0 0～1 0 3 とステップ S 1 4 0～1 4 7 の動作のみ説明したが、他のステップの動作は、これらのステップと同様であるためその説明を割愛する。

[0072] 以上に説明したように、本実施の形態にかかる電力変換装置は、実施の形態 1 と同様に、短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっている第 1 の相（例えば、U 相）以外の相を構成する SW 素子の 1 つを ON 動作状態にするようにしたので、電流ゼロ点を利用して開閉部を開放でき、確実に故障電流を遮断することが可能である。また、第 1 の相（例えば、U 相）および SW 素子の 1 つがオン動作状態になった第 2 の相（例えば、W 相）、以外の第 3 の相（例えば、V 相）に接続された開閉部を開放するようにしたので、開閉部を開放する際の過渡的な電圧の発生を抑制すること可能である。また、例えば SW 素子 G u が故障した際に、故障していない SW 素子の動作を一つの相（例えば、W 相）のみに限定するようにしたので、故障していない他の SW 素子（例えば、V 相の G v、G y）へのストレス・負担を軽減することが

でき、故障の拡大を防止することが可能である。その結果、従来技術に比して、故障頻度が大幅に軽減されるため、電力変換装置の信頼性が向上すると共に長期使用が可能であり、また、メンテナンスコストの低廉化を図ることができる。さらに、本実施の形態にかかる電力変換装置は、2つの相のみに開閉部を接続するようにしたので、実施の形態1に比べて1つの相分の開閉部が不要となり、電力変換装置の小型化、軽量化、および低コスト化を実現することができる。

[0073] また、実施の形態1および2にかかる開閉制御部8および24は、図5および図10に示すように、各相に接続された開閉部の開放動作の2回目に、故障したSW素子が属する相にかかる開閉部を開放するようにしたので、故障の拡大を防止することが可能である。このことを具体例で説明すると、例えば、図5のステップS13とS14において、故障していないスイッチング素子の属する相（V相）の開閉部を1回目に開放し（S13）、故障したスイッチング素子の属する相（U相）の開閉部を2回目に開放している（S14）。ここで、S14の後に、故障したSW素子が属する相（W相）の開閉部を開放、すなわちU相開閉部をW相開閉部よりも優先的に開放するように構成されている。

[0074] なお、上記説明では、U相を第1の相、W相を第2の相、V相を第3の相として電力変換装置の動作を説明したが、例えば、W相を第3の相、V相を第2の相として読み替えることもできる。また、V相を第1の相とした場合には、W相を第2の相、U相を第3の相として読み替えることもできる。

[0075] なお、実施の形態2に示された構成、すなわち図9において中性点26側に開閉部4を接続する構成は、実施の形態1にも適用可能である。実施の形態1にかかる開閉制御部8に、当該構成を適用した場合、開閉部の構成は変わらないが、ON/OFF制御部7における開閉部開放指令の演算処理や開閉制御部8での開閉制御処理を軽減することができる。

産業上の利用可能性

[0076] 以上のように、本発明は、電気車の推進制御に供される電力変換装置に適

用可能であり、特に、開閉部が開放するときが発生する過渡的な電圧を抑制することができると共に、故障していないSW素子への負担を軽減することができる発明として有用である。

符号の説明

- [0077]
- 1, 25 同期機
 - 2 電力変換器
 - 3 a U相電流検出器
 - 3 b V相電流検出器
 - 3 c W相電流検出器
 - 4 開閉部
 - 4 a U相開閉部
 - 4 b V相開閉部
 - 4 c W相開閉部
 - 5 直流電源
 - 6 制御部
 - 7, 27 ON/OFF制御部
 - 8, 24 開閉制御部
 - 9 故障検出部
 - 10 a U相短絡故障検出部
 - 10 b V相短絡故障検出部
 - 10 c W相短絡故障検出部
 - 11 a U相電流符号判別部
 - 11 b V相電流符号判別部
 - 11 c W相電流符号判別部
 - 12 a U相故障部位検出部
 - 12 b V相故障部位検出部
 - 12 c W相故障部位検出部
 - 13 a, 13 b, 13 c 絶対値演算部

14 a, 14 b, 14 c, 14 d, 14 e, 14 f, 19 a, 19 b, 19 c, 19 d, 19 e, 19 f 大なり比較器

15 a, 15 b, 15 c, 15 d, 15 e, 15 f, 15 g, 15 h, 15 i, 23 a, 23 b, 23 c ON時素

16 a, 16 b, 16 c, 20 a, 20 b, 20 c, 20 d, 20 e, 20 f 小なり比較器

17 a U相故障検出部

17 b V相故障検出部

17 c W相故障検出部

18 a, 18 b, 18 c, 18 d, 18 e, 18 f, 21 a, 21 b, 21 c, 21 d, 21 e, 21 f, 21 g, 21 h, 21 i, 21 j, 21 k, 21 l 論理積部

22 a, 22 b, 22 c, 22 d, 22 e, 22 f, 22 g, 22 h, 22 i 論理和部

26 同期機の中性点

FOU U相上アーム故障検出信号

FOX U相下アーム故障検出信号

FOV V相上アーム故障検出信号

FOY V相下アーム故障検出信号

FOW W相上アーム故障検出信号

FOZ W相下アーム故障検出信号

Gu, Gv, Gw, Gx, Gy, Gz スイッチング素子

Iset 所定の設定値

Iu U相電流

Iv V相電流

Iw W相電流

MUOFF U相開閉部開放指令

MVOFF V相開閉部開放指令

M W O F F W 相開閉部開放指令

請求の範囲

[請求項1]

オンオフ制御される複数のスイッチング素子を有し直流電圧を任意周波数の交流電圧に変換して交流回転機を駆動する電力変換器と、前記電力変換器と前記交流回転機との間に接続された交流遮断用の開閉部と、前記電力変換器と前記交流回転機との間に流れる電流を検出する電流検出部と、

少なくとも前記電流検出器が検出した電流に基づき、前記複数のスイッチング素子のオンオフ制御と前記開閉部に対する開閉制御とを行う制御部と、を備える電力変換装置であって、

前記制御部は、

前記電流検出器が検出した電流値に基づき、前記複数のスイッチング素子のいずれが短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっているかを検出し、検出結果を示す信号を出力する故障検出部と、

前記故障検出部からの信号および前記電流値に基づいて、短絡故障あるいはオン動作状態のままとなっている第1の相以外の相を構成するスイッチング素子の1つをオン動作状態にすると共に、前記開閉部を開放するための信号を出力するON/OFF制御部と、

前記ON/OFF制御部からの信号に基づいて、前記第1の相、および、前記ON/OFF制御部によってスイッチング素子の1つがオン動作状態になった第2の相、以外の第3の相に接続された開閉部を開放する開閉制御部と、を有すること、

を特徴とする電気車の電力変換装置。

[請求項2]

前記ON/OFF制御部は、前記電流値に基づいて、前記第1の相以外の相を構成するスイッチング素子の1つを選択することを特徴とする請求項1に記載の電気車の電力変換装置。

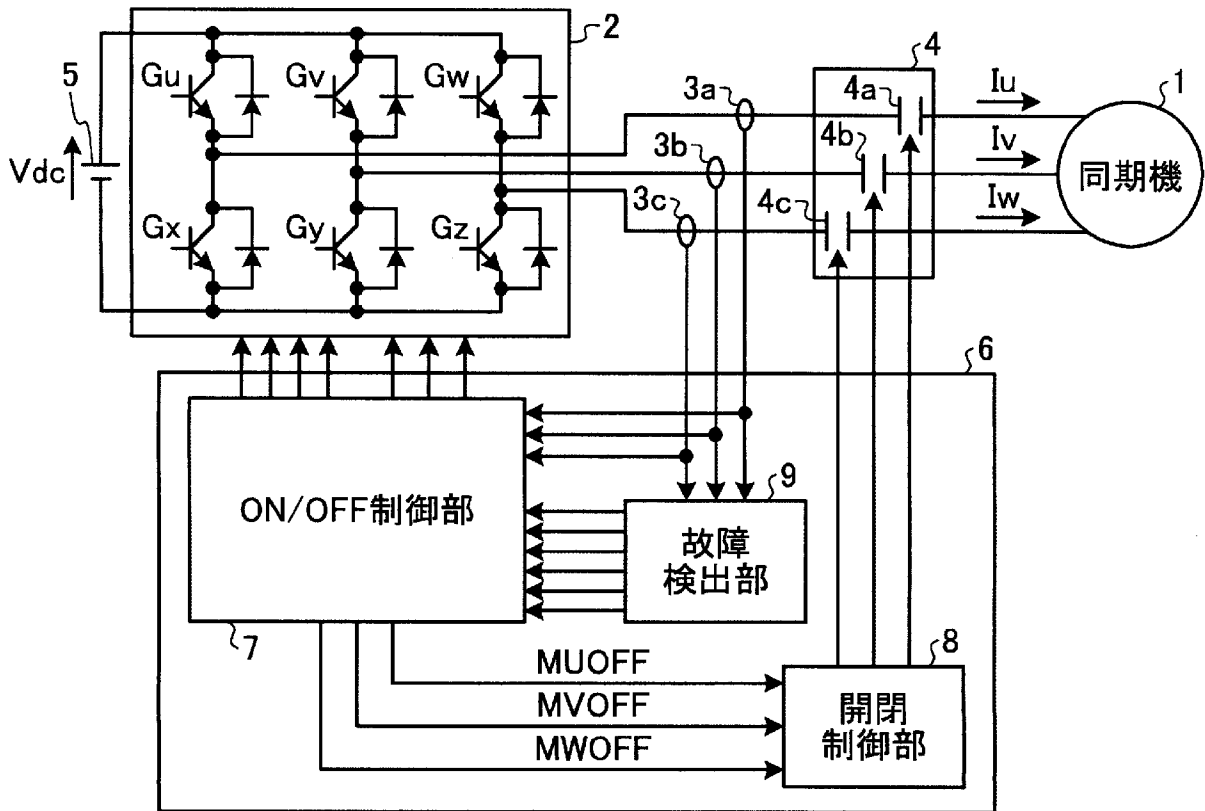
[請求項3]

前記開閉制御部は、各相に接続された開閉部の開放動作の2回目に前記第1の相に接続された開閉部を開放することを特徴とする請求項1または2に記載の電気車の電力変換装置。

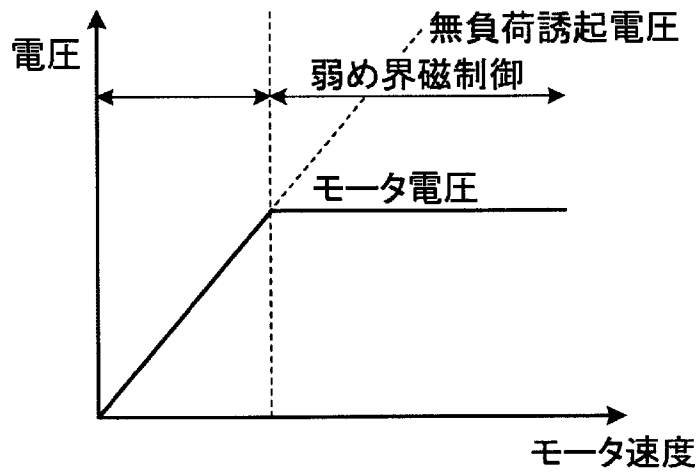
[請求項4] 前記開閉制御部は、各相に接続された開閉部の開放動作の1回目に前記第1の相以外の相に接続された開閉部を開放することを特徴とする請求項3に記載の電気車の電力変換装置。

[請求項5] 前記開閉制御部は、前記第1の相に接続された開閉部と、前記第2の相に接続された開閉部と、前記第3の相に接続された開閉部と、のいずれか2つの動作を制御することを特徴とする請求項1または2に記載の電気車の電力変換装置。

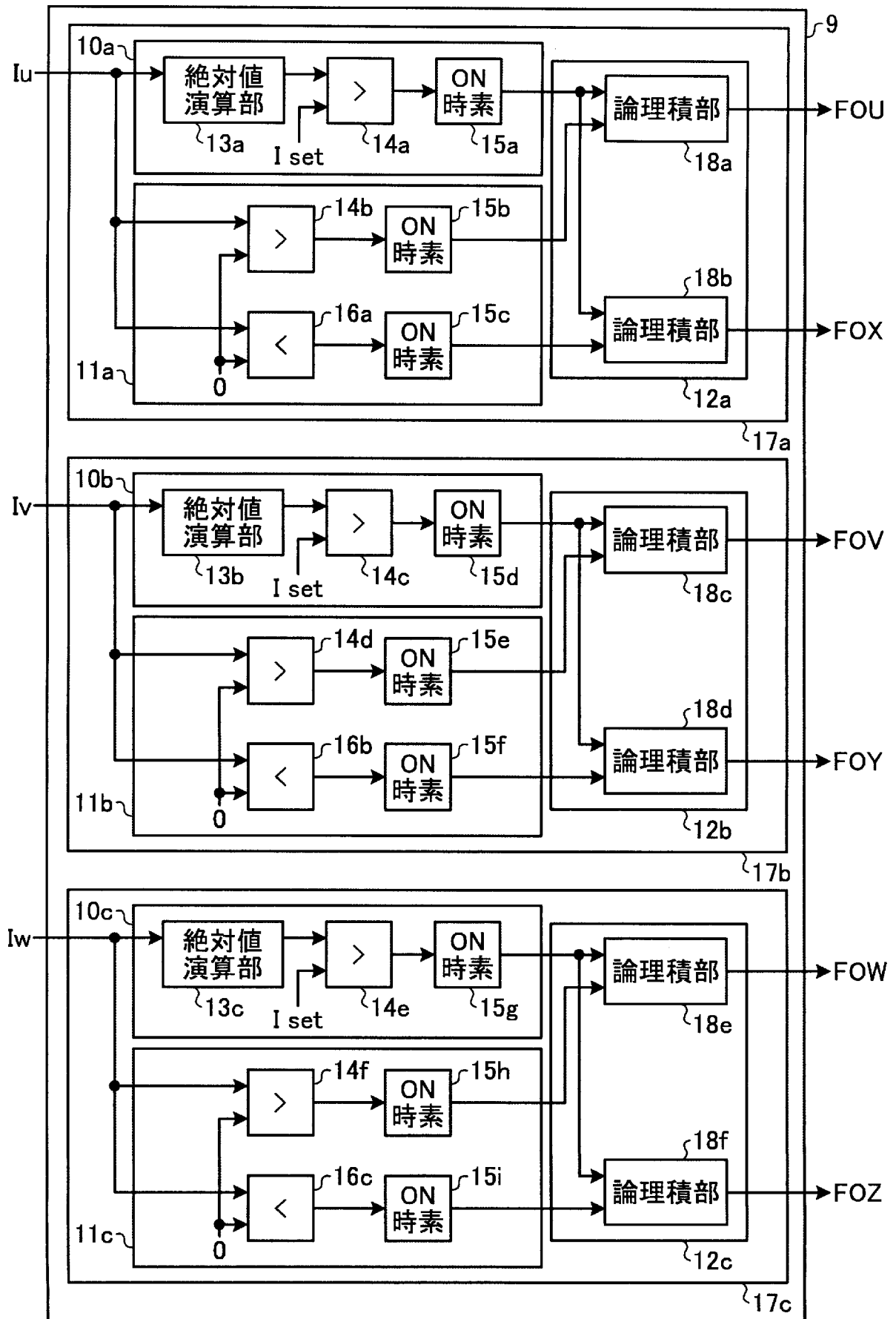
[図1]



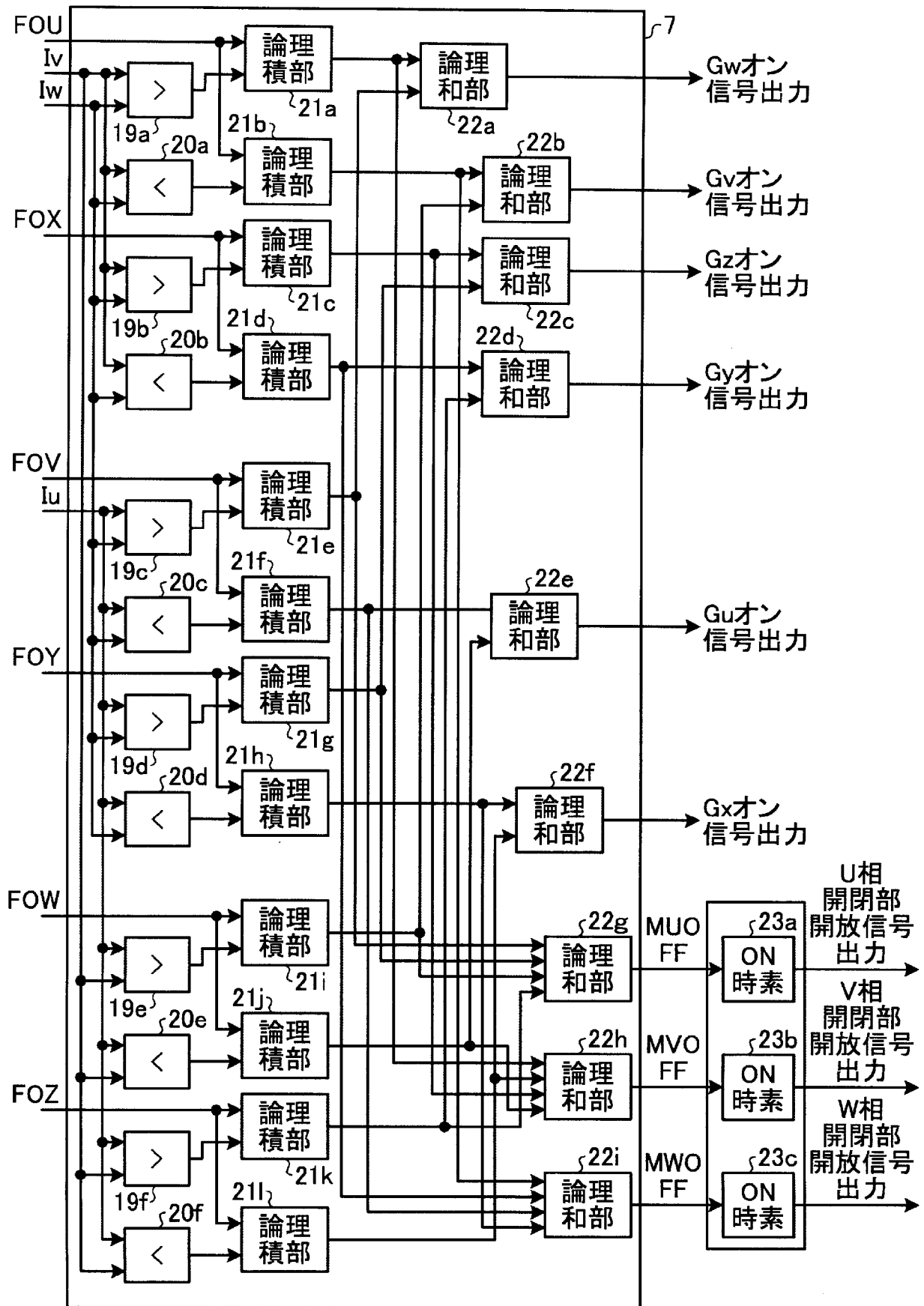
[図2]



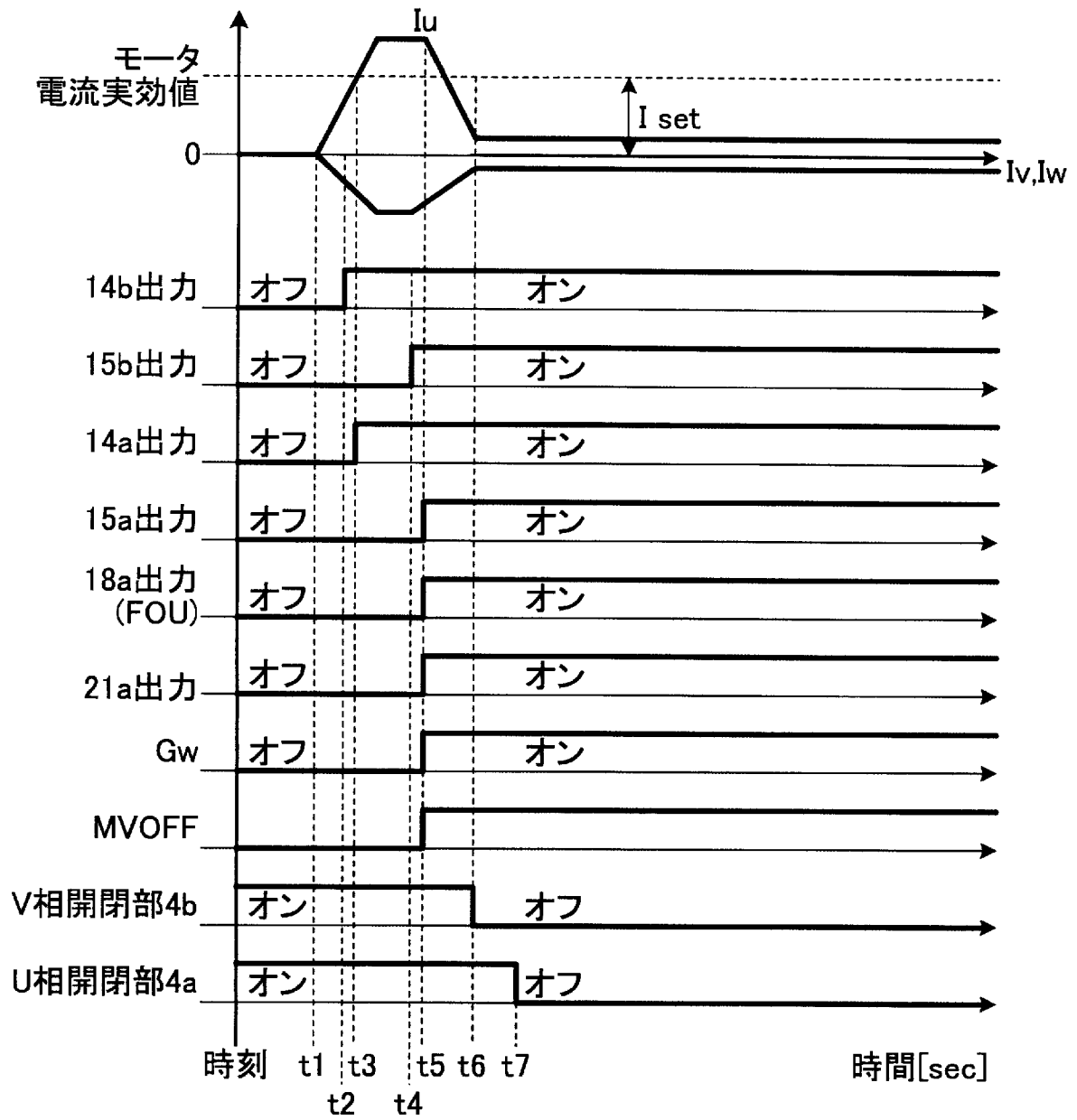
[図3]



[図4]

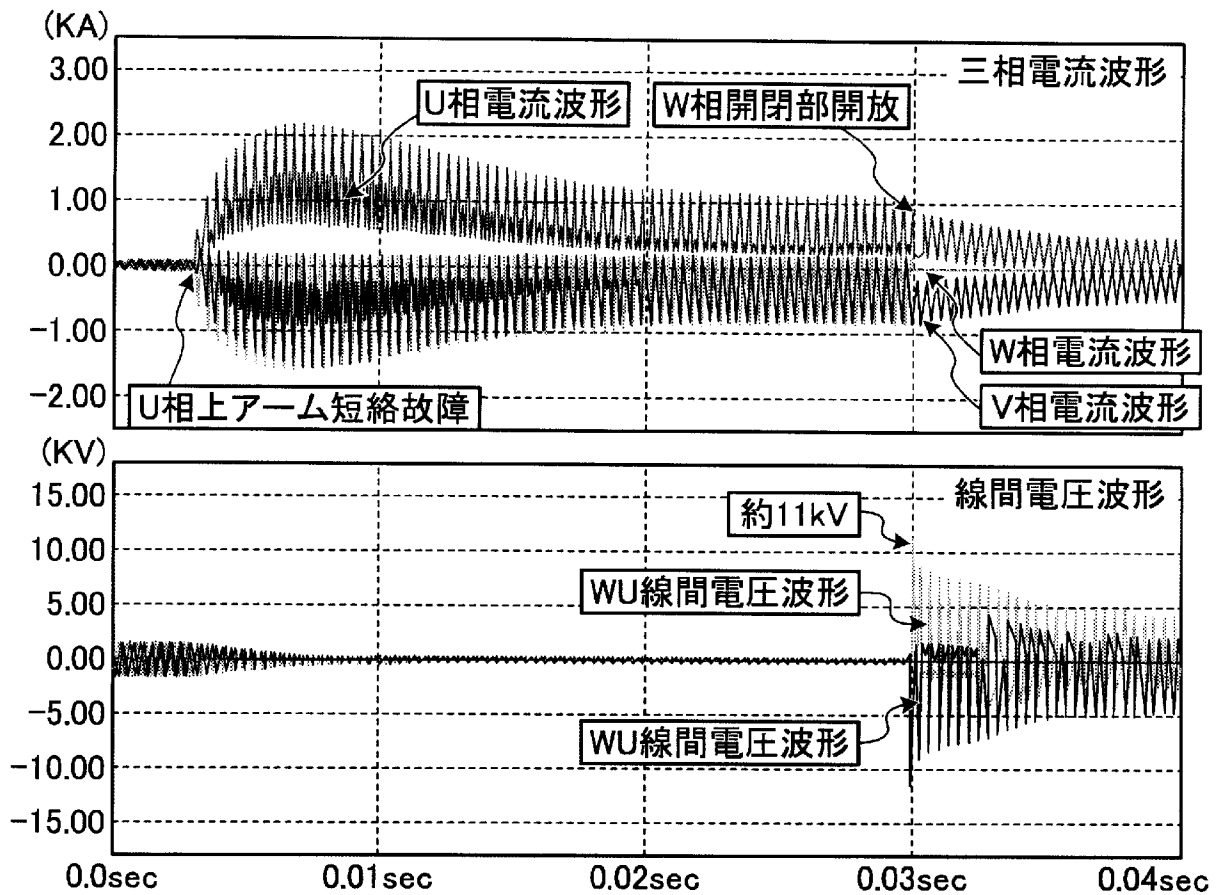


[図6]

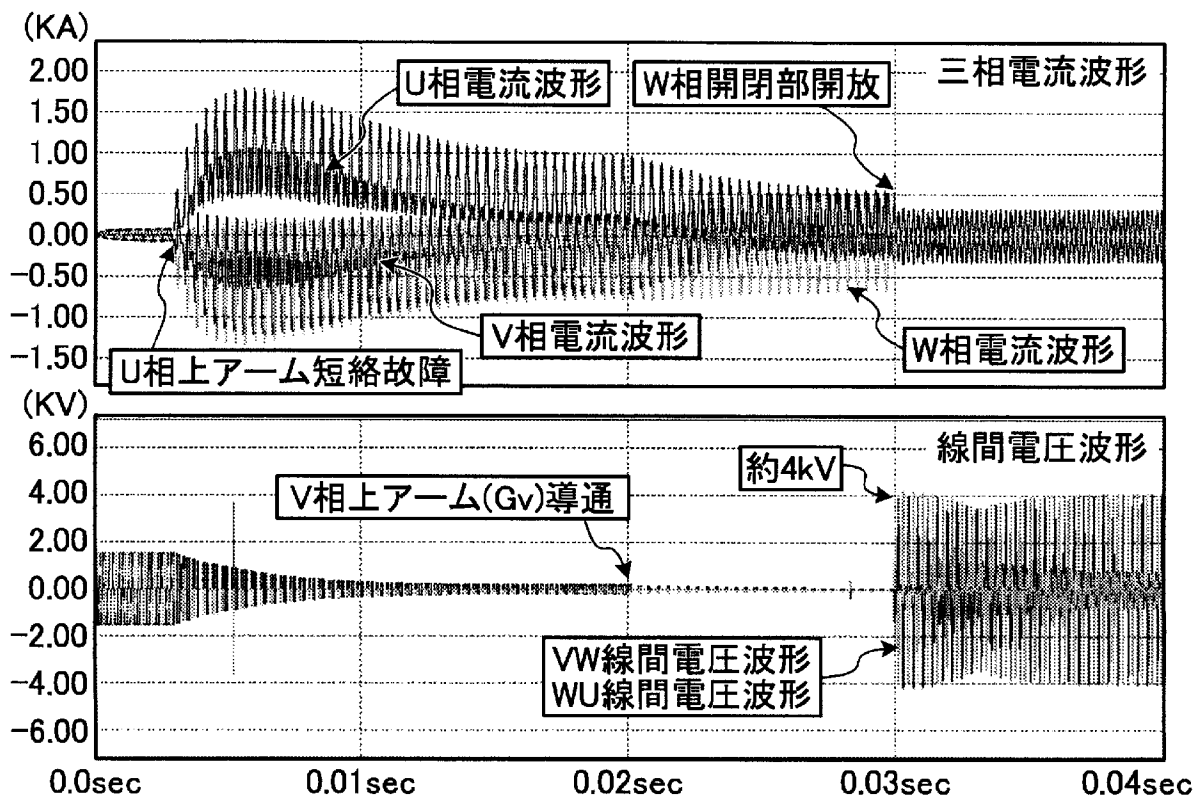


[図7]

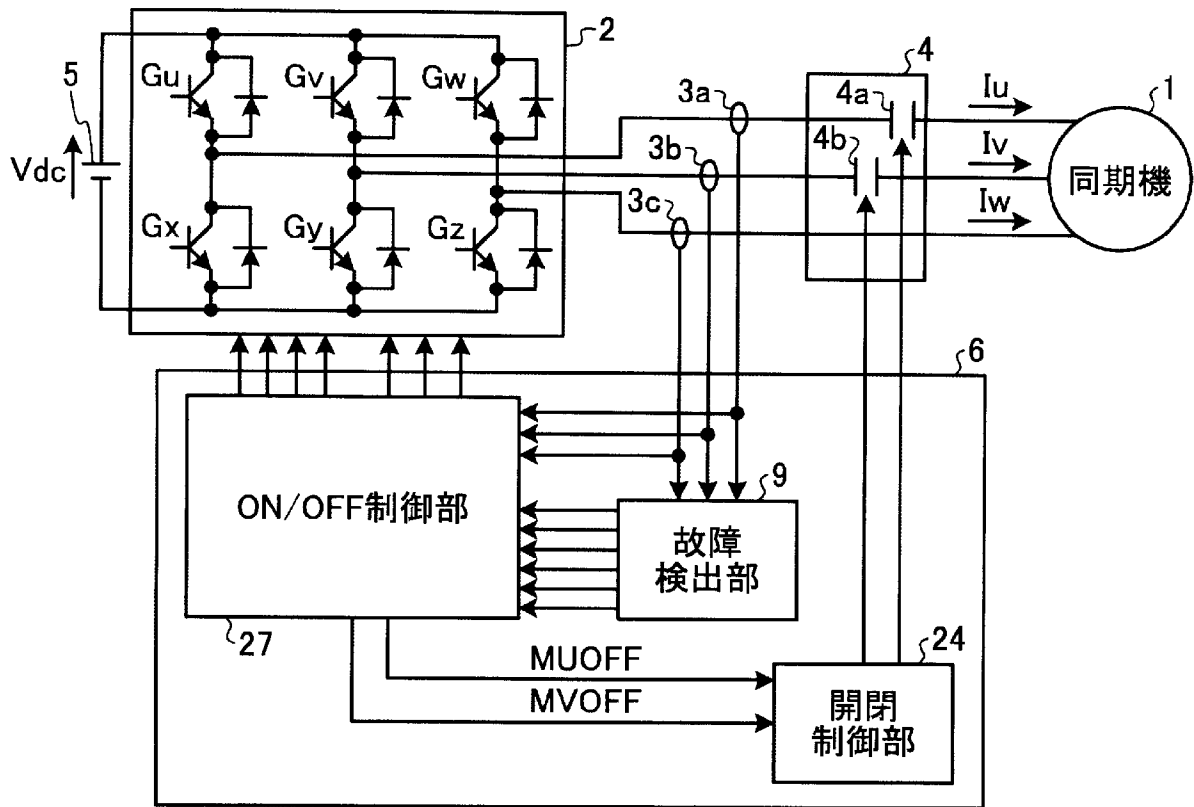
(a)



(b)



[図8]



[図9]

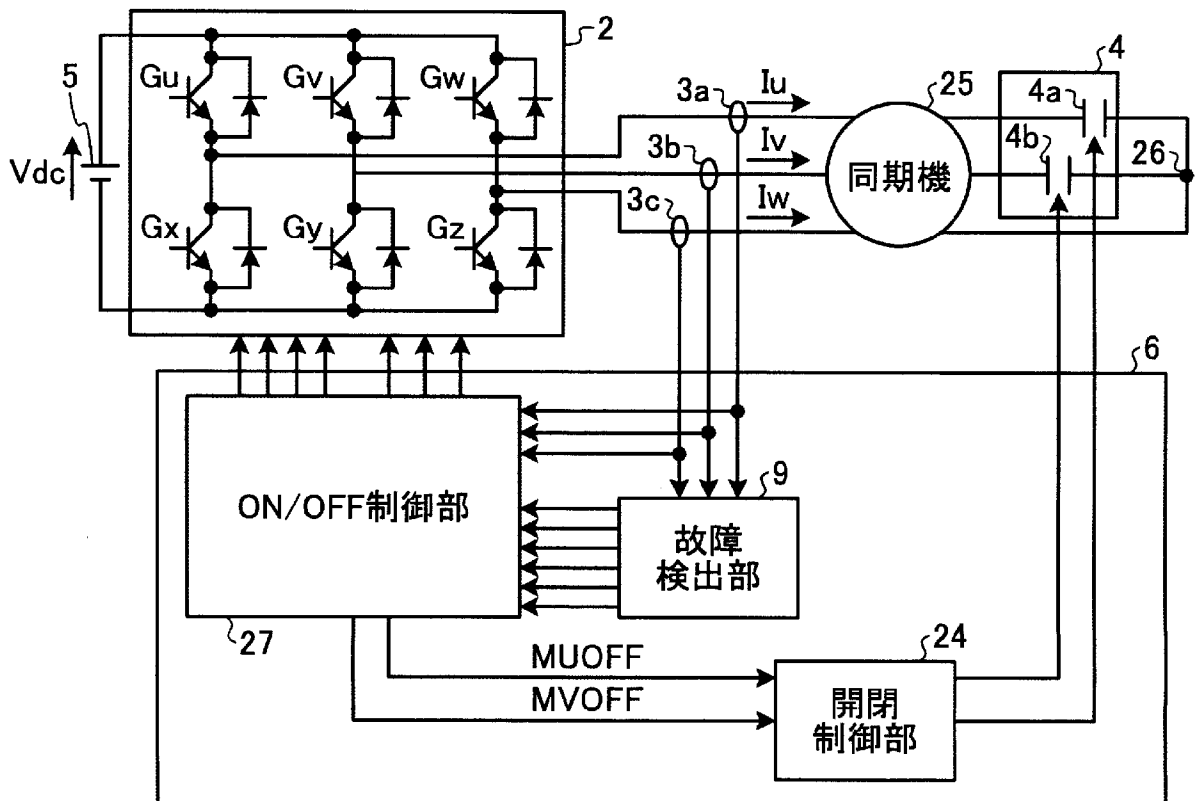
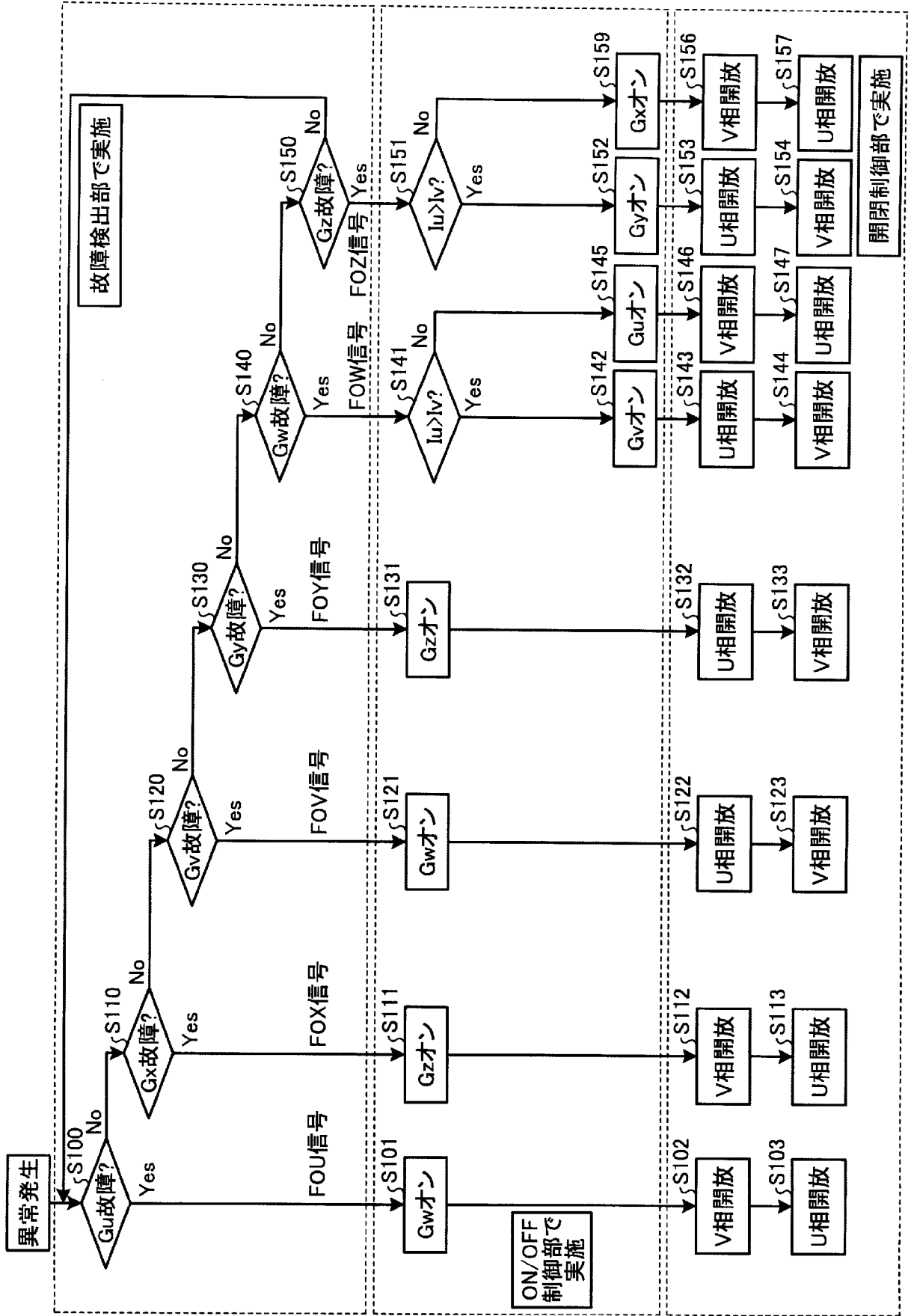


図10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/068189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M7/48 (2007.01) 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)

H02M7/48

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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	WO 2009/087775 A1 (Mitsubishi Electric Corp.), 16 July 2009 (16.07.2009), paragraphs [0057] to [0065]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-5
Y	JP 2008-11683 A (Toyota Motor Corp.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraph [0097]; fig. 5, 6 & WO 2008/001949 A1 & DE 112007001594 T & CN 101485080 A	1-5

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
05 January, 2010 (05.01.10)

Date of mailing of the international search report
12 January, 2010 (12.01.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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

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

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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	WO2009/087775A1 (三菱電機株式会社)、2009.07.16、段落【0057】 - 【0065】、第1, 2図 (ファミリーなし)	1-5
Y	J P 2 0 0 8 - 1 1 6 8 3 A (トヨタ自動車株式会社)、2008.01.17、段落【0097】、第5, 6図 & WO2008/001949A1 & DE112007001594T & CN101485080A	1-5

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

05.01.2010

国際調査報告の発送日

12.01.2010

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)

服部 俊樹

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

3V

3736